



ENERGIELEITPLANUNG DER STADT AALEN

NACH §27 KLIMASCHUTZGESETZ BADEN-WÜRTTEMBERG

*Erstellt von der Tilia GmbH und Smart Geomatics Informationssysteme GmbH im Auftrag von
und in Abstimmung mit der Stadt Aalen*

Übersicht

Endbericht Energieleitplanung Aalen, erfüllt Vorgaben zur kommunalen Wärmeplanung nach §27 Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

Auftraggeber



Stadt Aalen
Amt für Grünflächen und Klimaschutz
Marktplatz 30
73430 Aalen

Auftragnehmer



Tilia GmbH
Inselstraße 31
04103 Leipzig
Ansprechpartner: Ronny Kirbach



Smart Geomatics Informationssysteme GmbH
Ebertstraße 8
76137 Karlsruhe
Ansprechpartner: Thomas Beck

Veröffentlichungsdatum: 10.03.2024

Gefördert vom Land Baden-Württemberg

Inhaltsverzeichnis

Übersicht	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	8
Vorwort	10
1 Einleitung	12
2 Bestandsanalyse	14
2.1 Datengrundlagen	14
2.2 Gebäudetypen und Siedlungsentwicklung	15
2.3 Wärmebedarf	18
2.4 Wärmeerzeugung	21
2.5 Strombedarf und -erzeugung	26
2.6 Energie- und CO ₂ -Bilanz	27
2.7 Kennzahlen Bestandsanalyse	31
3 Potenzialanalyse	34
3.1 Potenzial zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz	34
3.2 Potenziale zur Energieeinsparung in Gewerbe und Industrie	36
3.3 Potenziale erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung sowie Abwärme	37
3.3.1 Biomasse	37
3.3.2 Solarthermie	38
3.3.3 Geothermie	40
3.3.4 Wärmepumpen	43
3.3.5 Abwasserwärmenutzung	44
3.3.6 Flusswassernutzung	45
3.3.7 Nutzung von industrieller Abwärme	46
3.4 Potenzial erneuerbarer Stromquellen	47
3.4.1 Photovoltaik	47
3.4.2 Windenergie	50

3.5	Wasserkraft.....	53
3.6	Fazit.....	54
4	Szenarioanalyse.....	56
4.1	Entwicklung Wärmebedarf.....	57
4.2	Wärmeversorgung.....	59
4.2.1	Eignungsgebiete.....	59
4.2.2	Wärmeversorgung in den Wärmenetzgebieten.....	71
4.2.3	Dezentrale Wärmeversorgung.....	75
4.3	Entwicklung Strombedarf.....	83
4.4	Stromversorgung.....	86
4.5	Energie- und THG-Bilanz für 2029 und 2035.....	88
4.5.1	Szenario 1.....	90
4.5.2	Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) Aalen.....	99
4.5.3	THG-Neutralitätspfad.....	106
5	Maßnahmenkatalog.....	107
5.1	Kurzfristige Maßnahmen.....	111
5.2	Langfristige Maßnahmen.....	126
5.3	Zusammenfassung.....	136
6	Erfolgskontrolle / Monitoring.....	141
7	Zusammenfassung und Fazit.....	144
	Abkürzungsverzeichnis.....	151
8	Literaturverzeichnis.....	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Gebäudekategorien nach Anzahl im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2022 in Prozent	15
Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen im Stadtgebiet Aalen	16
Abbildung 3: Verteilung der Baualtersklassen einschließlich Gebäudeanzahl im Stadtgebiet Aalen...	17
Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Gebäudealter	18
Abbildung 5: Wärmebedarf im Stadtgebiet Aalen nach Gebäudearten im Jahr 2021.....	19
Abbildung 6: Räumliche Verteilung des absoluten Wärmebedarfs im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021	20
Abbildung 7: Übersicht Wärmedichten im Stadtgebiet Aalen	21
Abbildung 8: Verteilung Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtgebiet Aalen nach Anzahl und nach Wärmebedarf im Jahr 2021.....	22
Abbildung 9: Räumliche Verteilung der Energieträger für Wärmeerzeugung im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021	23
Abbildung 10: Trassenverlauf bestehender Fernwärmenetz Aalen.....	24
Abbildung 11: Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtgebiet Aalen nach Alter, Stand 2021.....	25
Abbildung 12: KWK-Anlagen im Stadtgebiet Aalen.....	26
Abbildung 13: Bekannte Stromerzeugung im Stadtgebiet Aalen nach Energieträgern im Jahr 2021 ..	27
Abbildung 14: Endenergiebilanz für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021	29
Abbildung 15: Treibhausgas-Bilanz für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021	29
Abbildung 16: Endenergiebilanz nach Sektoren und Energieträgern für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021.....	30
Abbildung 17: Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021.....	31
Abbildung 18: Einsparpotenzial Energiebedarf bei verschiedenen Baualtersklassen von Wohngebäuden.....	34
Abbildung 19:Maximales technisches Einsparpotenzial pro Baublock bei Wohngebäuden	35
Abbildung 20: Entwicklung der Wärmebedarfe bei unterschiedlichen Sanierungsraten.....	36
Abbildung 21: Saisonale Verteilung der Sonneneinstrahlung und des Wärmeverbrauchs in Aalen	39
Abbildung 22: Eignung und Zulässigkeit von Erdwärmesonden gemäß ISONG [20]	41
Abbildung 23: Potenzial und Zulässigkeit von Erdwärmekollektoren nach Entzugsleistung in niedrigen Tiefen gemäß ISONG [20].....	42

Abbildung 24: Wärmepumpen-Potenzial je Technologie in Aalen	43
Abbildung 25: Wärmepumpenpotenzial je Gebäudetyp	44
Abbildung 26: Lage Kläranlagen Aalen im Stadtgebiet	45
Abbildung 27: Potenzial PV-Dachanlagen im Stadtgebiet Aalen	48
Abbildung 28: Suchräume Photovoltaik-Freiflächenanlagen.....	49
Abbildung 29: Suchräume für Windkraft im Stadtgebiet Aalen gem. Regionalplanung, Stand 2014...	51
Abbildung 30: Windpotenzialflächen (grün...geeignete Flächen, gelb...bedingt geeignete Flächen) gemäß Energieatlas LUBW [17].....	52
Abbildung 31: Ausbaupotenzial Wasserkraftanlagen gemäß Energieatlas LUBW [17]	53
Abbildung 32: Übersicht Potenziale erneuerbarer Energien im Stadtgebiet Aalen.....	54
Abbildung 33: Entwicklung des Wärmebedarfs im Szenario 1.....	58
Abbildung 34: Entwicklung des Wärmebedarfs im Szenario 2.....	58
Abbildung 35: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien.....	62
Abbildung 36: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Kernstadt	63
Abbildung 37: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Dewangen.....	64
Abbildung 38: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Fachsenfeld – Treppach...	65
Abbildung 39: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Wasseralfingen - Hofen ...	66
Abbildung 40: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Hofen – Oberalfingen	67
Abbildung 41: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Waldhausen.....	68
Abbildung 42: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Ebnat	69
Abbildung 43: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Unterkochen.....	70
Abbildung 44: Anteile der Wärmeerzeugung in den Wärmenetzen im Jahr 2035 für das Szenario 2..	74
Abbildung 45: Erzeugungsmix bei dezentraler Wärmeversorgung Szenario 1 im Jahr 2035	77
Abbildung 46: Erzeugungsmix bei dezentraler Wärmeversorgung Szenario 2 im Jahr 2035 (ohne Wasserstoff)	77
Abbildung 47: Typische Vollkosten der Energieversorgung für ein Einfamilienhaus.....	80
Abbildung 48: Mehrbedarfe Strom für Wärmeerzeugung im Jahr 2035 für Szenario 2	82
Abbildung 49: Entwicklung des Strombedarfs im Szenario 1.....	85
Abbildung 50: Entwicklung des Strombedarfs im Szenario 2.....	86
Abbildung 51: Stromerzeugungsmix der Zielszenarien im Jahr 2035	88

Abbildung 52: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2029	91
Abbildung 53: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2035	93
Abbildung 54: Endenergiebilanz nach Sektor und Energieträgern, Endenergieträger in Industrie und restlichen Sektoren und Energieerzeugung Szenario 1 im Jahr 2035	94
Abbildung 55: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2029.....	96
Abbildung 56: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2035.....	98
Abbildung 57: THG-Bilanz nach Sektoren und Energieträgern Szenario 1 im Jahr 2035	98
Abbildung 58: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2029	100
Abbildung 59: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2035	102
Abbildung 60: Endenergiebilanz nach Sektoren und Energieträgern, Endenergieträger in Industrie und restlichen Sektoren und Energieerzeugung Szenario 2 im Jahr 2035	103
Abbildung 61: THG-Bilanz Szenario 2 im Jahr 2029.....	105
Abbildung 62: THG-Neutralitätspfad der Zielszenarien	106
Abbildung 63: Schwerpunktgebiete für integrierte energetische Quartierskonzepte	114
Abbildung 64: Regionaler Anteil der Finanzströme an den Gesamtenergiekosten	139
Abbildung 65: Bilanzierung des Energiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand, Stand 2021 ..	145
Abbildung 66: Bilanzierung des Energiebedarfs für Wärmeerzeugung Szenario 1 im Jahr 2035	146
Abbildung 67: Bilanzierung des Energiebedarfs für Wärmeerzeugung Szenario 2 im Jahr 2035	147
Abbildung 68: THG-Neutralitätspfad der Zielszenarien	148

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlen Gemeindestruktur Wohnflächen	17
Tabelle 2: Energie- und CO ₂ -Bilanz Stadt Aalen	28
Tabelle 3: Kennzahlen Bestandsanalyse 2021.....	31
Tabelle 4: Erfasste Abwärmepotenziale der Stadtwerke Aalen und der ELP.....	46
Tabelle 5: Ansätze zur Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2035.....	57
Tabelle 6: Wertebereiche der Wärmelinienichte für Eignung von Wärmenetzen	59
Tabelle 7: Kategorisierung Wärmenetzgebiete.....	61
Tabelle 8: Untersuchungsgebiet und Fernwärmeverbund	72
Tabelle 9: Wärmeerzeugung pro Quelle in den Fernwärmeverbänden im Jahr 2035 für das Szenario 2	73
Tabelle 10: Netzausbau in den Fernwärmeverbänden in Metern	74
Tabelle 11: Mögliche Wärmekosten in den Fernwärmeverbänden	75
Tabelle 12: Typische Wärmekosten dezentraler Wärmeversorgung.....	78
Tabelle 13: Typische Vollkosten der Energieversorgung für ein Einfamilienhaus	79
Tabelle 14: Angenommene mittlere JAZ für Wärmepumpen gem. Technikcatalog KEA [4]	81
Tabelle 15: Mehrbedarfe elektrischen Stroms für Wärmeerzeugung in Einzelversorgungsgebieten ..	81
Tabelle 16: Ansätze zur Entwicklung des Strombedarfs bis 2035	84
Tabelle 17: Zusätzliche Strombedarfe zur Wärmeerzeugung	84
Tabelle 18: Zusätzliche Strombedarfe und Bedarfe synthetischer Kraftstoffe im Sektor Verkehr	85
Tabelle 19: Stromerzeugung der Zielszenarien	87
Tabelle 20: Emissionsfaktoren der Zielszenarien für das Stützjahr 2035.....	89
Tabelle 21: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2029	90
Tabelle 22: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2035	92
Tabelle 23: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2029	95
Tabelle 24: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2035	97
Tabelle 25: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2029	99
Tabelle 26: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2035	101
Tabelle 27: THG-Bilanz Szenario 2 im Jahr 2029	104
Tabelle 28: Zusammenfassung Maßnahmen	136

Tabelle 29: Einschätzung CO2-Folgekosten 138

Tabelle 30: Indikatoren für die Erfolgskontrolle spezifischer Maßnahmen 141

Vorwort

Aalen, 18.01.24

Liebe Mitbürgerinnen und Mitbürger,

Klimaschutz, Klimaanpassung und Nachhaltigkeit zählen zu den Kernaufgaben einer Stadtverwaltung.

Der Klimawandel erfordert entschiedenes Handeln und als Stadt Aalen sind wir entschlossen, unseren Beitrag zu leisten. Das von Baden-Württemberg ausgegebene Ziel der Klimaneutralität bis 2040 haben wir ambitioniert auf 2035 vorverlegt, um unseren Beitrag zur globalen Klimastabilisierung zu intensivieren, aber auch unseren Wirtschaftsstandort unabhängig von CO₂-Emissionen zu stärken.

In den vergangenen Jahren haben wir bereits Fortschritte in der Stromversorgung durch den Ausbau erneuerbarer Energien im Stadtgebiet erzielt, der Wärmesektor hingegen stellt noch eine Herausforderung dar. Der Umstieg auf Erneuerbare Wärmezeugung stagniert seit Jahren und der Einsatz fossiler Brennstoffe dominiert nach wie vor. Für das Erreichen der Klimaziele erfordert es ein Umdenken und die gemeinsame Initiative aller Akteure in unserer Stadt.

Der vorliegende Bericht zur Energieleitplanung legt einen grundlegenden Baustein für unsere lohnenden zukünftigen Anstrengungen. Der vorliegende Energieleitplan informiert Sie über unsere Strategie zur Erreichung der Klimaneutralität und zeigt auf, welche Chancen und Potenziale sich für uns ergeben. Wir müssen diesen Grundstein nun gemeinsam vertiefen und erweitern, um konkrete Handlungsmöglichkeiten zu realisieren.

Die Herausforderungen sind zweifellos groß, aber wir sind davon überzeugt, dass wir sie gemeinsam bewältigen können. Dabei setzen wir auf zahlreiche Technologien: einen Mix aus Wärmepumpen, Fern- und Nahwärmenetze, Wind- und Solarkraft und auch Biomasse. Die zum Angebot stehende Vielfalt der Möglichkeiten spiegelt die Heterogenität unseres schönen Stadtgebiets wider.

Wir bedanken uns bei allen Verantwortlichen, die sich bereits engagiert haben, der Gemeinderat, der Klimabeirat, die Stadtverwaltung, die Stadtwerke Aalen GmbH, die Energieverbraucher sowie potenzielle Lieferanten von Abwärme. Die Energiewende ist sowohl eine technische Herausforderung als auch eine Frage des Bewusstseins und der Verantwortung der Stadtgemeinschaft füreinander. Sie bietet die Gelegenheit der Zusammenarbeit aller relevanten Akteure.

Zusammen werden wir den Weg zur klimaneutralen Energieversorgung beschreiten, um den hohen Anteil an fossilen Brennstoffen zu reduzieren und einen Mehrwert für die Gesellschaft zu erzielen. Der Umbau hin zu erneuerbarer Energie sichert uns langfristig Versorgungssicherheit und die Wertschöpfung vor Ort.

Unsere Stadt hat in den vergangenen Jahren bewiesen, dass sie die Herausforderungen des Klimaschutzes sehr ernst nimmt. Nun ist es an der Zeit, diesen Weg konsequent zu beschreiten und konkrete Maßnahmen umzusetzen. Die vorliegende kommunale Energieleitplanung ist ein Grundstein, den wir in den kommenden Jahren weiter ausbauen werden. Die klimaneutrale Energieversorgung werden wir nur gemeinsam erreichen und deshalb sind alle Akteure aufgerufen, an diesem Prozess aktiv teilzunehmen. Zwar haben wir große Aufgaben zu stemmen, aber unsere Gesellschaft und die Industrie werden langfristig davon profitieren. Mit unserem Einsatz steigern wir den Wert des Standorts und schaffen die Voraussetzung für weitere Investitionen in unsere Region, die für ihren innovativen Charakter bekannt ist.

Wir sind überzeugt, dass wir gemeinsam die kommenden Herausforderungen meistern werden. Lassen Sie uns miteinander den Weg zur klimaneutralen Energieversorgung beschreiten und so einen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt und der Lebensqualität in unserer attraktiven Stadt leisten und die Zukunft gestalten.

Herzlichen Dank für Ihr Engagement und Ihre Unterstützung.



Frederick Brütting

Oberbürgermeister



Wolfgang Steidle

Erster Bürgermeister

1 Einleitung

Der voranschreitende Klimawandel ist die größte Herausforderung der aktuellen Zeit. Die Eindämmung des Klimawandels und die damit verbundene notwendige Reduzierung von Treibhausgasemissionen erfordert Transformationen in nahezu allen Lebensbereichen. Die Leitplanken für diese Transformationen wurden mit Klimaschutzziele auf mehreren politischen Ebenen (Europäische Union, Deutschland, Bundesland, Stadt) verankert.

In Baden-Württemberg sind die Klimaschutzziele im bundesweiten und internationalen Vergleich sehr ambitioniert. Es soll eine Klimaneutralität (das bedeutet, eine weitestgehende Vermeidung von Treibhausgasemissionen und Kompensation der verbleibenden Emissionen) bis zum Jahr 2040 erreicht werden [1]. Die Stadt Aalen hat sich, mit dem Beschluss des Gemeinderates am 28.10.2021, das Ziel einer Treibhausgasneutralität bis 2035 vorgegeben.

Um die Transformation im Bereich Wärme gezielt voranzubringen, hat das Land Baden-Württemberg alle Stadtkreise und großen Kreisstädte verpflichtet, eine Kommunale Wärmeplanung zu erstellen (§ 27 KlimaG BW). Die Stadt Aalen hat dies zum Anlass genommen, eine Energieleitplanung (ELP), das heißt eine Kommunale Wärmeplanung, zuzüglich der Betrachtung der Stromversorgung, zu erstellen. Bei der Energieleitplanung soll dabei, auf der Grundlage einer Analyse der Ausgangssituation und der Potenzialanalyse für erneuerbare Energien, ein Fahrplan für eine Transformation zur klimaneutralen Energieversorgung entwickelt werden. Sie ist als strategischer Prozess zu verstehen, der die nachhaltige Entwicklung und effiziente Nutzung von Energie in einer Region oder Stadt vorantreibt und umfasst neben der Analyse auch die Planung von Maßnahmen. Damit ist die ELP ein Instrument, das mit dem Flächennutzungsplan vergleichbar ist und unter regelmäßiger Fortführung und Datenerhebung als Planungsgrundlage in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung berücksichtigt werden sollte. Damit werden die Anforderungen an die Kommunale Wärmeplanung gemäß KlimaG BW als auch des Wärmeplanungsgesetzes (WPG) des Bundes erfüllt.

Gesetztes Ziel der Energieleitplanung war es, ein Szenario zur Erreichung einer klimaneutralen Energieversorgung und -infrastruktur zu entwickeln und die dafür notwendigen Maßnahmen aufzuzeigen.

Für die Erstellung der Energieleitplanung hat die Stadtverwaltung Aalen die Fachbüros Tilia GmbH und Smart Geomatics Informationssysteme GmbH beauftragt. Diese haben die Ergebnisse der Energieleitplanung sowie den vorliegenden Bericht in enger Abstimmung mit der Stadtverwaltung Aalen und den Stadtwerken Aalen erstellt. Die Erstellung der Energieleitplanung für die Stadt Aalen startete im September 2022 und wurde im Dezember 2023 abgeschlossen.

Das Projekt orientierte sich am Leitfaden der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA BW) zur kommunalen Wärmeplanung und bestand dementsprechend aus den Arbeitspaketen Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Szenarioanalyse und Maßnahmenentwicklung [2]. Dieser Projektaufbau spiegelt sich auch im vorliegenden Bericht wider.

Neben der Stadt als Auftraggeber und dem ausführenden Dienstleister ist für die ELP die Identifizierung und angemessene Einbindung wesentlicher Akteure in die Erstellung und Gestaltung notwendig. Dies betrifft insbesondere die Datenerhebung als auch die Definition von Eignungsgebieten, Zielszenarien und letztendlich von sinn- und wirkungsvollen Maßnahmen, die die Unterstützung der Akteure erfahren, um eine umsetzungsfähige Planung aufstellen zu können.

In der Stadt Aalen sind relevante Akteure:

- Die Stadtverwaltung mit
 - dem Amt für Grünflächen und Klimaschutz: Abteilung Klimaschutz,
 - dem Amt für Vermessung, Liegenschaften und Bauverwaltung, Abteilung Planung, Techn. Messung und Geoinformation,
 - dem Stadtplanungsamt,
 - dem Amt für Tiefbau und Mobilität,
- die Stadtwerke Aalen als Vertreter der Ver- und Entsorgungswirtschaft,
- die Wohnungsbau Aalen GmbH als großer Immobilienhalter
- die Industrie- und Handelskammer (IHK) Ostwürttemberg als Vertreter des Sektors der Industrie
- als auch direkter Vertreter einzelner Industrieunternehmen aus Aalen (nicht namentlich genannt)
- der Regionalen Kompetenzstellen für Ressourceneffizienz (KEFF+) Region Ostwürttemberg als Vertreter überregionaler Initiativen
- der städtische Klimabeirat der Stadt Aalen (Experten aus Wissenschaft aus den Bereichen Mobilität, Klimafolgenanpassung, Energiesysteme, Energietechnik, Vertreter des Aalener Klimaentscheids, Vertreter der lokalen Agenda 21, Vertreter für Aalener Bürger)
- das Landratsamt Ostalbkreis
- die Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH
- der Forst Baden-Württemberg
- die OVA Omnibus-Verkehr Aalen Dipl. Ing. Rau GmbH + Co KG

2 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse bietet die Grundlage für die vorliegende Energieleitplanung und die darin enthaltenen Szenarien und Maßnahmen zur klimaneutralen Energieversorgung. Im Rahmen des Projektes wurden sowohl Daten zum Gebäudebestand als auch zum aktuellen Energieverbrauch und zur Energieerzeugung erhoben und ausgewertet.

2.1 Datengrundlagen

Als Grundlage für die Bestandsanalyse dienten Daten der Stadtwerke Aalen, der Bezirksschornsteinfeger, der Stadtverwaltung Aalen sowie öffentliche Quellen der Landesministerien und Katasterdaten.

Auf Grundlage des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes Baden-Württemberg (KlimaG BW) wurden gebäudescharfe Verbrauchsdaten im Bereich Strom, Erdgas und Fernwärme für das Jahr 2021, sowie Daten zu den Energieerzeugungsanlagen im Stadtgebiet erhoben. Zusätzlich wurden von den jeweiligen Schornsteinfegern der Kehrbezirke in Aalen Daten zu den bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen zur Verfügung gestellt. Die Daten umfassten für die Liegenschaften den Brennstoff, die Leistung und die Kapazität der Wärmeerzeugungsanlagen. Aus diesen Daten konnten unter anderem Aussagen zum Verbrauch der nicht leitungsgebundenen Energieträger abgeleitet werden.

Von der Stadtverwaltung wurden außerdem Daten zu den Gebäudekubaturen, zur Gebäudenutzung und zum Baujahr der Gebäude im Stadtgebiet Aalen geliefert. Aus diesen Daten konnte anhand der TABULA-Typologie des Institutes Wohnen und Umwelt [3] der Standard-Wärmebedarf für Wohngebäude ermittelt werden.

Zur Ermittlung des Wärmebedarfs im Stadtgebiet wurden bei den Gebäuden, bei denen Verbrauchsdaten vorhanden waren, die Wärmeverbräuche des Jahres 2021 zu Grunde gelegt. Bei Wohngebäuden, für die keine Verbrauchsdaten vorlagen, wurde der Standard-Wärmebedarf nach der TABULA-Typologie berechnet.

2.2 Gebäudetypen und Siedlungsentwicklung

Von den ca. 19.000 Gebäuden im Stadtgebiet Aalen sind 88 % Wohngebäude oder Gebäude mit Wohnmischnutzung (siehe Abbildung 1). Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) und Industrie haben einen Anteil von 8 % der Gebäude. Die verbleibenden 4 % entfallen auf Gebäude für öffentliche Zwecke und sonstige Nutzungen.

In Abbildung 2 ist die räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen im Stadtkern von Aalen dargestellt. Auf der Karte ist zu erkennen, dass im Stadtkern eine heterogene Gebäudenutzung vorherrscht. Dabei ist in der Innenstadt von Aalen eine Konzentration von Gebäuden mit Wohnmischnutzung und der Nutzung für öffentliche Zwecke zu finden, sowie von Gebäuden für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen festzustellen.

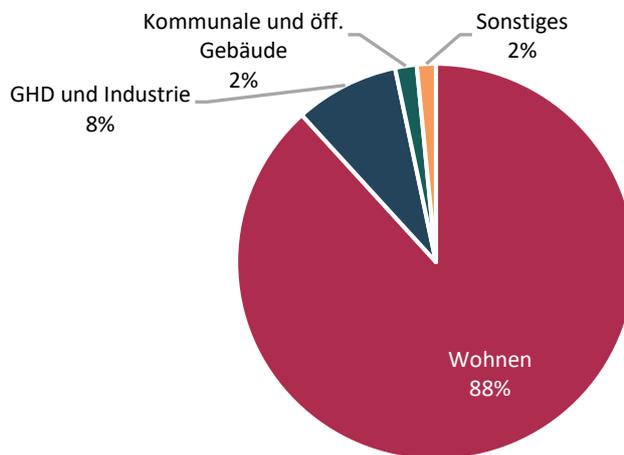


Abbildung 1: Verteilung der Gebäudekategorien nach Anzahl im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2022 in Prozent

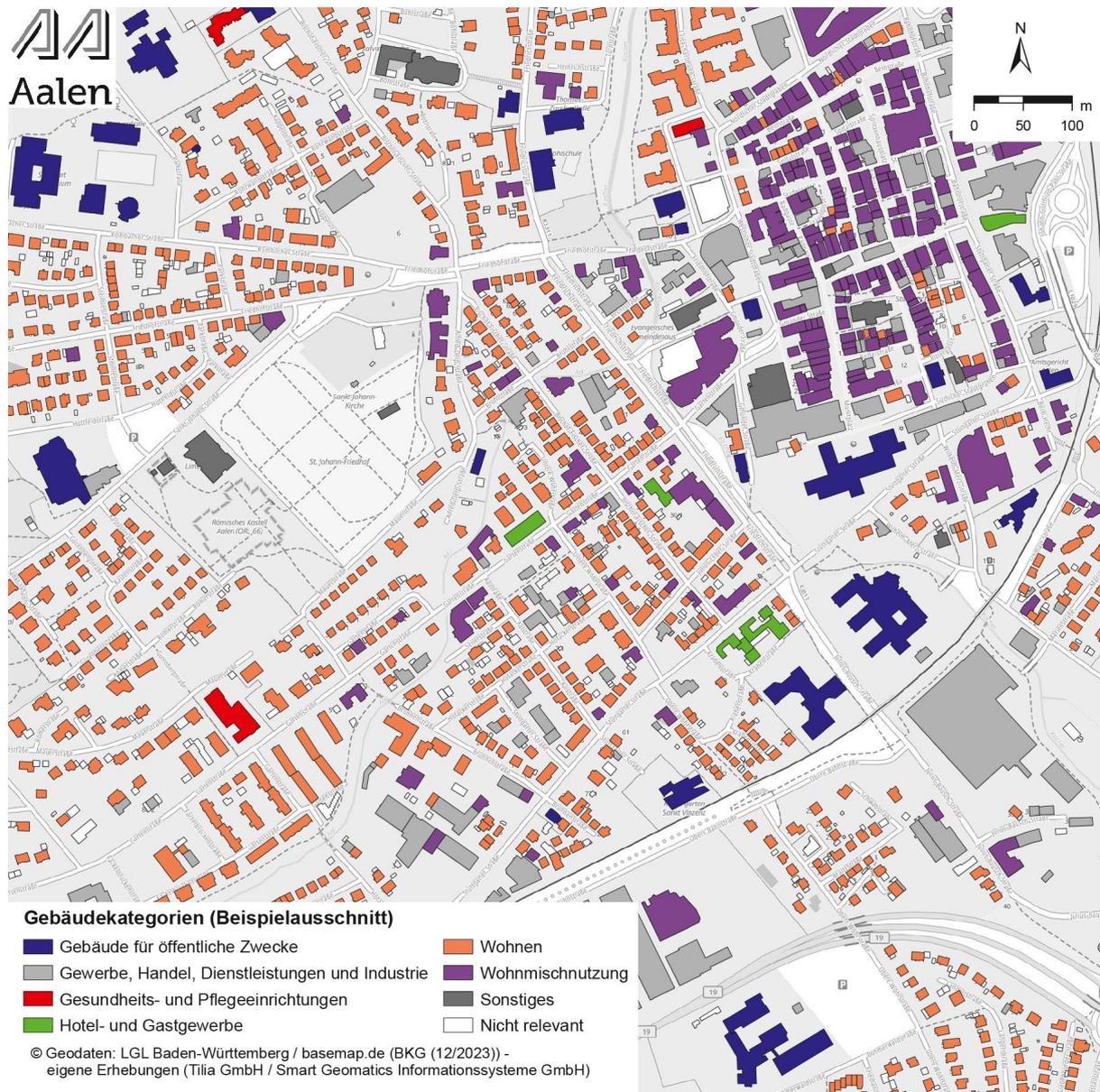


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der Gebäudenutzungen im Stadtgebiet Aalen

Für das Gesamtgebiet Aalen ergeben sich aus den öffentlichen Katasterdaten und den errechneten Gebäudeflächen die folgenden Kennzahlen.

Tabelle 1: Kennzahlen Gemeindestruktur Wohnflächen

Areal	Arealfäche	Wohnfläche	Wohnfläche pro Arealfäche	Flächendichte Wohnen
Einheit	km ²	m ²	m ² /ha	
Dewangen	16,54	135.205	82	0,82%
Ebnat	21,09	138.155	66	0,66%
Fachsenfeld	3,95	133.934	339	3,39%
Hofen	12,59	79.828	63	0,63%
Unterkochen	21,45	158.164	74	0,74%
Waldhausen	24,28	107.321	44	0,44%
Wasseralfingen	15,97	343.743	215	2,15%
Kernstadt	30,75	1.009.086	328	3,28%
Aalen	146,62	2.105.436	144	1,44%
Wohnfläche pro Einwohner			52	m ² /EW
Wohnfläche pro Wohnung			119	m ² /WE

Neben den Gebäudenutzungen wurden im Rahmen der Bestandsanalyse auch die Verteilung der Baualtersklassen der Gebäude betrachtet. Wie in Abbildung 3 zu erkennen ist, wurde der größte Teil der Gebäude (65 %) im Stadtgebiet Aalen vor 1979 und damit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (WSchVo) bzw. Energieeinsparverordnung (EnEV) Vorschriften zur Energieeffizienz einzuhalten waren. Bei 12 % der Gebäude war in den verfügbaren Daten kein Gebäudealter erfasst.

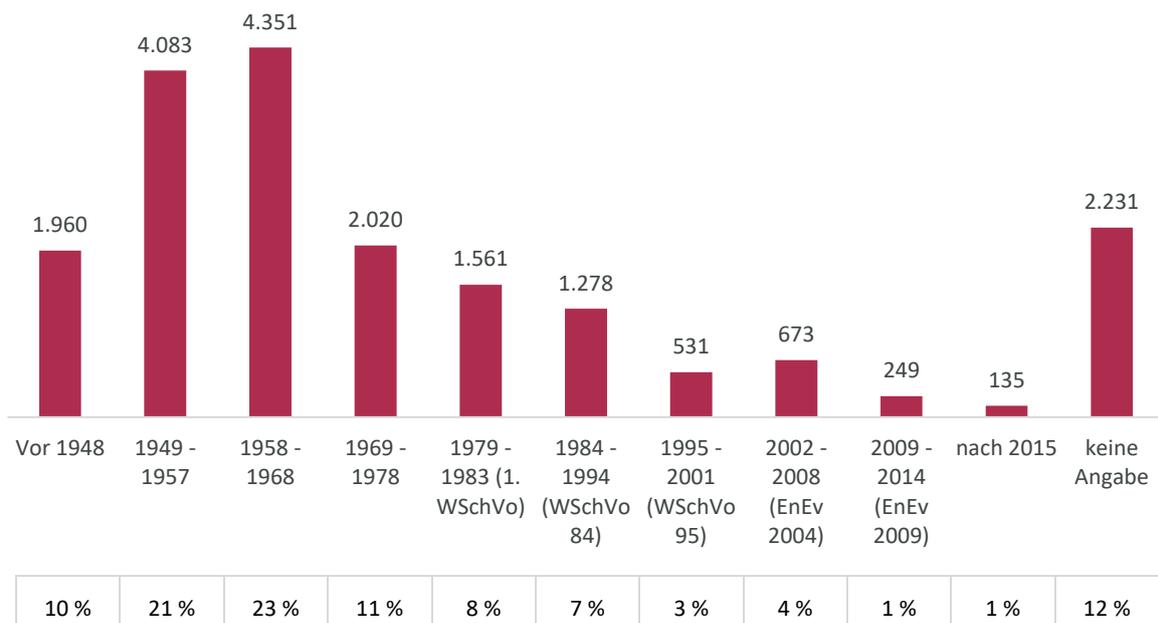


Abbildung 3: Verteilung der Baualtersklassen einschließlich Gebäudeanzahl im Stadtgebiet Aalen

Abbildung 4 zeigt die räumliche Aufteilung der Gebäudealter auf Baublockebene. Aus der Karte wird deutlich, dass die Baujahre der Gebäude im Stadtgebiet der Stadt Aalen stark durchmischt sind und die Verteilung der Baualterklassen sehr heterogen ist.

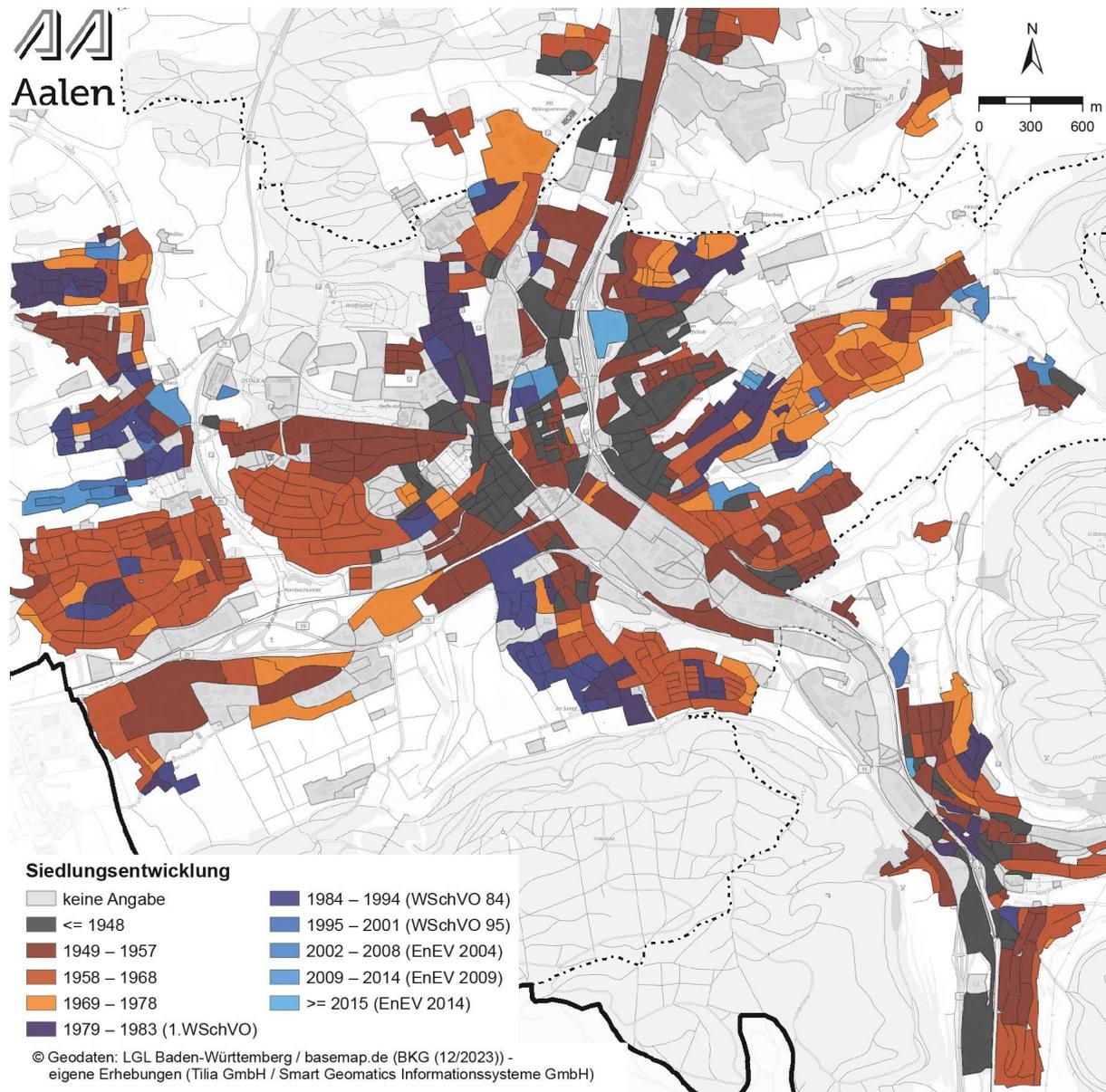


Abbildung 4: Räumliche Verteilung der Gebäudealter

2.3 Wärmebedarf

Der Gesamtwärmebedarf im Stadtgebiet Aalen betrug im Jahr 2021 etwa 1.218 GWh. Dabei entfielen 50 % des Wärmebedarfs auf Wohngebäude, gefolgt von den Nichtwohngebäuden mit 46 % in den Sektoren Industrie und GHD. Der restliche Wärmebedarf verteilt sich auf kommunale und öffentlich genutzte Gebäude (siehe Abbildung 5). Zu den öffentlichen Gebäuden gehören dabei u.a. auch das Landratsamt, Berufsschulzentren, das Ostalb-Klinikum, das Finanzamt, das Arbeitsamt, das

Gesundheitsamt, das Amtsgericht und das staatliche Messungsamt. Auf ausschließlich kommunale Gebäude entfallen etwa 2 % des Wärmebedarfs.

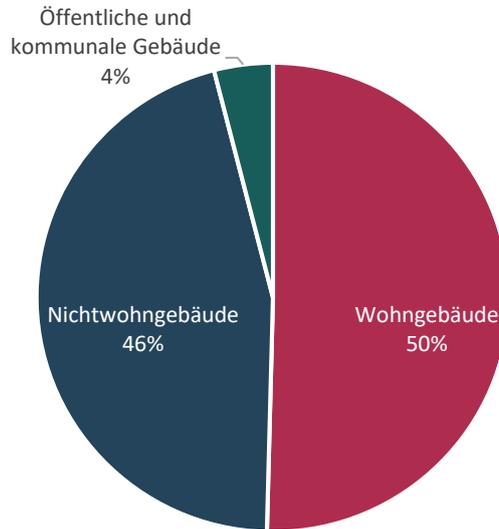


Abbildung 5: Wärmebedarf im Stadtgebiet Aalen nach Gebäudearten im Jahr 2021

In Abbildung 6 ist die räumliche Verteilung der absoluten Wärmebedarfe im Stadtgebiet Aalen auf Baublockebene zu sehen. Die Abbildung zeigt, dass die absolute Höhe der Wärmebedarfe der Baublöcke im Stadtgebiet Aalen sehr heterogen ist. Auffällig ist der hohe Wärmebedarf in der Innenstadt von Aalen sowie im Süden von Unterkochen.

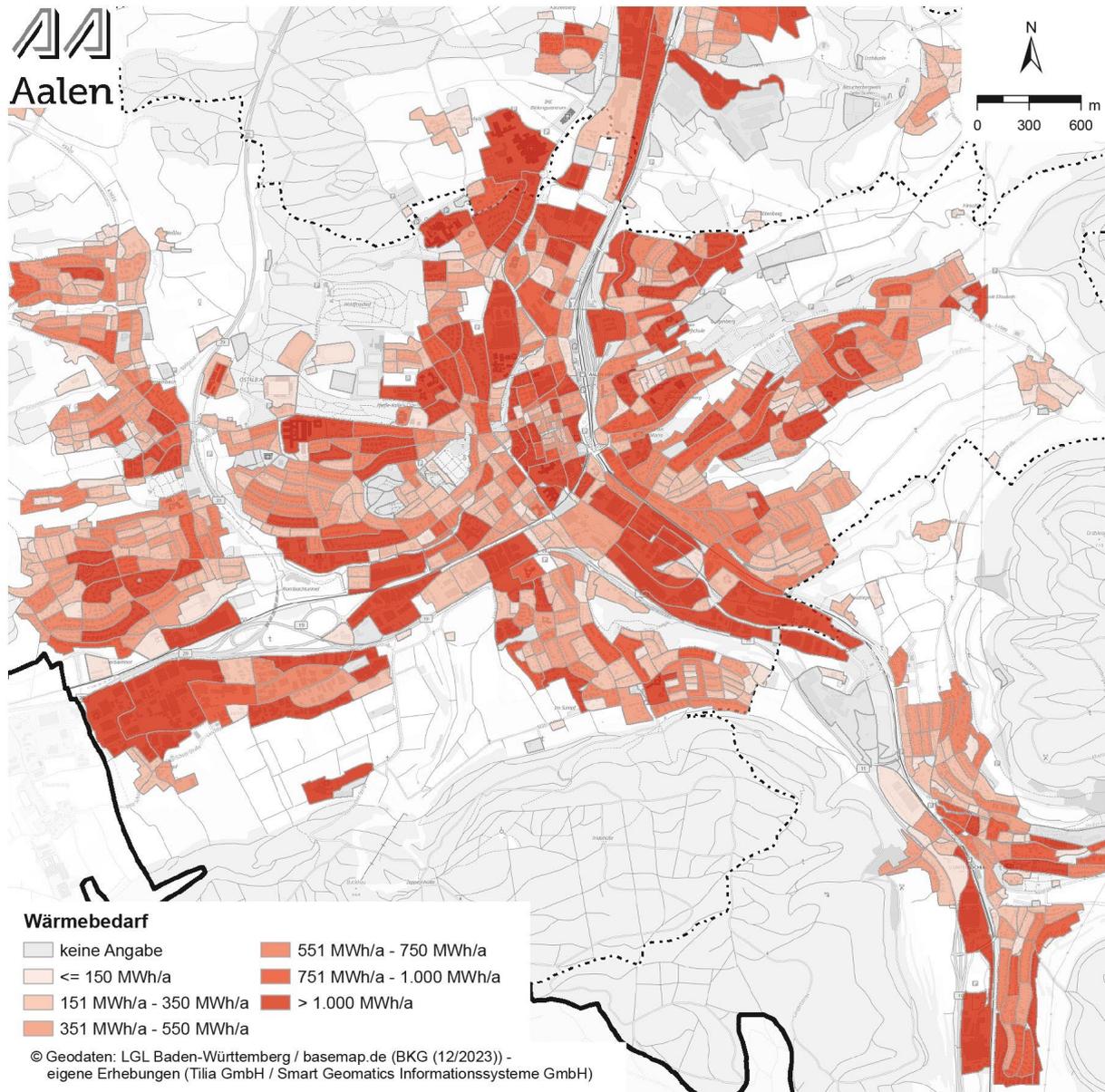


Abbildung 6: Räumliche Verteilung des absoluten Wärmebedarfs im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021

Um zwischen den absoluten Wärmebedarfen eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurde zusätzlich, als Kennzahl für den relativen Wärmebedarf, die Wärmedichte im Stadtgebiet von Aalen ermittelt. Die Wärmedichte beschreibt die Höhe des Wärmebedarfs pro gedachtem Trassenmeter und ist für das Gebiet der Stadt Aalen in Abbildung 7 dargestellt. Wie schon beim absoluten Wärmebedarf ist hier eine hohe Heterogenität festzustellen. Auffällig sind auch hier die hohen Wärmedichten in der Innenstadt von Aalen.

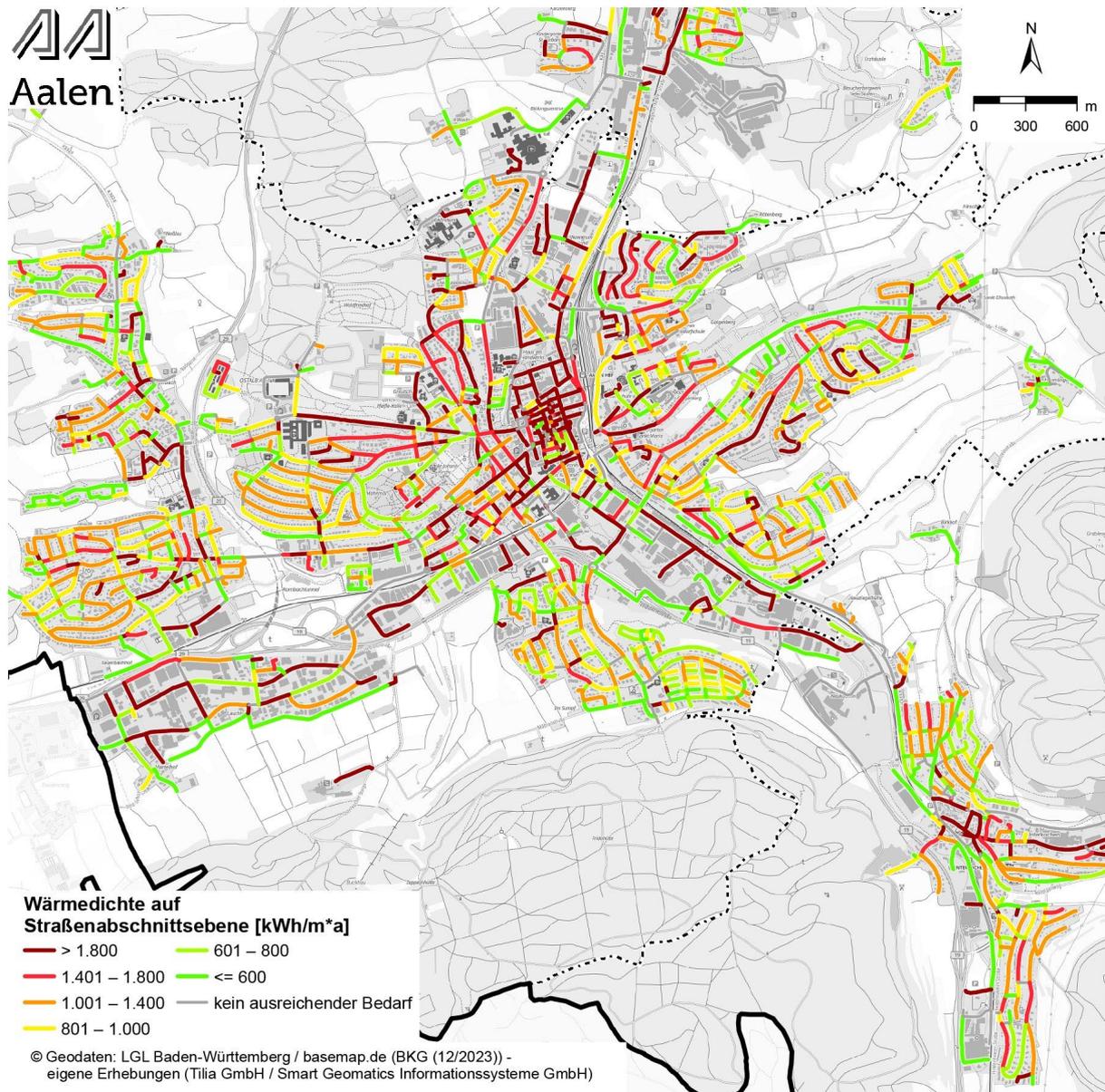


Abbildung 7: Übersicht Wärmedichten im Stadtgebiet Aalen

2.4 Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung im Stadtgebiet von Aalen basiert im Wesentlichen auf erdgas- und heizölbefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen. 50 % der Gebäude in Aalen werden mit Erdgasheizungen geheizt, gefolgt von Ölheizungen mit einem Anteil von 22 % (siehe Abbildung 8). 8 % der Gebäude werden regenerativ durch holzbasierte Wärmeerzeugungsanlagen oder Luftwärmepumpen beheizt.

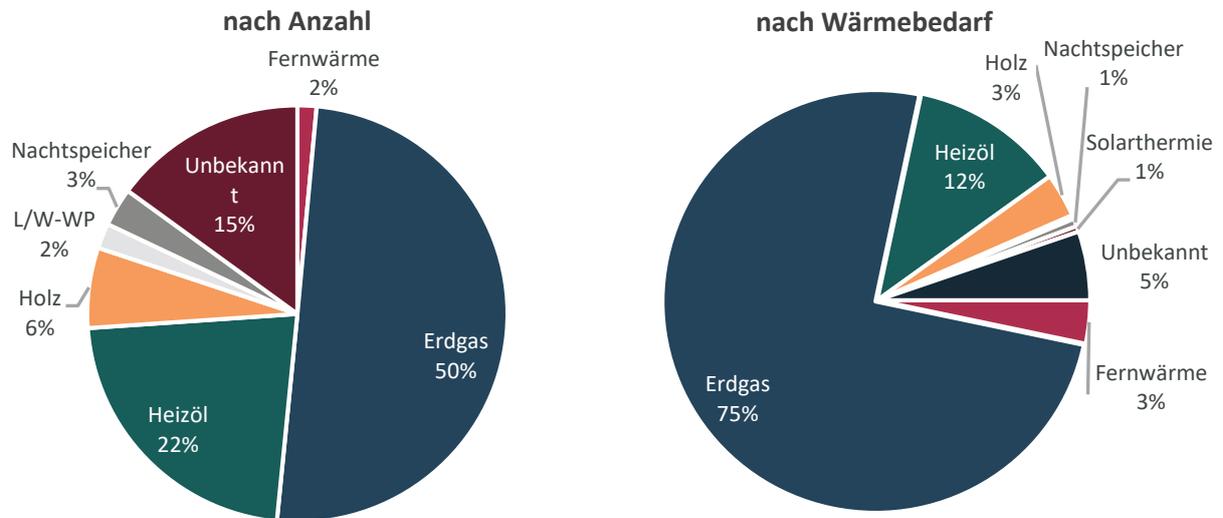


Abbildung 8: Verteilung Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtgebiet Aalen nach Anzahl und nach Wärmebedarf im Jahr 2021

Werden die Energieträger nach Wärmebedarf ausgewertet, entfielen 2021 knapp 75 % des Wärmebedarfs im Stadtgebiet Aalen auf erdgasbasierte Wärmeerzeugungsanlagen. An zweiter Stelle folgt der Wärmebedarf, der durch Ölheizungen gedeckt wird (12 %).

Der hohe Anteil von Erdgas an der Wärmeversorgung spiegelt sich auch in der Auswertung der räumlichen Verteilung der Wärmeerzeugung wider. Abbildung 9 zeigt die Verteilung der Energieträger zur Wärmeerzeugung im Stadtgebiet Aalen auf Baublockebene. Die Abbildung verdeutlicht, dass in den meisten Teilen des Stadtgebiets erdgasbefeuerte Wärmeerzeugungsanlagen vorherrschen. Ausnahmen bilden dabei Randgebiete wie z.B. Dewangen oder Ebnat. In diesen Gebieten werden die Gebäude hauptsächlich mit heizölbetriebenen Anlagen beheizt.

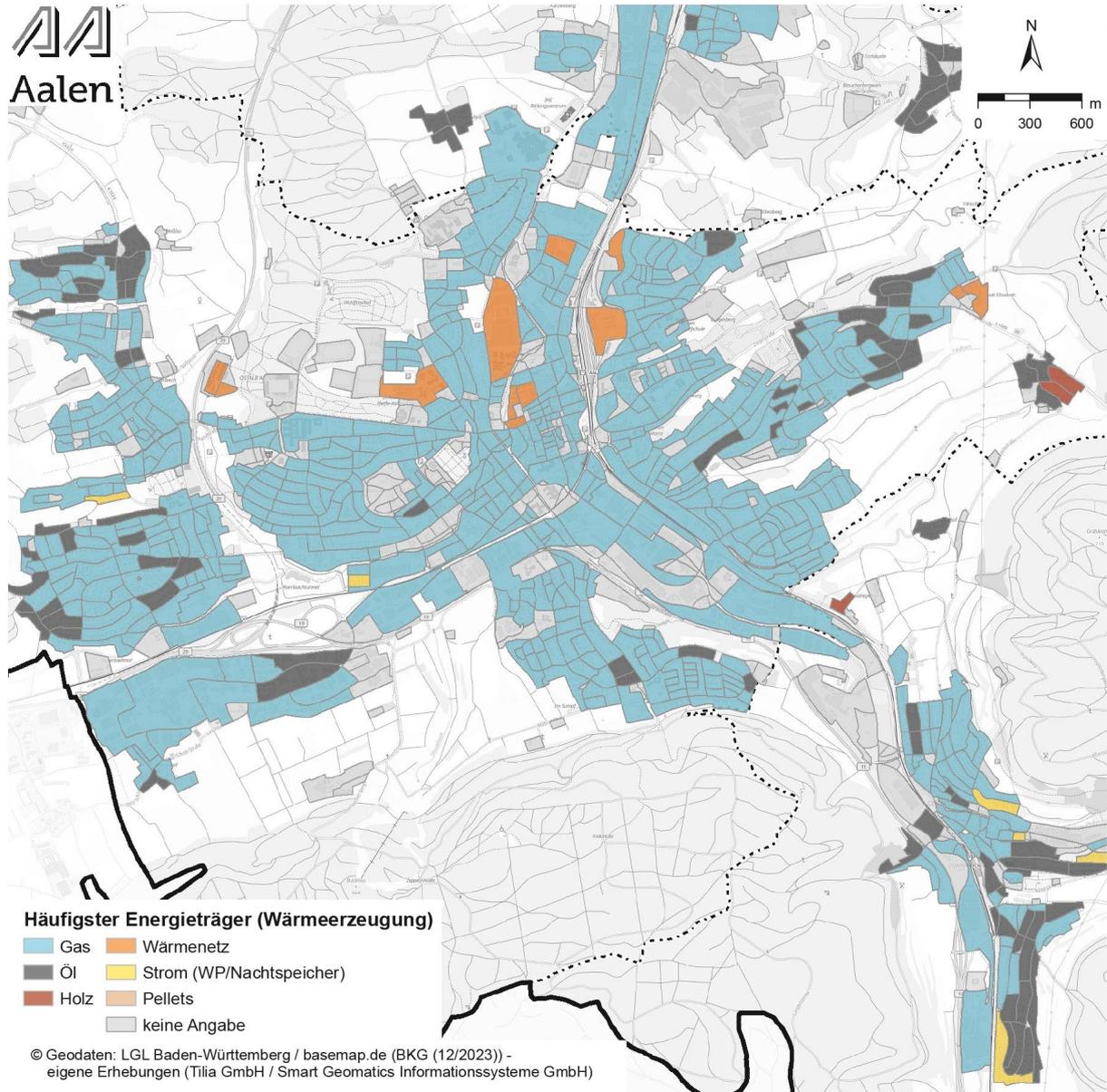


Abbildung 9: Räumliche Verteilung der Energieträger für Wärmeerzeugung im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021

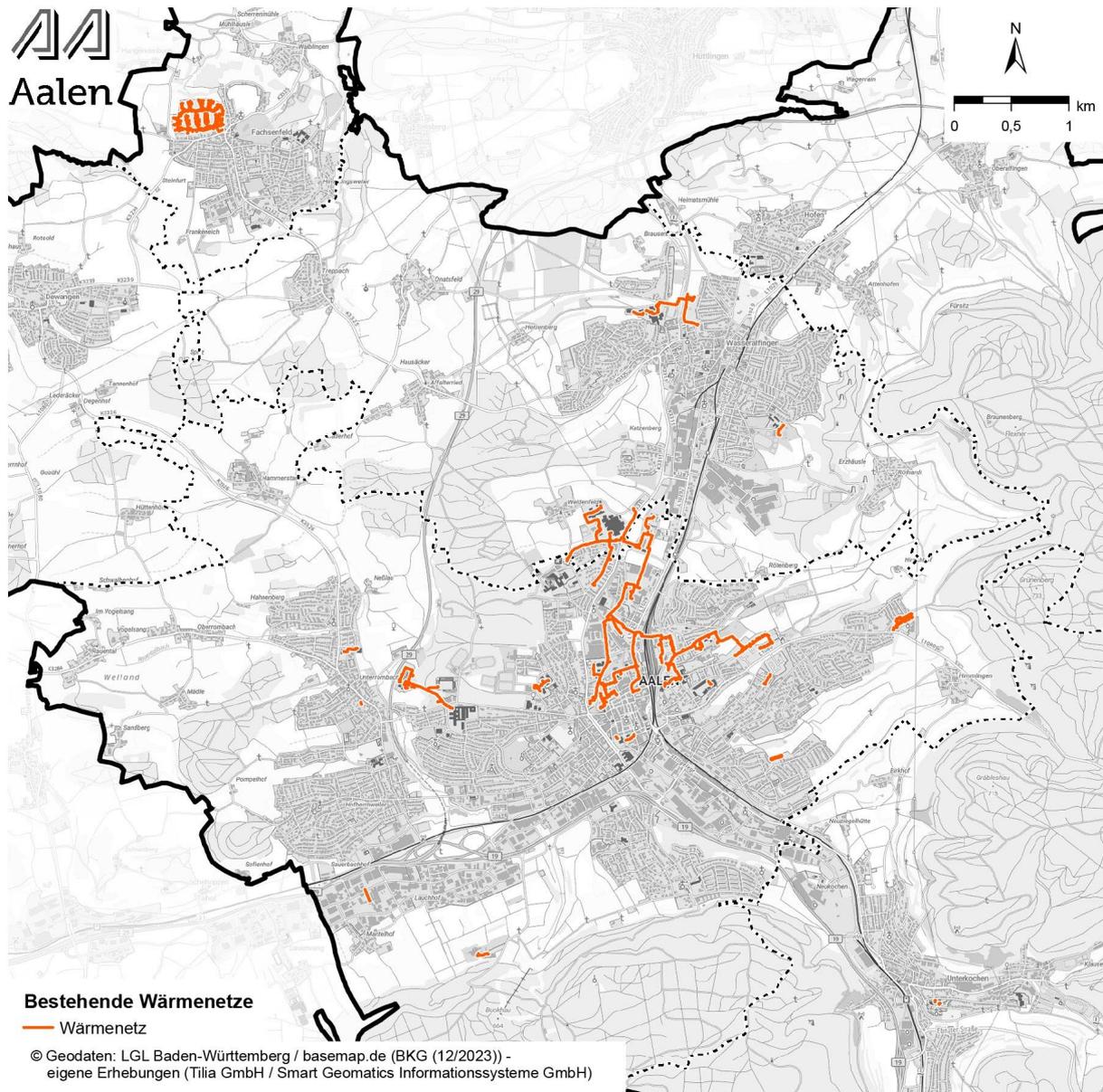


Abbildung 10: Trassenverlauf bestehender Fernwärmenetz Aalen

In Abbildung 10 ist der Trassenverlauf der Fernwärmenetze in Aalen zu sehen. Dabei handelt es sich um ein 20 km langes Fernwärmenetz in der Aalener Innenstadt sowie mehrere kleinere Nahwärmeinseln. Die Wärmenetze werden aktuell zu einem großen Teil durch erdgasbetriebene Wärmeerzeugungsanlagen versorgt. In der Szenarioanalyse (Abschnitt 4) wird beschrieben, wie die Wärmenetz mit erneuerbaren Wärmequellen beheizt werden könnten und welche Erweiterungsoptionen es für Wärmenetze im Stadtgebiet Aalen gibt.

Neben den Energieträgern enthielten die Daten der Bezirksschornsteinfeger für viele Gebäude auch die Baujahre der Wärmeerzeugungsanlagen. Bei ca. 18 % der Gebäude im Stadtgebiet Aalen war das Alter der Wärmeerzeugungsanlage nicht angegeben, z.B. bei Gebäuden mit Nachtspeicherheizungen oder Wärmepumpen. Bei den restlichen Gebäuden konnte das Baujahr der Wärmeerzeugungsanlage

entsprechend ausgewertet werden. Die Auswertung ergab, dass der größte Teil der Wärmeerzeugungsanlagen zwischen 1984 und 1994 eingebaut wurden (Anteil 17 %).

Nach dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG 2024) können vor dem 01.01.24 bereits bestehende Heizungen noch bis einschließlich 2044 mit bis zu 100 % fossilen Brennstoffen betrieben werden. Spätestens zum 01.01.2045 muss jedoch ein Brennstoffwechsel zu nachhaltigen Brennstoffen erfolgen. Das heißt, dass bis zu 90 % der Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtgebiet Aalen innerhalb der nächsten 21 Jahre ausgetauscht werden müssten, zum Erreichen der Klimaneutralität im Jahr 2035 sogar in den nächsten 11 Jahren. Dies zeigt neben der ökologischen auch die technische Dringlichkeit der Erneuerung der Wärmeversorgung. Verschärfend wirken dabei die Landesgesetze des Landes Baden-Württembergs, welche schon heute einen Mindestanteil erneuerbarer Energie an der Wärmeversorgung fordern.

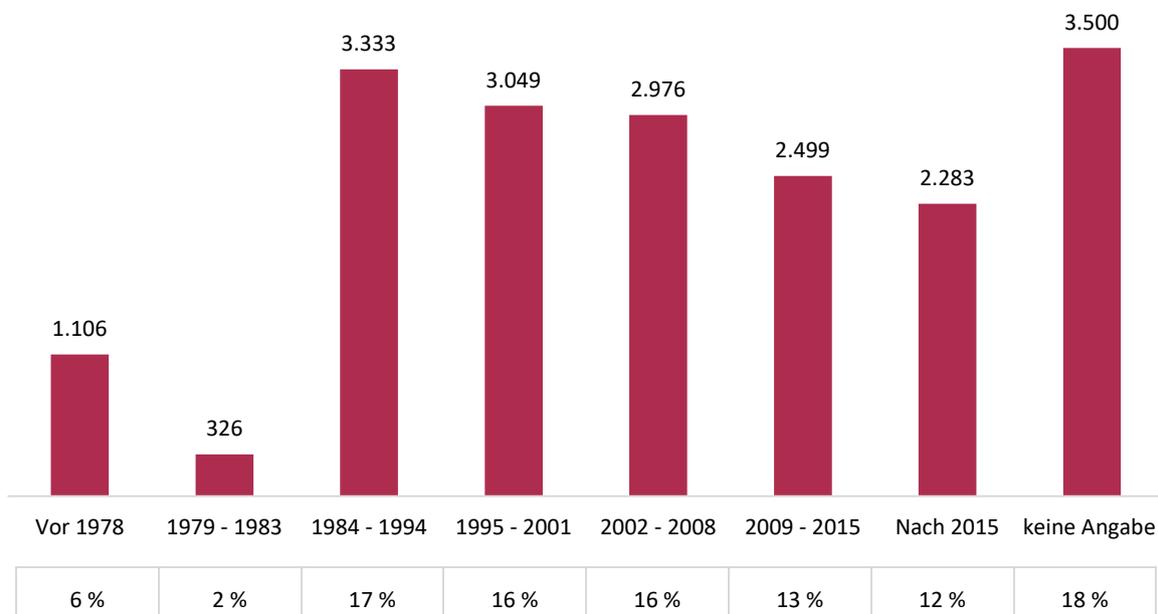


Abbildung 11: Wärmeerzeugungsanlagen im Stadtgebiet Aalen nach Alter, Stand 2021

Ergänzend zu den Heizungsanlagen sind in der folgenden Kartendarstellung noch bekannte KWK-Anlagen im Stadtgebiet Aalen dargestellt. Diese haben je nach Anwendungsfall unterschiedliche Größenordnungen. Während Anlagen im Bereich von Einzelgebäuden i.d.R. im Bereich 5 – 50 kW_{el} liegen, verfügen einzelne Industriebetriebe mit hohen Energieverbräuchen über große Blockheizkraftwerke oder Gasturbinen mittlerer Größenordnung in den Größenklassen 2 – 30 MW_{el}.

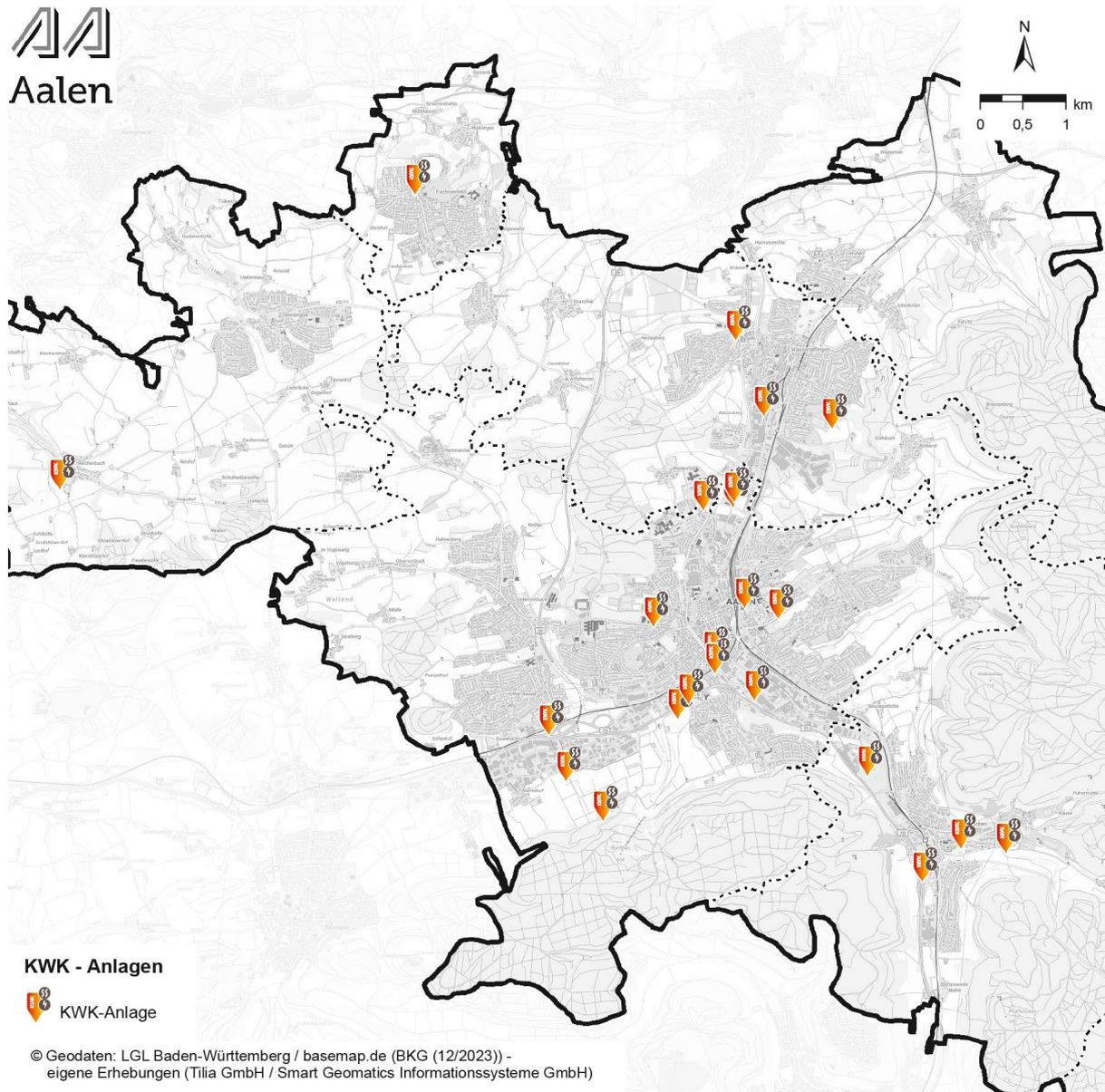


Abbildung 12: KWK-Anlagen im Stadtgebiet Aalen

2.5 Strombedarf und -erzeugung

Der Gesamtstrombedarf im Stadtgebiet von Aalen lag im Jahr 2021 laut den Verbrauchsdaten der Stadtwerke Aalen bei 290 GWh/a. Davon wurden etwa 30 % im Stadtgebiet Aalen aus verschiedenen Energieträgern erzeugt (siehe Abbildung 13), insgesamt ca. 25 % aus erneuerbaren Quellen. Damit liegt der Anteil erneuerbarer Energien an der bekannten Erzeugung bei ca. 90 %. Der restliche Strom, 70 % des gesamten Stromverbrauchs, wurde über das Übertragungsstromnetz importiert. Für diesen Strom wird bei der Bilanzierung der Treibhausgasemissionen der durchschnittliche Treibhausgasemissionsfaktor des Bundesstrommixes angesetzt.

Dieses Bild stellt dabei leider nicht den gesamten Strombedarf und die Stromerzeugung in Aalen dar. Einzelne Industriebetriebe verfügen zum Teil über hohe Eigenerzeugungskapazitäten im zweistelligen

Megawattbereich. Die zugehörigen Daten waren jedoch nicht öffentlich zugänglich und wurden von den Unternehmen nicht zur Verfügung gestellt, um Betriebsgeheimnisse zu wahren. Im Zuge der Fortführung der Energieleitplanung ist diese Datenlücke noch zu schließen. Aus den Daten der Landesanstalt für Umwelt waren jedoch die in Summe eingesetzten Energiemengen der Sektoren bekannt, womit die Energiebilanz insgesamt abgebildet werden konnte (siehe Abschnitt 2.6).

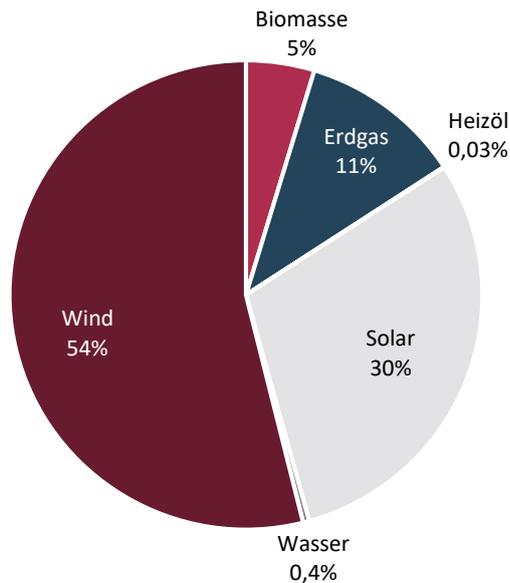


Abbildung 13: Bekannte Stromerzeugung im Stadtgebiet Aalen nach Energieträgern im Jahr 2021

2.6 Energie- und CO₂-Bilanz

Um aus den ermittelten Endenergiemengen die Treibhausgasemissionen zu berechnen, werden diese mit den entsprechenden Treibhausgasemissionsfaktoren multipliziert. Im Rahmen der Hilfestellungen des Landes Baden-Württemberg zur kommunalen Wärmeplanung sind diese Treibhausgasemissionsfaktoren im sogenannten Technikkatalog der KEA BW vorgegeben [4].

Alle in der Treibhausgasbilanz aufgeführten Positionen wurden für die Bilanzierung im Rahmen der Energieleitplanung mit BICO2BW (CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg) ermittelt.

Eine Besonderheit liegt in den Erdgasverbräuchen, welche auch Erdgas zur gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom beinhaltet. Wie in Abschnitt 2.5 erläutert, bestehen im Bereich der Eigenerzeugung in der Industrie noch Lücken in der Datenbasis. Eine exakte Aufteilung auf Strom und Wärme war im Rahmen der ELP nicht möglich, lediglich die eingesetzten Endenergieträger waren aus Daten der LUBW bekannt.

Auf der Grundlage der vorgegebenen Treibhausgasemissionsfaktoren ergibt sich folgende Energie- und CO₂-Bilanz:

Tabelle 2: Energie- und CO₂-Bilanz Stadt Aalen

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Kommunal	Verkehr	Summe
Energiebilanz							
Strom	MWh	113.391	27.719	137.332	11.636	345	290.424
Heizöl	MWh	142.692	38.695	38.675	415	-	220.476
Erdgas	MWh	305.527	22.335	910.629	6.774	-	1.245.266
Fernwärme	MWh	11.680	-	1.769	11.335	-	24.783
Kohle	MWh	130	56	71.626	-	-	71.811
Wärme aus EEQ	MWh	63.158	3.376	87.768	196	-	154.498
Sonstige Energieträger	MWh	-	-	2.958	-	-	2.958
Kraftstoffe	MWh	-	-	-	-	468.217	468.217
Summe	MWh	636.576	92.181	1.250.757	30.356	468.562	2.478.433
CO₂-Bilanz							
Strom	t _{CO2}	54.201	13.250	65.645	5.562	165	138.823
Heizöl	t _{CO2}	45.376	12.305	12.229	132	-	70.111
Erdgas	t _{CO2}	75.465	5.517	224.925	1.673	-	307.581
Fernwärme	t _{CO2}	2.678	-	406	2.599	-	5.683
Kohle	t _{CO2}	55	24	30.405	-	-	30.484
Wärme aus EEQ	t _{CO2}	3.033	162	3.075	4	-	6.274
Sonstige Energieträger	t _{CO2}	-	-	799	-	-	799
Kraftstoffe	t _{CO2}	-	-	-	-	147.140	147.140
Summe	t_{CO2}	180.808	31.258	337.554	9.970	147.305	706.894

Energieleitplan der Stadt Aalen - Bestandsanalyse

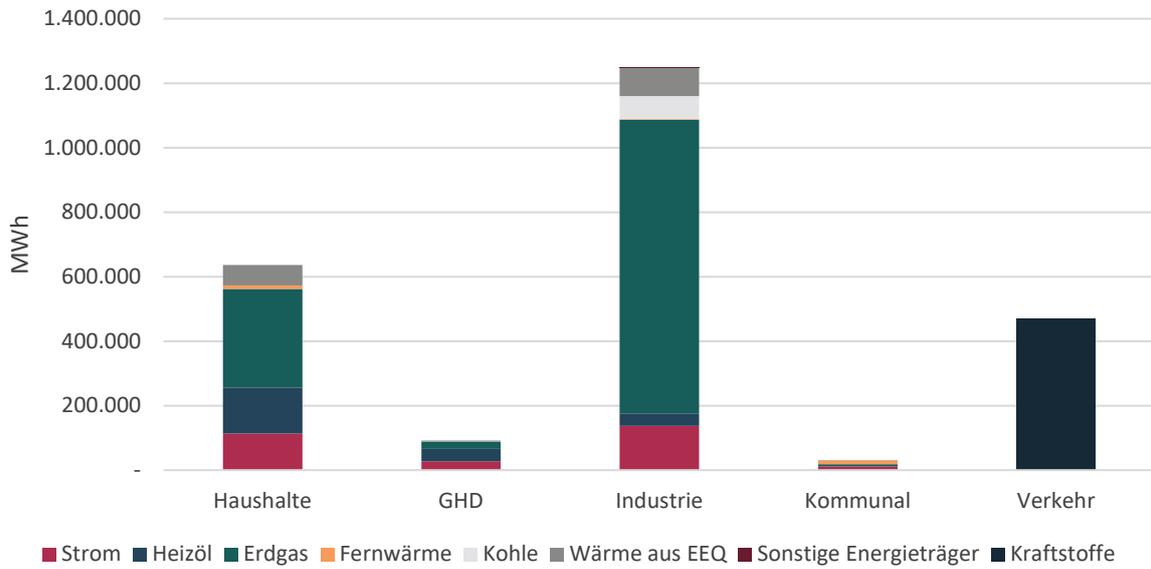


Abbildung 14: Endenergiebilanz für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021

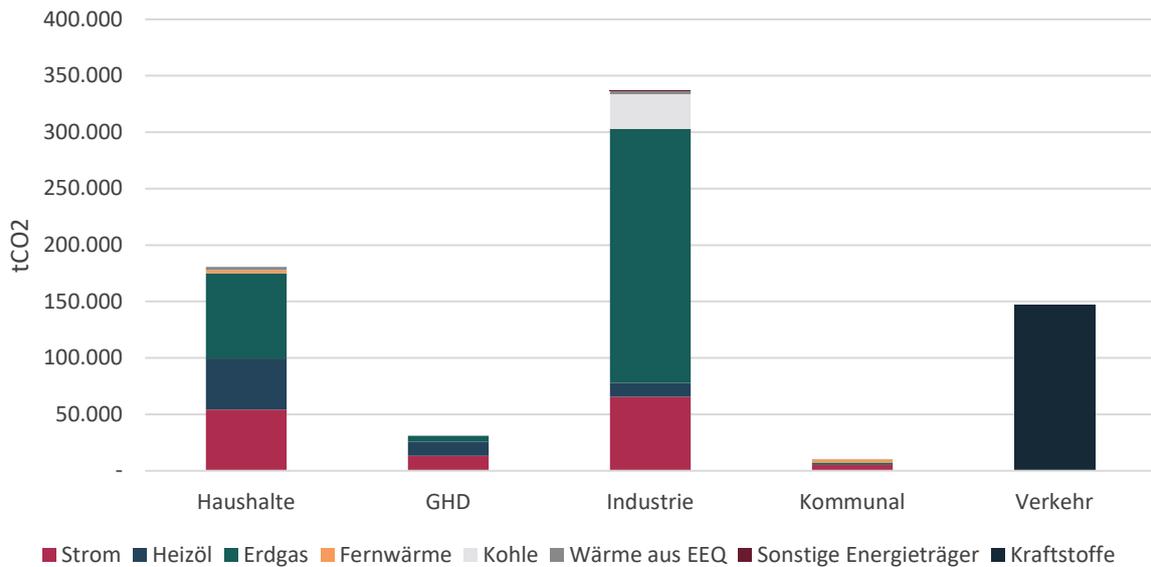


Abbildung 15: Treibhausgas-Bilanz für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021

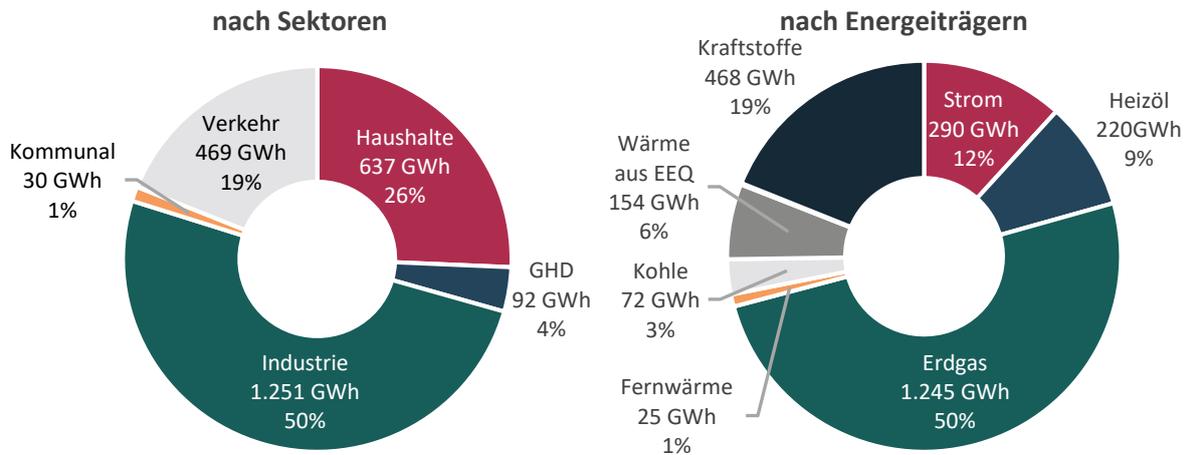


Abbildung 16: Endenergiebilanz nach Sektoren und Energieträgern für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021

Abbildung 16 zeigt vereinfacht die Endenergiebilanz der Stadt Aalen für das Jahr 2021 nach Sektoren und nach Energieträgern. Insgesamt beläuft sich die Energiemenge auf ca. 2.480 GWh. Der Sektor Industrie macht dabei etwa die Hälfte des Energieverbrauchs aus, die privaten Haushalte rund ein Viertel. Ein weiteres Fünftel entfällt auf den Sektor Verkehr. Weitere Anteile entfallen auf den Bereich GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und die kommunalen Liegenschaften.

Den größten Anteil hat der Energieträger Erdgas, vor allem für Heiz- und Prozesswärme. Hierzu zählt auch Erdgas, das in Kraft-Wärme-Kopplung zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt wird. Strom macht nur 12 % der Endenergie aus. Heizöl wird vor allem zur Beheizung und Trinkwarmwassererzeugung genutzt. Ebenso verhält es sich mit Fernwärme und Wärme aus erneuerbaren Energiequellen (EEQ). Kohle macht in der Industrie einen kleinen Anteil der eingesetzten Energieträger aus. Kraftstoffe sind nahezu deckungsgleich zum Sektor Verkehr, da diese nur dort verbraucht werden.

Entsprechend ihrer Emissionsfaktoren verteilen sich die zugehörigen Treibhausgasemissionen, was die folgende Abbildung nochmals vereinfacht darstellt.

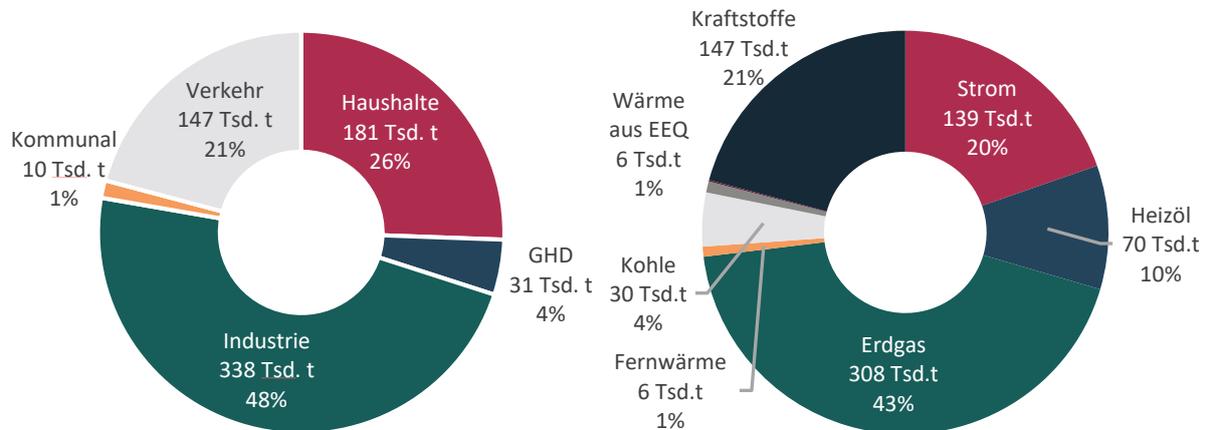


Abbildung 17: Treibhausgasbilanz nach Sektoren und Energieträgern für das Stadtgebiet Aalen im Jahr 2021

2.7 Kennzahlen Bestandsanalyse

Tabelle 3: Kennzahlen Bestandsanalyse 2021

I. Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen der Haushalte und kommunalen Liegenschaften pro Kopf			
Endenergieverbrauch	9.867	kWh/EW	
THG-Emissionen	2,8	t CO ₂ Äq/EW	
II. Endenergiebedarf Wärme Wohngebäude pro Quadratmeter Wohnfläche und Gesamt			
Gesamt	523.185	MWh	
pro Wohnfläche	149	kWh/m ²	
III. Stromverbrauch zur Wärmeversorgung der Haushalte pro Kopf und Gesamt			
Gesamt	8.263	MWh	
pro Einwohner	122	kWh/EW	
IV. Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen in GHD und Industrie pro Kopf, pro Betrieb und Gesamt			
Endenergieverbrauch gesamt	1.342.939	MWh	
Endenergieverbrauch pro Einwohner	19.869	kWh/EW	
Endenergieverbrauch pro Betrieb	222.636	kWh/Betrieb	
THG-Emissionen gesamt	368.811	t CO ₂ Äq	
THG-Emissionen pro Einwohner	5,5	t CO ₂ Äq/EW	
THG-Emissionen pro Betrieb	61	t CO ₂ Äq/Betrieb	

V. Einsatz erneuerbarer Energien aufgesplittet nach Energieträgern pro Kopf, Gesamt, Industrie mit GHD sowie Haushalte mit kommunalen Liegenschaften

Energiemengen erneuerbarer Energieträger Gesamt			
Biomasse	66.941	MWh	
Solar	25.783	MWh	
Wasser	371	MWh	
Wind	46.559	MWh	
Energiemengen erneuerbarer Energieträger pro Einwohner			
Biomasse	990	kWh/EW	
Solar	381	kWh/EW	
Wasser	5	kWh/EW	
Wind	689	kWh/EW	
keine direkte Zuordnung nach Sektoren möglich			
VI. Anteil erneuerbarer Energien an lokaler Strom- und Wärmeerzeugung und am Strom- und Wärmebedarf			
Anteil erneuerbarer Energie am Strombedarf	25%		(ohne KWK-Erzeugung Industrie aufgrund fehlender Daten)
VII. Nutzung synthetischer Brennstoffe (PtX) pro Kopf			
Aktuell ist keine Nutzung von synthetischen Brennstoffen in Aalen dokumentiert			
VIII. Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung (Wärmepumpen, Direktstrom)			
Stromverbrauch Wärmebereitstellung	8.263	MWh	
IX. Fläche solarthermischer und PV-Anlagen pro Kopf			
Nicht bekannt			
X. Installierte KWK-Leistung pro Kopf (elektrisch und thermisch)			
Installierte Leistung elektrisch pro EW	0,41	kW/EW	
Installierte Leistung thermisch pro EW	0,75	kW/EW	
jeweils Berechnung anhand von Annahmen für Wirkungsgrade aufgrund fehlender Daten für thermische Leistung und aus Industrie			
XI. Installierte Speicherkapazität Strom und Wärme			
Speicherkapazität elektrisch	2.999	kW	
Speicherkapazität thermisch	nicht bekannt		
XII. Anzahl der Hausanschlüsse in Gas- und Wärmenetzen			
Anzahl Hausanschlüsse Gasnetz	12.743	Anschlüsse	
Anzahl Hausanschlüsse Wärmenetz	373	Anschlüsse	

XIII. Länge der Transport- und Verteilungen in Gas- und Wärmenetzen			
Wärmenetze	20	km	
Gasnetze	484	km	https://www.sw-aalen.de/netz/veroeffentlichungspflichten
XIV. Haushaltsstromverbrauch pro Kopf (ohne Stromverbrauch zur Wärmeversorgung) und Gesamt			
Gesamt	113.391	MWh	
pro Einwohner	1.678	kWh/a/ EW	
XV. Gesamtstromverbrauch	290.424	MWh	ohne KWK-Erzeugung Industrie aufgrund fehlender Daten
XVI. Gesamtwärmeverbrauch	nicht bekannt		aufgrund fehlender Daten Industrie

3 Potenzialanalyse

3.1 Potenzial zur Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz

Das größte Einsparpotenzial im Bereich Wärme liegt in der Steigerung der Gebäudeeffizienz durch energetische Sanierungen. Dazu gehören sowohl der Austausch der Heizungsanlage gegen ein effizienteres Modell als auch die Dämmung der obersten Geschossdecken, Außenwände, Fenster, Dachinnenflächen und Kellerdecken. Die Einsparungen beim Wärmebedarf, die durch energetische Sanierungen erzielt werden können, variieren je nach Baujahr des Gebäudes. Für die Wohngebäude im Stadtgebiet Aalen wurden anhand der Baujahre der Gebäude und der TABULA-Typologie [3] die potenziellen Einsparungen des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen bestimmt. Bei Gebäuden mit anderen Nutzungen als Wohnen oder Mischnutzung sind die Auswirkungen von Sanierungen zu heterogen, um im Rahmen der Energieleitplanung verlässliche Aussagen treffen zu können. Für belastbare Aussagen sind hier Einzelfallanalysen (Vor-Ort-Energieberatungen oder individuelle Sanierungsfahrpläne, beides kann durch das BAFA gefördert werden) notwendig.

Bei einem durchschnittlichen Wohngebäude in Aalen können aus technischer Sicht etwa 50 % des Wärmebedarfs durch energetische Sanierungen eingespart werden. Die genaue Höhe der Einsparungen pro Gebäude hängt neben dem Gebäudebaujahr auch vom Umfang der energetischen Sanierung ab. Bei der Berechnung der Einsparungen wurde von einer umfassenden Sanierung ausgegangen, d.h. Dämmung der obersten Geschossdecke, der Kellerdecke, der Fenster, der Außenwände und des Daches sowie Austausch der Heizungsanlage.

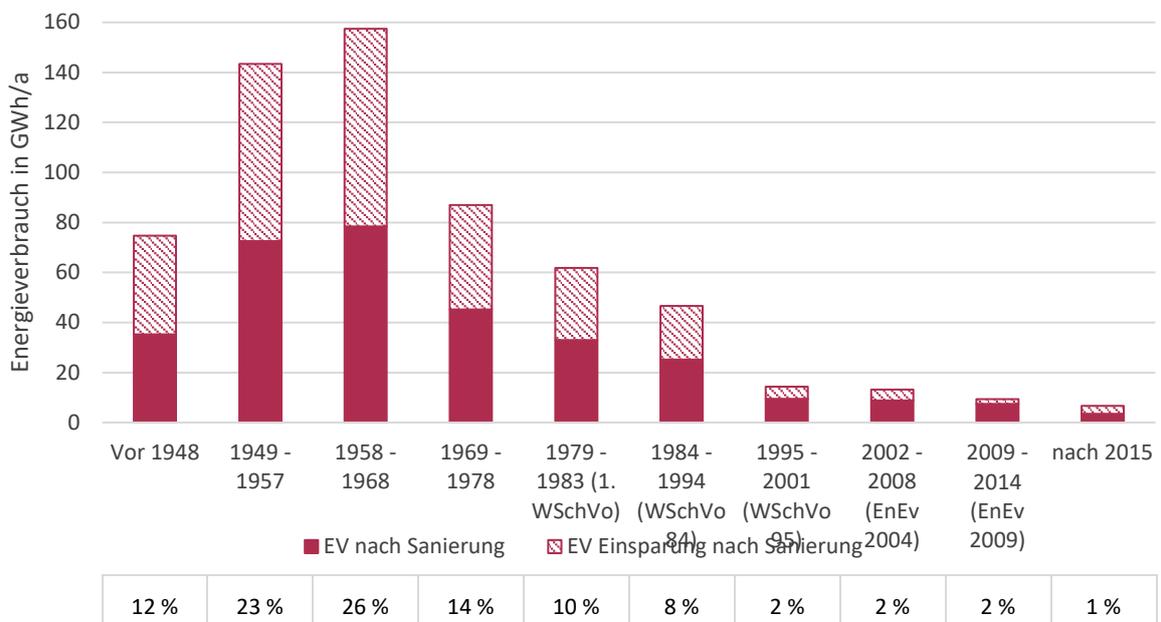


Abbildung 18: Einsparpotenzial Energiebedarf bei verschiedenen Baualterklassen von Wohngebäuden

Der Großteil der Einsparungen kann bei Wohngebäuden mit höherem Baualter erzielt werden. Abbildung 18 zeigt die Einsparungen bei Wohngebäuden durch energetische Sanierungen nach Baualtersklassen. So können knapp zwei Drittel der Einsparungen bei Häusern erzielt werden, die vor 1968 gebaut wurden. Die weiteren Einsparpotenziale nehmen proportional zum Gebäudealter ab. Dabei handelt es sich jedoch nur um das technische Potenzial, das realisierbare Potenzial wird deutlich geringer sein.

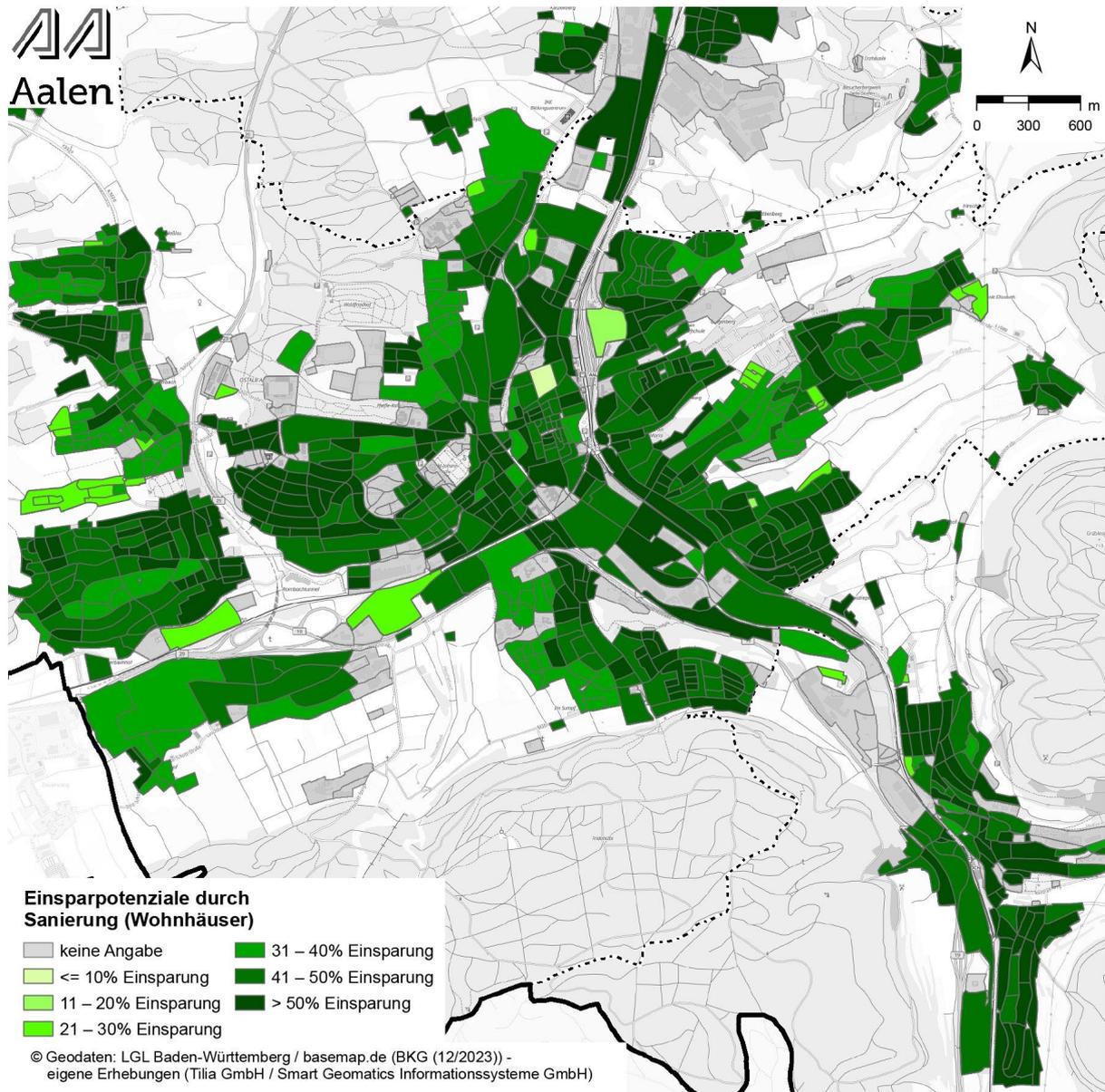


Abbildung 19: Maximales technisches Einsparpotenzial pro Baublock bei Wohngebäuden

In Abbildung 20 sind mögliche Entwicklungen des Wärmebedarfs bei verschiedenen Sanierungsrate dargestellt. Die Sanierungsrate gibt an, wie hoch der Anteil der sanierten Gebäude pro Jahr ist. So werden beispielsweise bei einer Sanierungsrate von 3 % jährlich 3 von 100 Gebäuden im Stadtgebiet Aalen saniert. Es bräuchte bei einer konstanten Sanierungsrate von 3 % dementsprechend ca. 33 Jahre, bis die Gebäude im Stadtgebiet vollständig saniert wären.

Die Abbildung 20 zeigt die Einsparpotenziale durch umfassende energetische Sanierungen bei Sanierungsraten von 1 %, 2 % und 3 % bis zum Jahr 2035. Dabei entspricht 1 % der aktuellen Sanierungsrate auf Bundesebene [5] und 3 % der Sanierungsrate, die erreicht werden müsste, damit gemäß EU-Ziel bis 2033 kein Gebäude mehr der Energieeffizienzklasse F angehört [6].

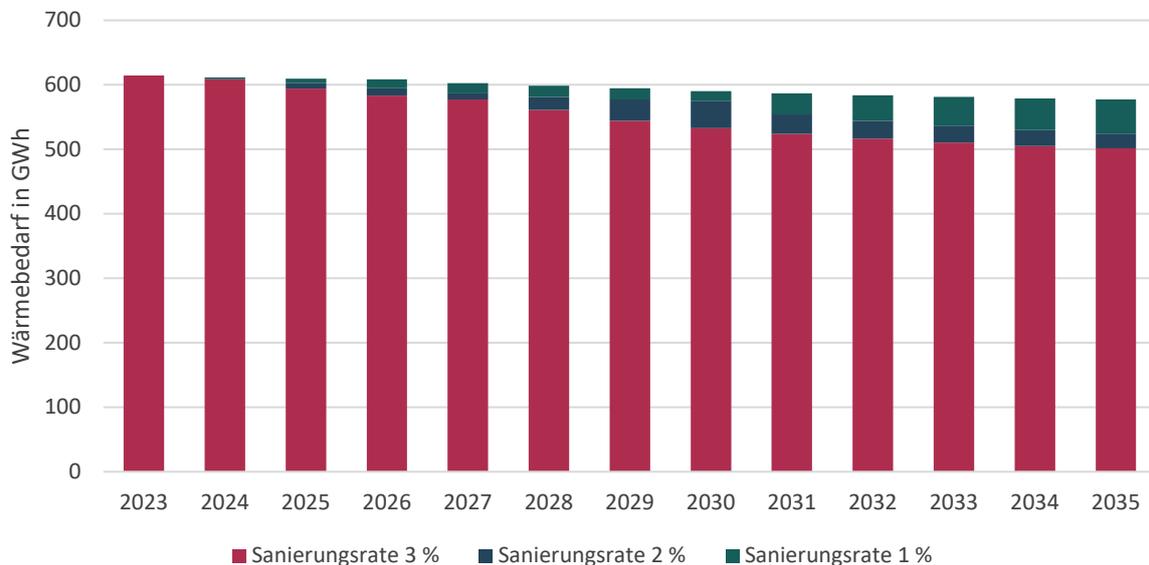


Abbildung 20: Entwicklung der Wärmebedarfe bei unterschiedlichen Sanierungsraten

Auf der Grundlage der genannten Annahmen ergibt sich für die Wohnhäuser im Stadtgebiet Aalen bis zum Jahr 2035 bei einer Sanierungsrate von 1,0 % ein potenzielles Einsparpotenzial von ca. 40 GWh/a (6 % ggü. dem Jahr 2023) und bei einer Sanierungsrate von 3 % ein Einsparpotenzial von ca. 120 GWh/a (18 % ggü. dem Jahr 2023).

3.2 Potenziale zur Energieeinsparung in Gewerbe und Industrie

In der Energieleitplanung wurden auch Unternehmen aus Industrie und Gewerbe eingebunden. Eine betriebs- oder branchenbezogene Betrachtung war nicht leistbar, jedoch stehen den Betrieben zahlreiche Beratungsangebote der Industrie- und Handelskammer (IHK) Ostwürttemberg und der Regionalen Kompetenzstellen für Ressourceneffizienz (KEFF+) Region Ostwürttemberg zur Verfügung.

Dabei sollte besonders auf industrietypische und energieintensive Bereiche geachtet werden, wie z.B.

- Die Wärme- oder Dampferzeugung und die entsprechende Verteilung in Neben- und Produktionsanlagen
- Die Bereitstellung von Kälte für Produktionsprozesse oder für die Raumklimatisierung
- Möglichkeiten von Wärmerückgewinnung, z.B. bei der Lüftungs- und Klimatechnik oder an Produktionsanlagen sowie der Nutzung von Abwärme
- Möglichkeiten zur Nutzung von erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung.

Als sinnvolles Instrument können betriebliche Energiemanagementsysteme dienen, die häufig im verarbeitenden Gewerbe verpflichtend sind und eine systematische Senkung des Energieverbrauchs

zum Ziel haben. Zudem können sie dazu beitragen, über die Kooperation mit der Stadtverwaltung eine bessere Datengrundlage für die städtische Energiebilanz zu schaffen.

Die Einsparpotenziale selbst können nur allgemein und als Orientierungswerte angegeben werden, da sie mitunter sehr branchenspezifisch und prozessabhängig sind. Die dena hat hierzu generelle Ansätze ermittelt [7]:

- Informationstechnologie häufig 75 %
- Beleuchtung häufig 70 %
- Prozesswärme häufig 30 %
- Lüftungstechnik häufig 25 %
- Pumpen häufig 30 %
- Drucklufttechnik häufig 50 %

Die Einsparungen sind in den Zukunftsszenarien auf Basis der Betrachtungen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) [8] berücksichtigt.

3.3 Potenziale erneuerbarer Energie zur Wärmeversorgung sowie Abwärme

Im Rahmen der Energieleitplanung wurden potenzielle regenerative Energiequellen im Stadtgebiet von Aalen untersucht. Dafür wurden sowohl vorhandene Studien zu den jeweiligen Themen ausgewertet als auch Gespräche mit den entsprechenden Akteuren geführt.

3.3.1 Biomasse

3.3.1.1 Energetisches Potenzial Bioabfall Lage

Nach Angaben der Stadtverwaltung Aalen fielen im Stadtgebiet Aalen im Jahr 2022 2.400 t Bioabfall an [9]. Unter der Annahme, dass aus einer Tonne Biomüll 110 m³ Biogas mit einem Energiegehalt von ca. 6,3 kWh/m³ gewonnen werden können [10], ergibt sich für den Bioabfall in Aalen ein energetisches Potenzial von etwa 1,65 GWh/a.

Der Bioabfall wird laut der Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH (GOA) aktuell bereits energetisch verwertet. Perspektivisch kann geprüft werden, ob eine lokale energetische Verwertung des Abfalls ökologisch und wirtschaftlich effizient ist.

3.3.1.2 Energetisches Potenzial Wälder

Das Stadtgebiet Aalen umfasst im Gesamten eine Waldfläche von aktuell 5.500 ha, was einem Bewaldungsanteil von ca. 38 % entspricht. Für die Einschätzung des Biomassepotenzials aus den Wäldern im Stadtgebiet Aalen wurde im Rahmen der Energieleitplanung die Landesforstverwaltung Forst BW kontaktiert. Laut Forst BW umfasst der Staatswald im Stadtgebiet Aalen ca. 2.500 Hektar. Aus diesem Gebiet werden ca. 8 Festmeter pro Hektar und Jahr an Holz gewonnen, sodass sich eine Gesamtmenge von nutzbarem Holz von 20.000 Fm/a ergibt. Würde dieses Holz zur Energiegewinnung genutzt, könnten daraus jährlich ca. 45 GWh Wärme erzeugt werden.

Aktuell ist das aus dem Staatswald gewonnene Holz vertraglich gebunden. Ob eine energetische Nutzung des Holzes langfristig sinnvoll ist, muss nach weiteren Untersuchungen unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten entschieden werden. Prinzipiell ist eine höherwertige Nutzung des Holzes, z.B. bei Verwendung in Möbeln oder im Bauwesen, einer energetischen Nutzung vorzuziehen.

Die Stadt Aalen besitzt laut städtischer Angabe Waldflächen von ca. 1.100 ha mit einem Holzertrag von ca. 6.400 fm/a und einem Restholzertrag von ca. 1.000 fm/a, welches für Heizzwecke in Frage kommt. Damit liegt der Holzeinschlag für Restholz bei lediglich ca. 1 Fm/ha/a. Damit ergibt sich ein Potenzial von ca. 3 GWh.

Daneben befinden sich weitere Waldflächen von insgesamt ca. 2.000 Hektar im Stadtgebiet Aalen, die sich entweder in der Hand des Landkreises oder in Privatbesitz befinden [11]. Setzt man für diese Fläche ebenfalls einen konservativen Hiebsatz von 1,5 Fm/ha/a an, so steigt das Potenzial der Waldflächen um 7 GWh auf in Summe 55 GWh.

3.3.1.3 Energetisches Potenzial Stadtgärtnerei

Weitere Informationen zum Biomassepotenzial wurden im Rahmen der Energieleitplanung von der Stadtgärtnerei Aalen zur Verfügung gestellt. Hier fallen jährlich ca. 900 m³ Grünschnitt und nasses Gras sowie ca. 130 t Stroh und ca. 1.000-1.200 m³ Hackschnitzel an. Unter Anwendung von Kennzahlen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe [12] und des österreichischen Umweltbundesamtes [13] ergibt sich aus diesen Mengen ein Gesamtenergiepotenzial zwischen 1,8 und 3,2 GWh/a. Dieses Potenzial wird bereits von den Stadtwerken für die Fern- und Nahwärmeversorgung genutzt.

3.3.2 Solarthermie

3.3.2.1 Dachflächen-Solarthermie

Um das Potenzial für Dachflächen-Solarthermieanlagen im Stadtgebiet von Aalen zu ermitteln, wurden die Dachflächen der Gebäude im Stadtgebiet anhand von Laserscandaten digital ausgewertet und so die geeigneten Dachflächen (nicht nach Norden ausgerichtet, nicht verschattet) identifiziert. Insgesamt existieren im Stadtgebiet Aalen geeignete Dachflächen mit einer Gesamtfläche von etwa 2,3 Mio. m². Unter der Annahme, dass eine Solarthermieanlage 400 kWh/m² im Jahr erzeugen kann [14], beträgt das theoretische Potenzial der Wärmeerzeugung durch Solarthermie auf den geeigneten Dachflächen in Aalen etwa 933 GWh/a. Allerdings tritt dieses Potenzial nicht synchronisiert zum anfallenden Wärmebedarf auf. Abbildung 21 zeigt die saisonale Verteilung der Sonneneinstrahlung in Aalen im Vergleich zur saisonalen Verteilung des Wärmeverbrauchs [15]. Dabei wird deutlich, dass die Verteilungen antizyklisch zueinander verlaufen. Auf die Monate mit dem höchsten Wärmebedarf, Januar und Dezember [16], entfällt lediglich 7 % Sonneneinstrahlung, während auf den Monat mit der höchsten Sonneneinstrahlung (Juli) lediglich 2 % des Wärmeverbrauchs entfallen.

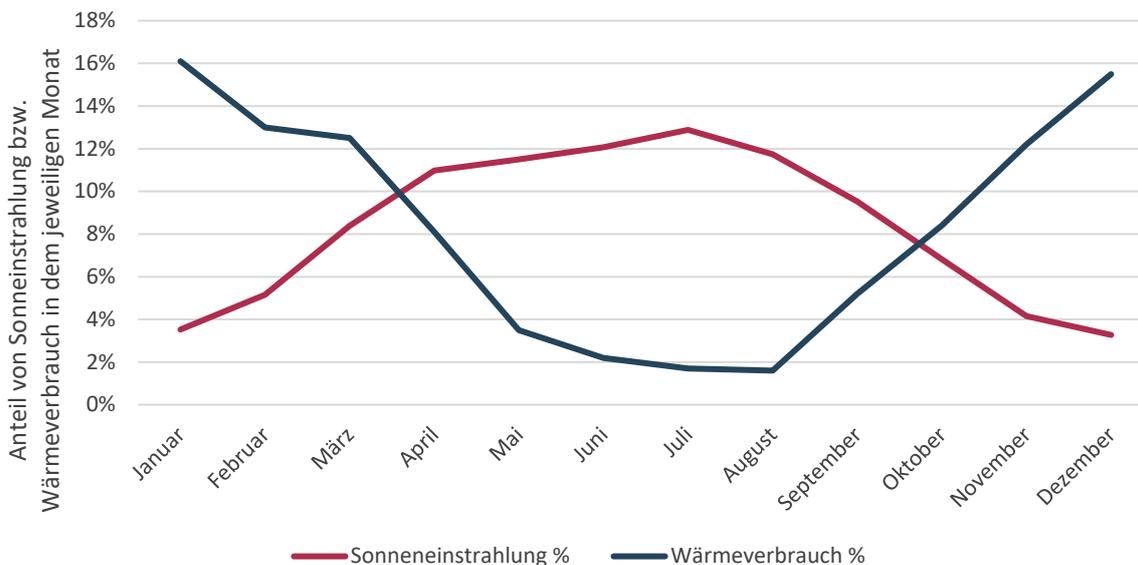


Abbildung 21: Saisonale Verteilung der Sonneneinstrahlung und des Wärmeverbrauchs in Aalen

Aufgrund dieser saisonalen Gegebenheiten ist ein hoher Speicheraufwand notwendig, um das ermittelte solarthermische Potenzial nutzen zu können. Diese Speicherung ist jedoch in der Regel mit Verlusten verbunden. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Dachflächen-Solarthermieanlagen in direkter Flächenkonkurrenz zu Dachflächen-Photovoltaikanlagen stehen und eine Abwägung zwischen beiden Technologien vorgenommen werden muss. Auch Kombinationen aus Solarthermie- und Photovoltaikanlagen sind möglich, zum Beispiel in Form von photovoltaisch-thermischen Kollektoren (PVT-Kollektoren), die Strom und Wärme gleichzeitig erzeugen können. Die Doppelnutzung von PVT-Elementen für die Wärme- und Stromerzeugung erhöht die Flächeneffizienz, allerdings bei deutlich höheren Anschaffungskosten. Eine weitere Möglichkeit, das Solarpotenzial zur Wärmeerzeugung zu nutzen, ist die Nutzung von Photovoltaikanlagen zur Erzeugung von Wärme über einen Heizstab oder eine Wärmepumpe.

3.3.2.2 Freiflächen-Solarthermie

Die Höhe des Potenzials für Freiflächen-Solarthermie ist abhängig von der Größe und den Rahmenbedingungen der Freiflächen, der möglichen Wärmenutzung und -speicherung sowie der Flächenkonkurrenz auf den entsprechenden Freiflächen.

Dementsprechend hängt das Potenzial von einer Reihe von Faktoren ab, die im Einzelfall zu prüfen sind, sodass im Rahmen der kommunalen Energieleitplanung nur allgemeine Aussagen zum Potenzial der Freiflächen-Solarthermie und keine Aussagen zu Einzelflächen getroffen werden können.

Um dennoch eine Größenordnung des Potenzials abzuschätzen zu können, wurden auf der Grundlage der Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) Baden-Württemberg und in Abstimmung mit der Stadt Aalen geeignete Flächen für Solaranlagen identifiziert [17]. Dabei wurden bereits Einschränkungen durch Naturschutzbelange berücksichtigt. Die geeigneten Flächen sind dabei Flächen, die entsprechend EEG §37 Absatz 2 h) und i) Ackerland oder Grünland sind und in benachteiligten

Gebieten liegen. Dazu gehören Gebiete mit geringeren landwirtschaftlichen Erträgen sowie Gebiete mit geringer Bevölkerungsdichte.

Die im Rahmen der Energieleitplanung ausgewiesenen Eignungsgebiete haben eine Gesamtfläche von 824 ha. Unter der Annahme, dass mit Solarthermieanlagen ca. 2.000 MWh/a/ha [18] erzeugt werden, ergibt sich für diese Flächen ein theoretisches Gesamtpotenzial von ca. 1.648 GWh/a. Ähnlich wie bei den Potenzialen für Solarthermie-Dachanlagen ist davon auszugehen, dass dieses Potenzial aufgrund saisonaler Effekte, der geografischen Lage zu Wärmeverbrauchern und der Flächenkonkurrenz zur Photovoltaik nur teilweise realisiert werden kann. Hier bietet sich eine Mehrfachnutzung der Fläche an, z.B. die gleichzeitige Nutzung als unterirdisches Geothermiefeld mit Erdwärmesonden oder die Nutzung der Fläche unter den Solarmodulen als Lebensraum für Flora und Fauna.

Es wird empfohlen, die Nutzung des solarthermischen Freiflächenpotenzials insbesondere bei der Errichtung neuer Erzeugungsanlagen für Wärmenetze zu berücksichtigen. Im Idealfall liegt die für Solarthermieanlagen genutzte Fläche direkt an einem Wärmenetz und kann so effizient zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Dies wurde in der Szenarienbetrachtung (Abschnitt 4) bereits berücksichtigt.

3.3.3 Geothermie

Für die Nutzung oberflächennaher Geothermie lassen sich zwei verschiedene Methoden unterscheiden, mit denen Erdwärme gewonnen werden kann. Dies sind zum einen Erdwärmekollektoren, bei denen Röhren mit einer Heizflüssigkeit in einer Tiefe von ca. 1,5–2 m unter dem Erdboden verlegt werden. Die zweite Technologie sind Erdwärmesonden, bei denen eine Bohrung in die Tiefe vorgenommen und ein Rohr mit einer Wärmeträgerflüssigkeit vertikal in den Boden eingebracht wird. In der Regel handelt es sich hierbei um eine Tiefe von bis zu 100 m, da Bohrungen über 100 m Tiefe unter das Bundesbergrecht fallen [19] und deshalb separat genehmigt werden müssen. Mit Sondergenehmigungen sind auch tiefere Bohrungen möglich.

3.3.3.1 Erdwärmesonden

Das Gesamtpotenzial für Erdwärmesonden im Stadtgebiet Aalen wurde von der KEA BW auf Basis von Daten der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg ermittelt und in Form von GIS-Daten zur Verfügung gestellt. In den Daten wurden nur Wohnbauflächen und Bauflächen für gemischte Nutzung betrachtet. Nicht zur Bebauung verfügbare Flächen wurden ausgeschlossen, um die dort vorhandene Vegetation oder andere Nutzungen nicht zu beeinträchtigen.

Um das Potenzial für das Gemeindegebiet zu ermitteln, wurde für diese Flächen angenommen, dass Wärme über eine Erdwärmesonde entzogen werden kann. Um das Potenzial der Flurstücke maximal zu nutzen, wurde in den Daten davon ausgegangen, dass das Flurstück mit der maximalen Anzahl von Sonden belegt ist. Hierbei werden jeweils 2 m Abstand zu Gebäuden sowie 10 m Abstand zwischen den Sonden eingerechnet. Außerdem wurde eine maximale Tiefe der Sonden angenommen, die je nach Gebiet variiert und maximal 400 m beträgt.

Aus diesen Annahmen ergibt sich für das Stadtgebiet Aalen eine maximale Gesamtentzugswärmemenge von ca. 230 GWh/a.

Ergänzend zu den vorgestellten Daten ist in Abbildung 22 die Effizienz und die Zulässigkeit von Erdwärmesonden grafisch dargestellt. Dabei wird deutlich, dass nahezu das gesamte Stadtgebiet von Aalen effiziente Bedingungen für Erdwärmesonden bietet. Lediglich im südlichen Teil des Stadtgebiets befinden sich Wasser- und Heilquellenschutzgebiete, in denen Erdwärmesonden nicht erlaubt sind.

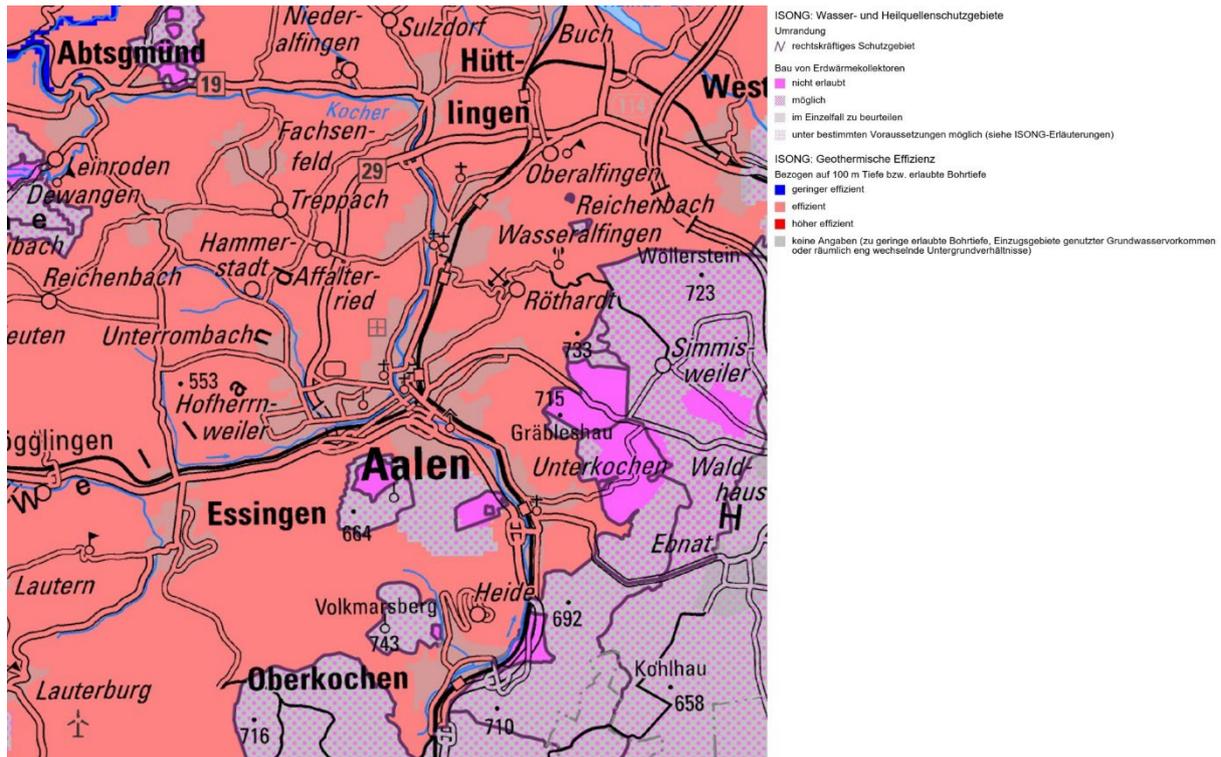


Abbildung 22: Eignung und Zulässigkeit von Erdwärmesonden gemäß ISONG [20]

3.3.3.2 Erdwärmekollektoren

Für Erdwärmekollektoren ist die Zulässigkeit im Stadtgebiet Aalen in ähnlichen Gebieten eingeschränkt wie für Erdwärmesonden. Auch hier ist die Installation fast im gesamten Stadtgebiet erlaubt, nur in einigen Bereichen im südlichen Stadtgebiet ist die Installation von Erdwärmekollektoren aus wasserwirtschaftlichen Gründen nicht möglich.

Das Potenzial der Erdwärmekollektoren im Stadtgebiet Aalen ist in Abbildung 23 dargestellt. Die Gebiete, die am besten für Erdwärmekollektoren geeignet sind, liegen im Norden und im Westen des Stadtgebietes.

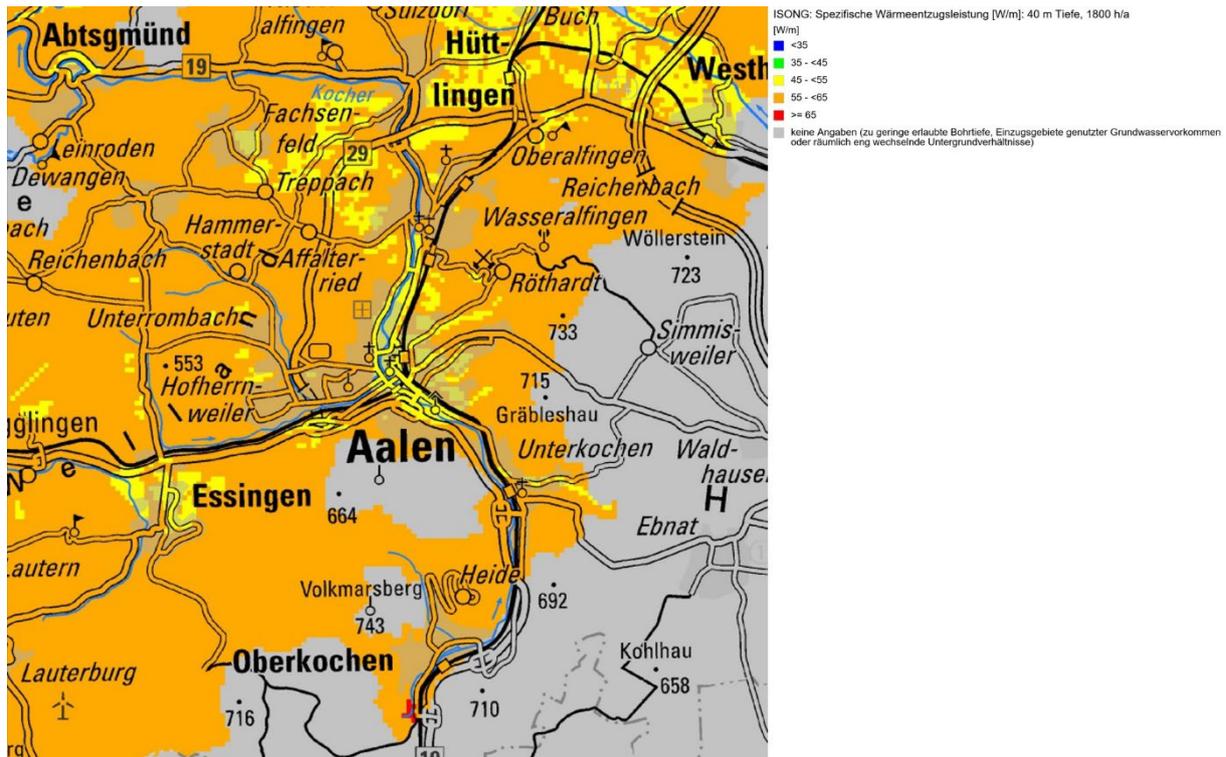


Abbildung 23: Potenzial und Zulässigkeit von Erdwärmekollektoren nach Entzugsleistung in niedrigen Tiefen gemäß ISONG [20]

3.3.3.3 Tiefengeothermie

Neben der oberflächennahen Geothermie existiert als Wärmequelle die Tiefengeothermie. Hier werden Bohrungen in einer Tiefe von 2.000–4.000 m vorgenommen, um tiefengeothermische Wärmeströme zur Wärmeabgewinnung zu nutzen. Allerdings sind solche sehr kostenintensiven und technisch aufwendigen Bohrungen nur effizient, wenn die entsprechenden geologischen Bedingungen gegeben sind. Dies ist der Fall, wenn in der relevanten Tiefe Grundwasserströme, so genannte Aquifere, vorhanden sind, aus denen Wärme entzogen werden kann [21]. Diese sind in Deutschland zum Beispiel im Norddeutschen Becken, im Molassebecken, im Oberrheingraben sowie im Großraum München zu finden [22]. Außerhalb dieser Gebiete werden nur vereinzelt Projekte realisiert.

Im Stadtgebiet von Aalen ist bisher kein größerer Aquifer in der relevanten Tiefe bekannt, da bis 4.000 m Tiefe noch keine Bohrungen bzw. Erkundungen der Geologie durchgeführt wurden. Die Wahrscheinlichkeit, auf nutzbare Aquifere zu stoßen, ist jedoch sehr gering. Daher ist hier derzeit kein Potenzial für eine effiziente Nutzung der Geothermie zu erwarten.

Zukünftig zu erwartende technische Fortschritte und Rationalisierungen können die Erkundung attraktiver machen und es könnte regional eine Untersuchung z.B. im Rahmen eines Forschungsprojekts erfolgen.

3.3.4 Wärmepumpen

Wärmepumpen erzeugen Wärme, in dem sie einem Medium in der Umgebung (wie z.B. Luft oder Erde) Wärme entziehen und diese in einen Heizkreislauf einspeisen. Es gibt dabei verschiedene Modelle und Wirkungsweisen. Die am meisten verbreitete ist die Luft-Wasser-Wärmepumpe, bei der der Umgebungsluft Kälte entzogen und über einen Wasserkreislauf im Heizungssystem verteilt wird. Da Umgebungsluft potenziell unbegrenzt zur Verfügung steht, wird das Potenzial hier durch die Identifizierung von effizienten Einsatzmöglichkeiten ermittelt.

Wärmepumpen arbeiten am effizientesten in Häusern mit einem hohen Dämmstandard und am besten in Kombination mit Fußboden- oder anderen Flächenheizungen. Der Grund dafür ist, dass Wärmepumpen bei Vorlauftemperaturen bis 55°C die höchste Effizienz bei der Wärmeerzeugung aufweisen. Da die Energieeffizienzverordnungen seit den 1990er Jahren deutlich erhöht wurden, trifft dies meist auf Häuser zu, die nach 1990 erbaut wurden. Diese Gebäude haben aufgrund der Energieeffizienzverordnungen in den meisten Fällen eine bessere Dämmung als ältere Gebäude, weshalb ein niedrigeres Temperaturniveau des Heizkreislaufes ausreichend ist. Außerdem gibt es bei neueren Gebäuden eine größere Anzahl von Gebäuden, die bereits über Fußboden- oder Flächenheizung verfügen.

Die Forschungsstelle für Energiewirtschaft hat für Deutschland eine so genannte „Wärmepumpen-Ampel“ erstellt [23]. Dabei wurde für einzelne Gemeinden berechnet, wie viele Wohngebäude in einer Gemeinde mit einer Wärmepumpe versorgt werden könnten.

Im Stadtgebiet Aalen können laut der Forschungsstelle für Energiewirtschaft mindestens 67 % der Wohngebäude mit Wärmepumpen versorgt werden. Dabei eignen sich 53 % der Gebäude in Aalen für Luftwärmepumpen, 50 % der Gebäude für Erdwärmepumpen und 22 % für Solar-Eisspeicher. Hierbei ist zu beachten, dass sich viele Gebäude für mehrere dieser Technologien eignen.

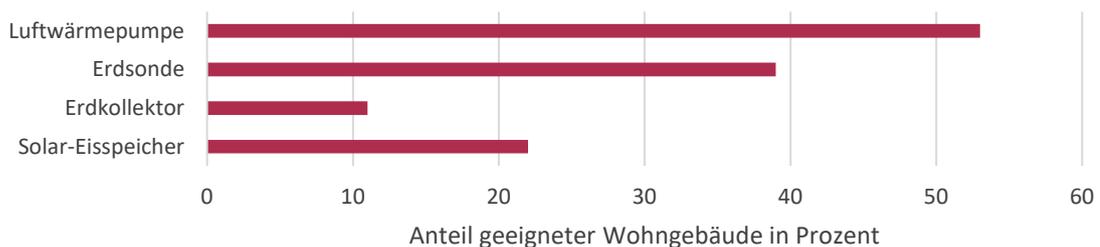


Abbildung 24: Wärmepumpen-Potenzial je Technologie in Aalen

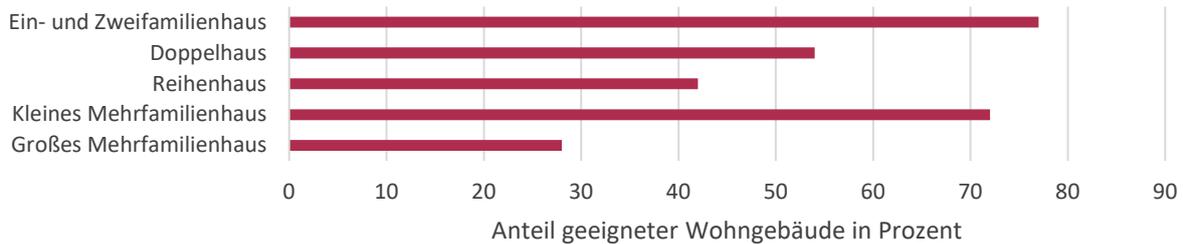


Abbildung 25: Wärmepumpenpotenzial je Gebäudetyp

Wärmepumpen eignen sich besonders für Ein- und Zweifamilienhäuser bis hin zu kleineren Mehrfamilienhäusern. Bei größeren Mehrfamilienhäusern müssen die Wärmepumpen eine hohe Leistung haben oder es werden mehrere Wärmepumpen eingesetzt. Aufgrund der verstärkten Nachfrage und des technischen Fortschritts erhöht sich aktuell das Angebot an Wärmepumpen mit höherer Leistung. Für welches Haus sich Wärmepumpen im Einzelfall eignen, kann zum Beispiel unter

<https://waermepumpen-ampel.ffe.de/rechner>

geprüft werden. In Baden-Württemberg muss beim Einsatz von Wärmepumpen kein bestimmter Mindestabstand zum Nachbargebäude eingehalten werden. Der von der Wärmepumpe erzeugte Schall, der das Nachbargrundstück erreicht, darf jedoch nachts 35 – 45 dB nicht überschreiten [24]. Neben der Eignung des Gebäudes sind die technischen und ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Landesbauordnung, Immissionsschutz) entscheidend für das tatsächlich realisierbare Potenzial für den Einsatz von Wärmepumpen. Die Einschätzung erfordert jedoch eine gebäudeweise Einzelbetrachtung.

Um den ökologischen Effekt beim Einsatz von Luftwärmepumpen zu erhöhen, wird empfohlen, die Wärmepumpe nach Möglichkeit mit einer Photovoltaikanlage zu kombinieren. Im besten Fall kann hier der Strom für die Wärmepumpe ökologisch erzeugt und durchschnittlich etwa ein Drittel des Strombedarfs des Gebäudes emissionsfrei gedeckt werden.

3.3.5 Abwasserwärmenutzung

Eine weitere regenerative Wärmequelle ist die Nutzung der Wärme aus Abwasser. Hierzu können zum einen Wärmetauscher in die Hauptsammler von Abwasserkanälen eingebaut werden, damit dem Abwasser Wärme entzogen wird und diese genutzt werden kann, um in Kombination mit einer Wärmepumpe ein Gebäude zu beheizen. Dies ist jedoch nur in begrenztem Umfang möglich, da die Abwasserkanäle hierfür eine Mindestdurchflussmenge aufweisen müssen und das Abwasser beim Erreichen der Kläranlage ein minimales Temperaturniveau haben muss, damit die Reinigungsprozesse in der Kläranlage optimal funktionieren können.

Eine weitere Möglichkeit der Abwärmenutzung aus Abwasser besteht im Ablauf der Kläranlage, über den das gereinigte Abwasser abgeleitet wird. Im Stadtgebiet Aalen betreibt die Stadtverwaltung insgesamt fünf Kläranlagen. Weiterhin wird ein Teil des Abwassers aus Aalen zur Kläranlage

Niederalfingen geleitet, an der die Stadt Aalen zu 80 % beteiligt ist [25]. Die Lage der größten Kläranlagen im Stadtgebiet von Aalen ist in Abbildung 26 zu sehen.

Da das Temperaturniveau im Kläranlagenablauf eine untergeordnete Rolle spielt, kann dort Wärme entzogen werden. Die Temperaturabsenkung des Wassers im Ablauf wird natürlich bzw. aus Sicht des Umweltschutzes begrenzt durch das Temperaturniveau des Flusssystemes in welches eingeleitet wird, hier die Kocher. Da das Temperaturniveau des Flusswassers durch den Klimawandel ohnehin höher ist als in der Vergangenheit und die eingeleiteten gereinigten Abwässer nur einen geringen Anteil am Flusswasser ausmachen, können hier größere Wärmemengen entzogen werden.

Wie groß das Potenzial ist, hängt davon ab, um welchen Temperaturunterschied das Wasser abgekühlt wird, um Wärme zu gewinnen. Laut Angaben der Stadtwerke Aalen liegt das Potenzial zur Wärmegewinnung aus dem Ablauf der Kläranlage Aalen-Hasennest zwischen 4,7 und 11,7 GWh im Jahr. Dabei wird von einer minimalen Einleittemperatur von 5 °C ausgegangen.

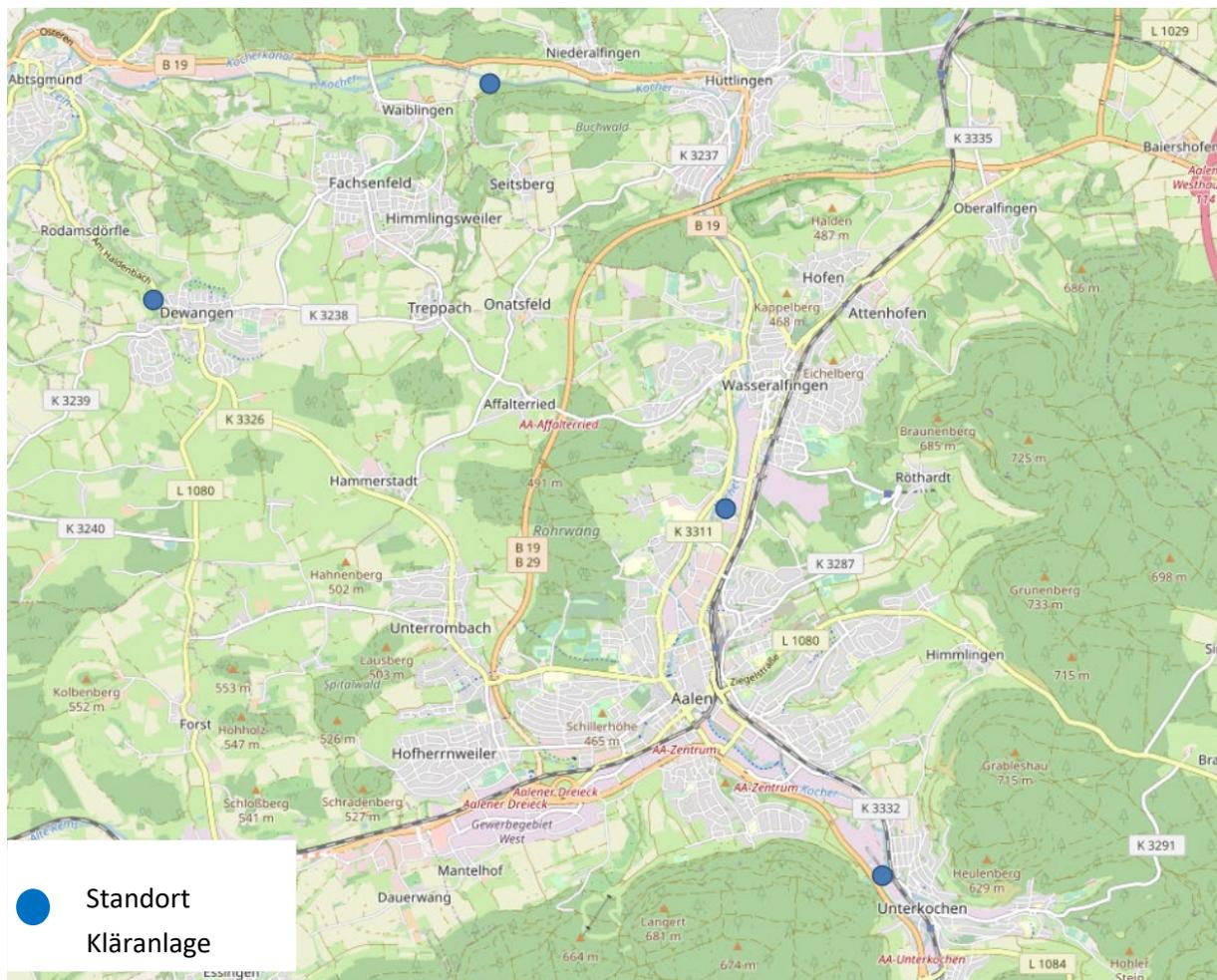


Abbildung 26: Lage Kläranlagen Aalen im Stadtgebiet

3.3.6 Flusswassernutzung

Nach einem ähnlichen technischen Prinzip wie bei der Abwasserwärmenutzung kann die Wärme über Wärmetauscher auch direkt aus Gewässern entzogen und zur Beheizung von Gebäuden genutzt

werden. Im Stadtgebiet von Aalen bietet sich dafür das Fließgewässer Kocher an. Es ist mit einer minimalen jährlichen Durchflussmenge von 1,0 m³/s der größte Fluss im Stadtgebiet [26]. Bei einer Absenkung der Flusswassertemperatur um 2 °C bietet der Fluss ein Potenzial zum Wärmeentzug von max. 8 MW Leistung. Dies setzt jedoch die Nutzung des gesamten Wasserlaufs voraus, was in der Praxis kaum möglich ist. Hinzukommt die niedrige Wassertemperatur im Oberlauf der Kocher von 6 – 7 °C. Diese erlaubt aus Sicht der Hydrologie als auch des Umweltschutzes gemäß Aussagen der Stadt Aalen keine wesentliche Abkühlung mehr.

Eine Nutzung in relevanten Größenordnungen kann daher ausgeschlossen werden. Lediglich für Einzelobjekte oder kleinere Nahwärmenetze ist eine Anwendung denkbar. Die Nutzung des Potenzials ist jedoch aufgrund des hohen Wartungsaufwandes der Wärmetauscher (schnelle Verunreinigung durch Flusswasserbestandteile) und des relativ niedrigen Temperaturniveaus der gewonnenen Wärme vergleichsweise aufwendig.

3.3.7 Nutzung von industrieller Abwärme

Im Rahmen der Energieleitplanung wurden Gespräche mit mehreren energieintensiven Unternehmen in Aalen geführt. Dabei wurden unter anderem die vorhandenen Potenziale von industrieller Abwärme der Unternehmen erfasst. Allerdings existierte bei einem Großteil der Unternehmen, mit denen Gespräche geführt wurden, keine Abwärme. Voruntersuchungen der Stadtwerke Aalen zu Abwärmepotenzialen im Bereich der Wärmeachse Süd flossen ebenfalls in die Energieleitplanung ein.

Tabelle 4: Erfasste Abwärmepotenziale der Stadtwerke Aalen und der ELP

Prozesse	Abwärme	Beschreibung
Abwärme aus Druckluft- und Kühlprozessen	250 – 7.500 kW	Produktionsabhängig, Temperaturniveau 38 – 80 °C, Wärmepumpe nötig
KWK-Abwärme, Abwärme aus Kühlprozessen	Bis 7.800 kW	Produktionsabhängig, Niedertemperaturniveau, Wärmepumpe nötig
KWK-Abwärme, Abwärme aus Kühlprozessen	Abgeschätzt bis 18 GWh	Produktionsabhängig, unterschiedliche Temperaturniveaus, vsl. Wärmepumpe nötig
Abwärme aus Kühlprozessen	Bis 500 kW	Diskontinuierlich, Temperaturniveau bis 60 °C, Wärmepumpe nötig
Unspezifiziert	Ca. 50 GWh, abgeleitet aus Prozessen und Energieeinsatz	produktionsabhängig, unterschiedliche Temperaturniveaus, vsl. Wärmepumpe nötig

3.4 Potenzial erneuerbarer Stromquellen

Neben erneuerbarer Wärme wird im größeren Maßstab auch erneuerbarer Strom benötigt. Zusätzlich zum gegenwärtigen Stromverbrauch werden zukünftig Strommengen für den Betrieb von Wärmepumpen (siehe Abschnitt 0), elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen, Kühlung und der Industrie benötigt.

3.4.1 Photovoltaik

Das größte Potenzial zur erneuerbaren Stromerzeugung im Stadtgebiet Aalen liegt im Bereich der Photovoltaikanlagen. Analog zum Potenzial für Solarthermie (siehe Abschnitt 3.3.2) kann dieses Potenzial sowohl auf Dachflächen als auch auf Freiflächen realisiert werden. Unter Berücksichtigung von Ausrichtung, Verschattung und Dachform wurden mit Hilfe von Laserscandaten der Gebäude geeignete Dachflächen für Photovoltaikanlagen in Aalen identifiziert.

Durch die Verknüpfung dieser Daten mit den Daten zur mittleren jährlichen Sonneneinstrahlung in Aalen [15], konnte das Potenzial für Dachflächen-Photovoltaikanlagen ermittelt werden. Die Gesamtfläche der für Photovoltaikanlagen geeigneten Dachflächen in Aalen beträgt ca. 2,3 Mio. m². Auf diesen Dachflächen könnte eine Strommenge von ca. 303 GWh/a erzeugt werden, was bilanziell ca. 105 % des Stromverbrauchs von Aalen im Jahr 2021 entspricht.

Ein Schwerpunkt sollte hier bei Umsetzung auf große Dachflächen, z.B. auf Produktions- oder Industriehallen gelegt werden. Dort sind entsprechend große Anlagen umsetzbar zu günstigeren spezifischen Kosten und die Erschließung des Potenzials kann zu Beginn schneller durch weniger, aber größere Vorhaben erreicht werden als mit einer kleinteiligeren Belegung von Wohngebäuden.

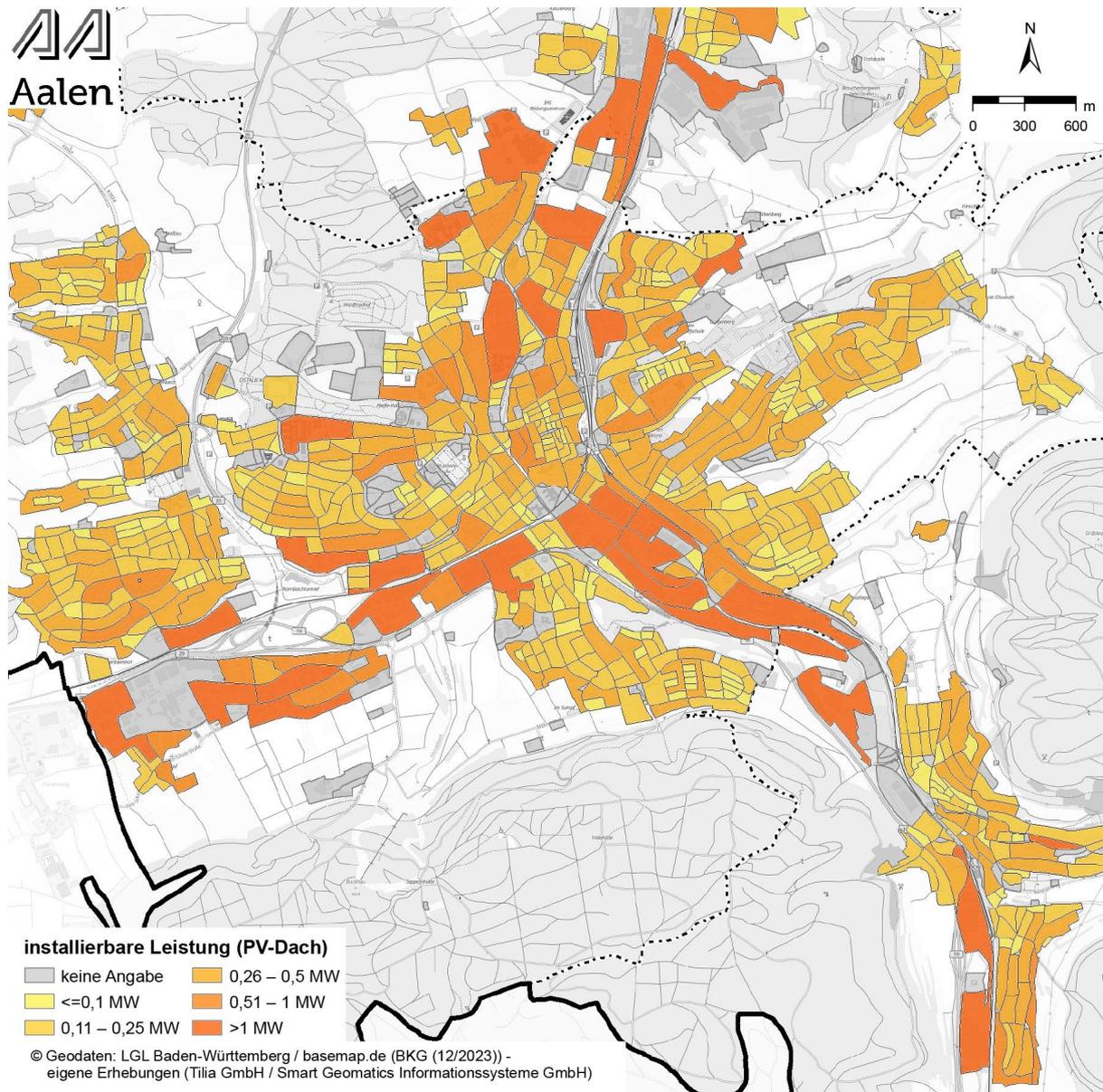


Abbildung 27: Potenzial PV-Dachanlagen im Stadtgebiet Aalen

Ob für das jeweilige Gebäude der Einsatz einer Dachflächen-Photovoltaik-, Solarthermie- oder PVT-Anlage effizient ist, hängt vom entsprechenden Strom- und Wärmelastgang des Gebäudes ab. Hier sind weitere Einzelfalluntersuchungen notwendig. Analog zu Solarthermieanlagen können zur Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen auch Freiflächen genutzt werden. Würden die in Abschnitt 3.3.2.2 vorgestellten Flächen, die nach Freiflächenöffnungsverordnung (FFÖ-VO) Baden-Württemberg [18] und mit der Stadt Aalen als geeignet für Solaranlagen identifiziert wurden, für die Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen genutzt, könnte eine Strommenge von bis zu 150 GWh/a erzeugt werden. Voraussichtlich wird jedoch eine größere Strommenge notwendig sein, als das hier ermittelte realisierbare Potenzial bietet. Es wird gemäß der Szenarioanalyse von einer maximalen Ausschöpfung des technischen Potenzials von 213 GWh/a bzw. 213 ha ausgegangen. Diese Flächen sind in den unten angegebenen Suchräumen verortet.

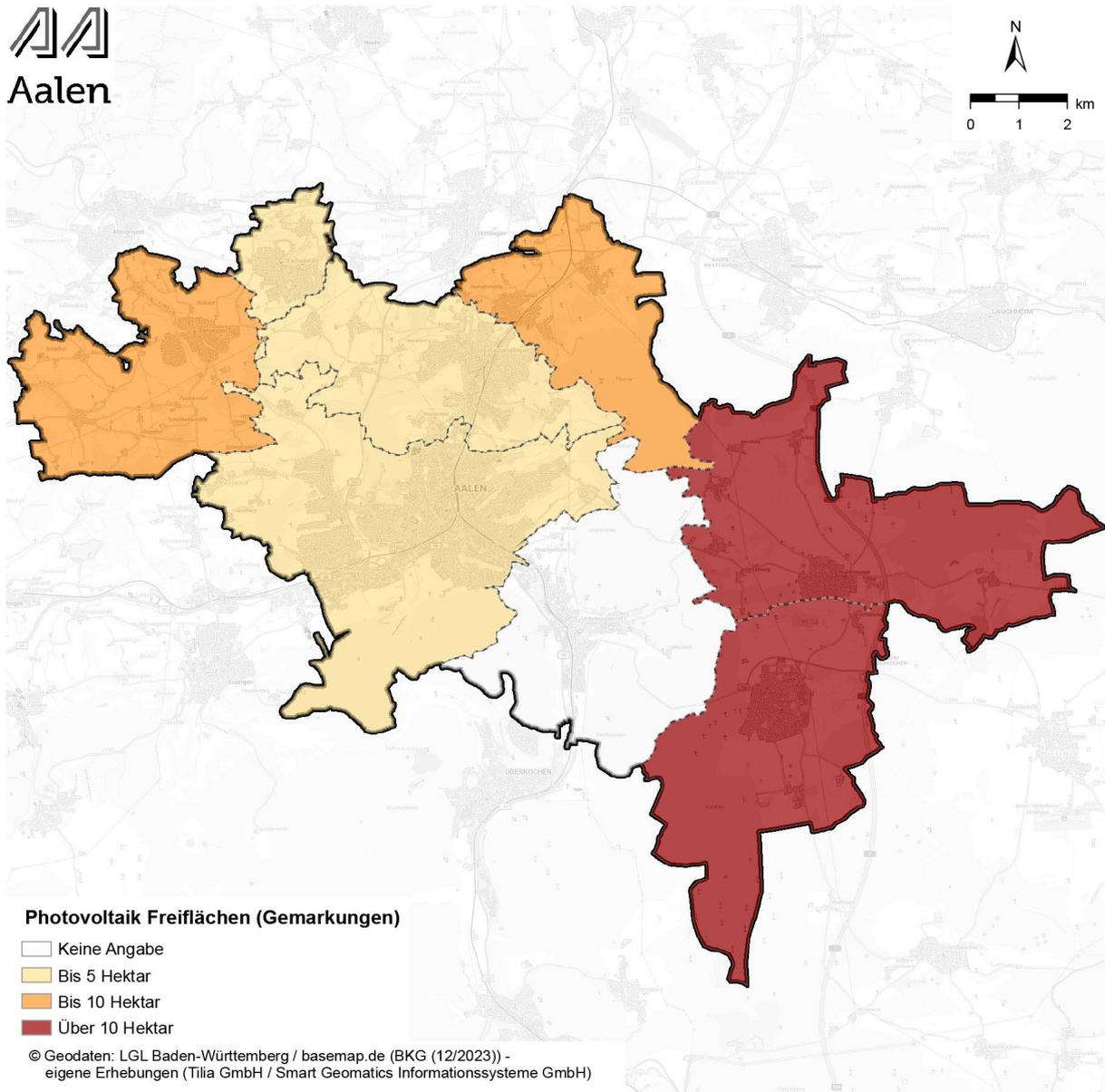


Abbildung 28: Suchräume Photovoltaik-Freiflächenanlagen

Ergänzend zu Dach- und Freiflächenanlagen können auch Fassadenflächen für die Stromerzeugung aus Photovoltaik genutzt werden. Dies eröffnet weitere Flächen, jedoch mit deutlich geringerer Effizienz aufgrund des schlechteren Einstrahlungswinkels und i.d.R. stärkerer Verschattung der Flächen im Tagesverlauf.

Ebenso können sogenannte Balkonkraftwerke eingesetzt werden, die als einzelne PV-Module installationsfertig an die Haushaltssteckdose angeschlossen und auf Balkonen oder Terrassen aufgestellt werden können. Die dafür zur Verfügung stehenden Flächen sind jedoch im Vergleich zu Dach- und Freiflächen als sehr gering einzustufen, da die Installation von vielen individuellen Faktoren abhängt (Ausrichtung, Verschattung, Konstruktion, persönliches ästhetisches Empfinden, rechtliche Einschränkungen im Baurecht).

3.4.2 Windenergie

In Aalen existieren bereits der mehrere Windparks mit jeweils anteilig Anlagen auf der Gemarkung Aalen:

- Windpark Waldhausen Statkraft, 7 Windkraftanlagen mit einer Kapazität von 14 MW [27]
- Windpark Waldhausen EnBW, 4 Windkraftanlagen mit einer Kapazität von 13,2 MW [28]
- Windpark Ebnat-Ochsenberg, 10 Windkraftanlagen mit 24 MW [29]

Gemäß Abfrage bei der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg erzeugten die Anlagen im Jahr 2018 eine Strommenge von 46,6 GWh. Dies wurde auch als Grundlage für die bestehende Windenergieerzeugung genutzt (vgl. Abschnitt 2.5) aus den oben genannten Anlagen.

Weitere Suchräume neben den bekannten Anlagen sind im öffentlich bekannten Regionalplan des Regionalverbandes Ostwürttemberg angegeben. Die Lage, der vom Regionalverband identifizierten Suchräume ist in Abbildung 29 dargestellt. Der Regionalplan wird aktuell überarbeitet, sodass zukünftig weitere Suchräume ausgewiesen werden können.

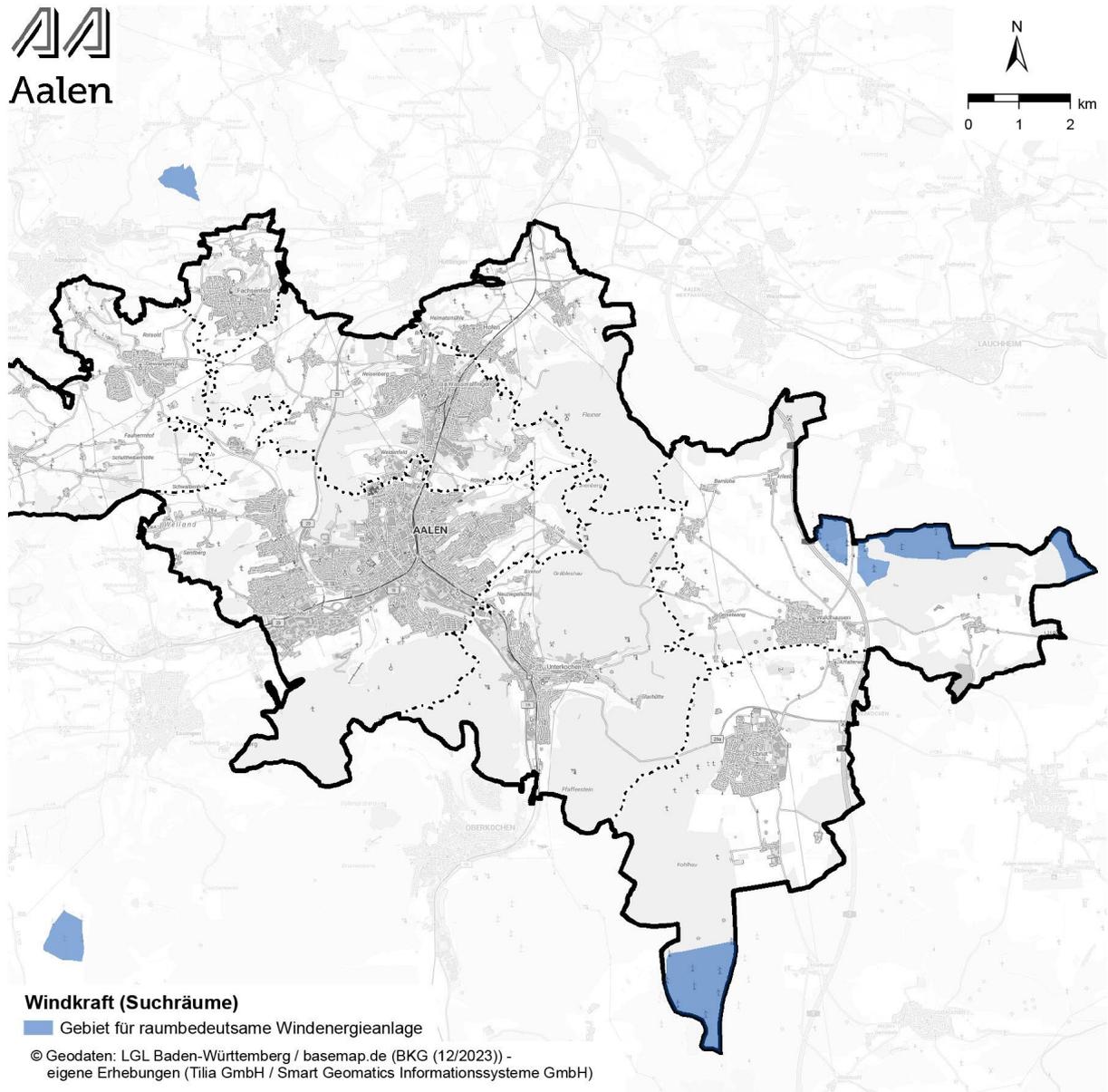


Abbildung 29: Suchräume für Windkraft im Stadtgebiet Aalen gem. Regionalplanung, Stand 2014

Weitere Suchräume für Windkraft im Stadtgebiet von Aalen sind im Energieatlas Baden-Württemberg [17] angegeben (siehe Abbildung 30). Die Größe der Suchräume für Windkraftanlagen im Stadtgebiet beträgt laut Energieatlas insgesamt 699 ha. In diesen Suchräumen könnten bis zu 302 GWh Strom pro Jahr durch Windenergieanlagen erzeugt werden. Dies entspricht ca. 104 % des Stromverbrauchs der Stadt Aalen im Jahr 2021.

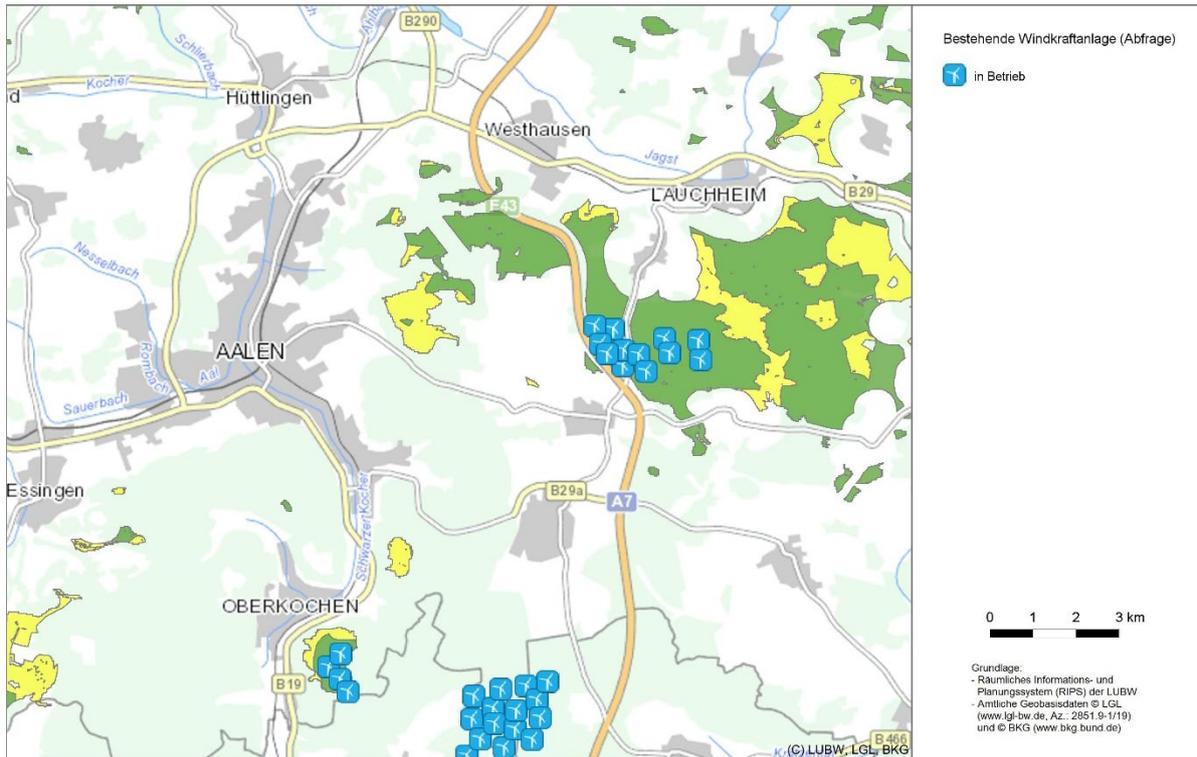


Abbildung 30: Windpotenzialflächen (grün...geeignete Flächen, gelb...bedingt geeignete Flächen) gemäß Energieatlas LUBW [17]

Es wird empfohlen, das Potenzial für Windkraft in Aalen erneut zu analysieren, sobald konkrete Planungen zum Bau von Windkraftanlagen vorliegen und der Regionalplan für Ostwürttemberg überarbeitet wurde. Derzeit findet ein Teilregionalplanung zur Windkraft mit der Prüfung von weiteren Suchräumen statt.

3.5 Wasserkraft

Im Energieatlas Baden-Württemberg sind mögliche Standorte für Wasserkraftanlagen im Stadtgebiet von Aalen abgebildet [17]. Allerdings wurde für diese Standorte eine grenzwertige Wirtschaftlichkeit ermittelt (siehe Abbildung 31). Im Rahmen der Untersuchungen zur Energieleitplanung wird empfohlen, dieses Potenzial weiter zu untersuchen, falls der Ausbau mit Photovoltaik- und Windkraftanlagen nicht ausreichen sollte. Dennoch ist nur von einem sehr geringen Potenzial im unteren dreistelligen kW-Bereich auszugehen.

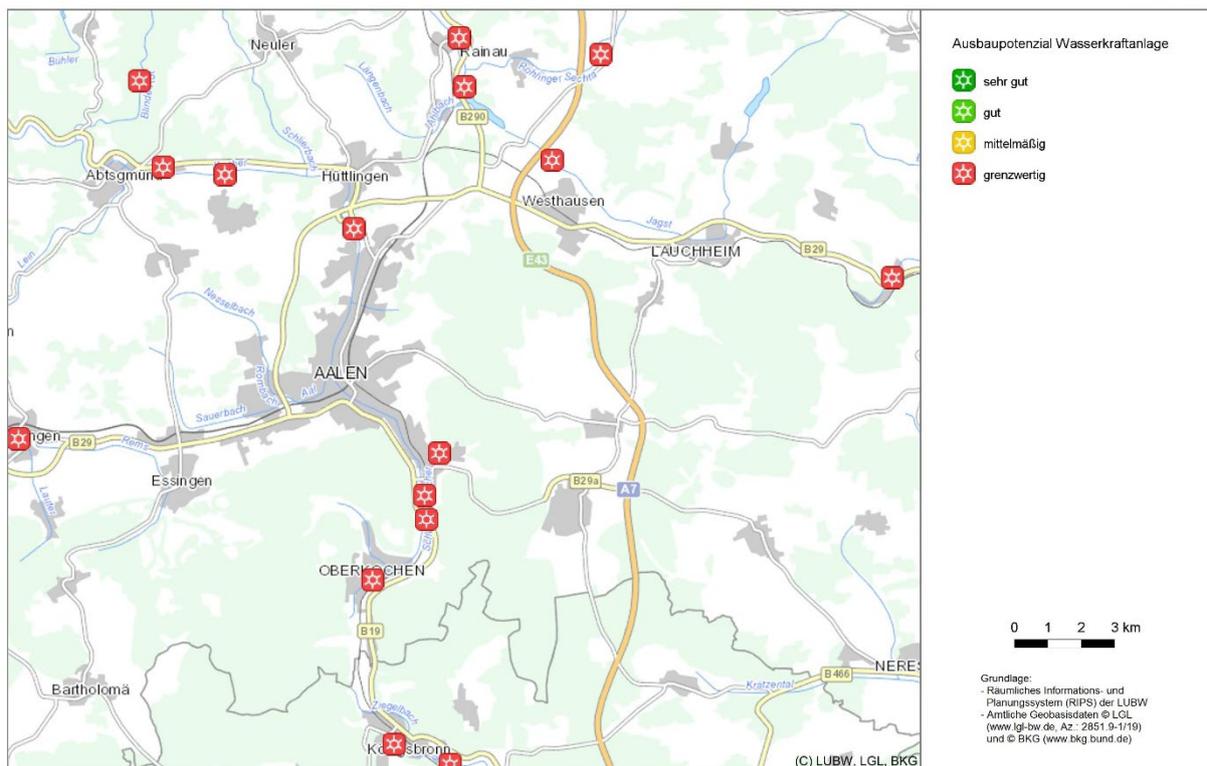


Abbildung 31: Ausbaupotenzial Wasserkraftanlagen gemäß Energieatlas LUBW [17]

3.6 Fazit

Die Abbildung 32 gibt einen Überblick über die im Rahmen der Energieleitplanung analysierten Potenziale. Es wird deutlich, dass die größten Potenziale im Bereich der Solarenergie liegen. Wie in den entsprechenden Abschnitten 3.3.2 und 3.4.1 beschrieben, sind hier jedoch die Flächenkonkurrenzen mit anderen Nutzungen sowie saisonale Effekte zu berücksichtigen.

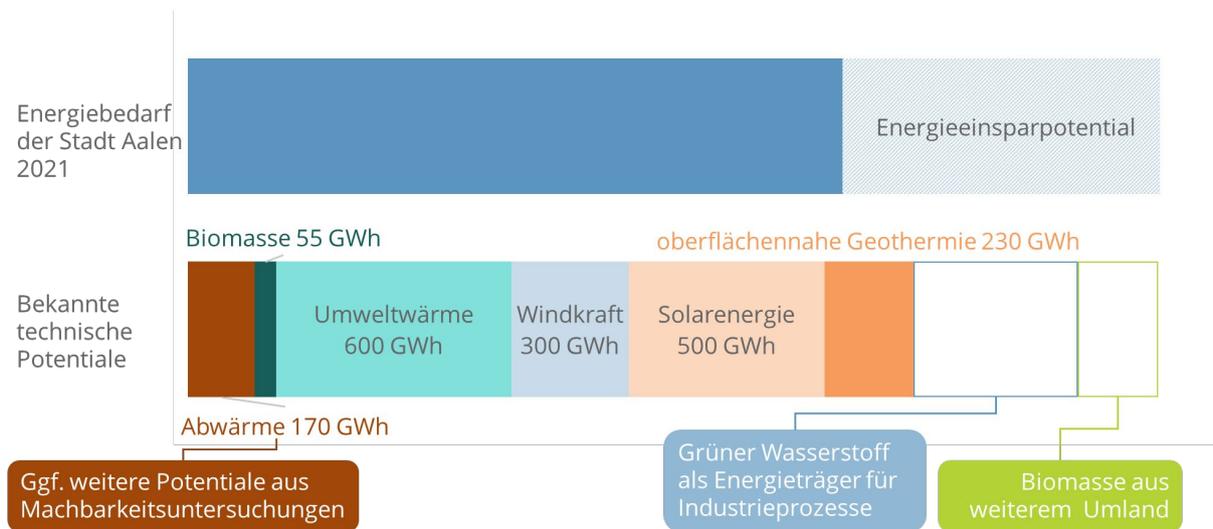


Abbildung 32: Übersicht Potenziale erneuerbarer Energien im Stadtgebiet Aalen

Abschließend ist der Gesamtendenergieverbrauch der Stadt Aalen im Jahr 2021 von 2.480 GWh dargestellt und den einzelnen benannten Potenzialen zur regenerativen Energieerzeugung gegenübergestellt. Diese haben je nach Entwicklungsstand und Datengrundlage einen unterschiedlichen Detaillierungsgrad (technisches Potenzial, bis hin zum realisierbaren Potenzial). Dabei ist auch das Energieeinsparpotential durch Effizienzgewinne oder Sanierung bis zum Jahr 2035 berücksichtigt.

Ein mittleres Potenzial zur Wärmeerzeugung wird in der Nutzung industrieller Abwärme gesehen. Diese umfasst lediglich die heute bekannten und erfassten Potenziale. Zusätzliche Potenziale können sich in weiteren Kooperationen zwischen Versorgern und Industrie im Rahmen von Machbarkeitsstudien ergeben und sind derzeit nicht bezifferbar.

Das Biomassepotential auf der Gemarkung Aalen ist begrenzt. Es umfasst das Potenzial aus Waldholz, Grünschnitt und Reststoffen. Die Nutzung von Biomasse über die Gemarkung Aalen hinaus ist zur Hebung des Potenzials möglich und voraussichtlich auch notwendig, insbesondere für Wärmenetze und Bestandsgebäude mit hohem spezifischen Energieverbrauch bzw. schlechtem Gebäudeenergieeffizienzstandard.

Umweltwärme aus Oberflächengewässern ist kaum vorhanden. Daher ist das Potenzial hier von der Wärmeerzeugung aus Luftwärmepumpen geprägt. Dies wird dadurch eingeschränkt, dass insbesondere im Gebäudebestand nicht jedes Gebäude für Luftwärmepumpen geeignet ist und die erforderlichen Heiztemperaturen nicht erzeugt werden können. Mit einer stärkeren Sanierungsaktivität kann sich das Potenzial noch erhöhen.

Das größte Potenzial hat die Solarenergie zur Strom- und Wärmeerzeugung, sowohl auf Dach- als auch auf Freiflächen. Dieses setzt sich grob aus 300 GWh aus Dachanlagen und 200 GWh aus Freiflächenanlagen zusammen. Die parallele Nutzung durch PVT-Module und die letztendliche Ausführung als Wärme- oder Stromerzeugungsanlage können das Gesamtpotenzial noch beeinflussen.

Geothermie in größerer Tiefe (>400 m) ist nach aktuellem technischem Stand in Aalen nicht verfügbar. Die oberflächennahe Geothermie stellt jedoch ein nutzbares Potenzial zur Wärmeerzeugung dar, ist jedoch stark standortabhängig.

Insgesamt reichen die Potenziale zur erneuerbaren Energieerzeugung nicht aus, um den Energiebedarf in Aalen vollständig zu decken. Wasserstoff ist als Potenzial aktuell noch nicht bezifferbar und von der Entwicklung der nationalen Wasserstoffwirtschaft und –infrastruktur abhängig. Eine Erschließung von Aalen ist ohne zusätzliche Bemühungen voraussichtlich erst nach 2035 möglich [30]. Dennoch kann Wasserstoff in der Industrie als Energieträger für Prozesswärmeerzeugung relevant sein, da andere technische Alternativen nicht oder nur zu hohem Aufwand umsetzbar sind (z.B. Elektrifizierung). Für die Wärmeversorgung und eine Verteilung im Verteilernetz wird Wasserstoff jedoch als nicht wettbewerbsfähig im Vergleich zu Biomasse oder Wärmepumpen angesehen.

4 Szenarioanalyse

Für die Energieleitplanung gibt der Gemeinderatsbeschluss der Stadt Aalen das Ziel einer klimaneutralen Energieversorgung bis 2035 vor. Dies bedeutet, dass durch die Energieversorgung spätestens im Jahr 2035 keine Treibhausgasemissionen mehr verursacht werden dürfen. Daraus ergibt sich, dass dem aufzustellenden Zielszenario 2035, die Dekarbonisierung der Energieversorgung zugrunde liegt.

Die Methode zur Bilanzierung der CO₂-Emissionen folgt dabei dem Ansatz der Bestandsanalyse, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Top-down (hoher Abstraktions- und Aggregationsgrad und Projizierung auf regionale und konkretere Bereiche) und Bottom-up-Ansätze (Aggregation regionale und detaillierter Daten auf höhere Ebenen zur Entwicklung eines Gesamtbildes) wurden dabei jedoch kombiniert, um auch eine räumliche Auflösung von Energiebedarfen und Emissionen abbilden zu können.

Aufgrund der sektorübergreifenden Zusammenhänge, beispielsweise zwischen einem verstärkten Einsatz von Wärmepumpen im Wärmesektor und dem daraus resultierenden Anstieg des Strombedarfs, erfolgte der Aufbau des Szenarios nach einem festgelegten Ablaufplan. Dieser wurde aus dem Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg [2] abgeleitet und adaptiert:

- Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs
- Definition von Eignungsgebieten für die Wärmeversorgung
- Definition der Wärmeversorgungslösungen in den Eignungsgebieten
- Ermittlung des zukünftigen Energiebedarfs nach Energieträgern im Sektor Verkehr
- Ermittlung des zukünftigen Strombedarfs
- Definition der Stromerzeugungslösungen
- Bilanzierung nach Endenergie und Treibhausgasen

Im Laufe der Erstellung ergab sich zudem der Ansatz zwei Szenarien zu betrachten. Hintergrund war, dass mit den aktuell vorhandenen Ressourcen und Regularien eine Klimaneutralität nur schwierig zu erreichen ist. Da sie dennoch erklärtes Ziel und Rahmenbedingung für den Energieleitplan ist, sollten die beiden Szenarien das Spannungsfeld und die notwendigen Maßnahmen und Veränderungen aufzeigen. Die beiden Szenarien stellen sich wie folgt dar:

- Szenario 1
Dieses stellt bereits ein zielgerichtetes Engagement zur Erreichung der Klimaneutralität unter Nutzung der heute verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen sowie im Rahmen des bestehenden Genehmigungs- und Flächennutzungsrechts dar. Die Klimaneutralität wird jedoch nicht bis 2035 erreicht.
- Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035)
Dieses Szenario zeigt, wie die THG-Neutralität in der Stadt Aalen bis 2035 erreicht werden kann und welche Ressourcen und Veränderungen in der Infrastruktur dafür notwendig sind. Die

Umsetzbarkeit bis zum Jahr 2035 ist dabei äußerst herausfordernd und wird unter den aktuellen Rahmenbedingungen als nicht erreichbar eingeschätzt. Um dennoch die notwendigen Maßnahmen und deren Dimensionen zu erfassen, wurde das Szenario als Leitfaden zur Klimaneutralität erstellt. Sollte eine Umsetzung angestrebt werden, sind hierfür vor allem die ordnungspolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu schaffen.

4.1 Entwicklung Wärmebedarf

Von der IST-Bilanz ausgehend, können Reduktionsfaktoren pro Sektor genutzt werden, um die Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs abzubilden [2]. Für die Sektoren GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen), Industrie und kommunale Liegenschaften wurden Faktoren für die Stützjahre 2029 und 2035 aus der für Baden-Württemberg maßgeblichen Studie des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg verwendet [8]. Hierbei wurde sich auf das in der Studie verwiesene Referenz- und Zielszenario gestützt.

Abweichend davon wurde für die Haushalte und für die Sanierung von Gebäuden ein Bottom-up-Ansatz gewählt und die Energieeinsparungen adressscharf ermittelt. Dabei wurden pro Szenario bei gleicher Sanierungstiefe unterschiedliche Sanierungsraten angesetzt. Im Zuge dieses Prozesses erfolgt eine Abschätzung der Gebäudehüllflächen, wobei der Wärmebedarf für jedes Gebäude anhand typischer U-Werte, Lüftungsverluste sowie innerer und solarer Gewinne berechnet wird. Die Einbeziehung verbesserter U-Werte gemäß eines zukunftsfähigen Energiestandards ermöglicht für jedes einzelne Gebäude eine optimierte Berechnung des Wärmebedarfs.

Methodisch wurden unsanierte Gebäude mit dem schlechtesten spezifischen Wärmebedarfen zuerst saniert. Folgend sind die Ansätze pro Szenario tabellarisch abgebildet.

Tabelle 5: Ansätze zur Entwicklung des Wärmebedarfs bis 2035

Sektor	Szenario 1	Szenario 2
Private Haushalte	Sanierungsrate 1 % Sanierungstiefe EH70	Sanierungsrate 2 % Sanierungstiefe EH70
GHD	Sanierungsrate 1 % Sanierungstiefe EH70	Sanierungsrate 2 % Sanierungstiefe EH70
Industrie	Einsparquote 8,8 %	Einsparquote 12,8 %
Kommunale Liegenschaften	Sanierungsrate 1 % Sanierungstiefe EH70	Sanierungsrate 2 % Sanierungstiefe EH70

Die sich ergebenden Wärmebedarfe für die Stützjahre 2021, 2029 und 2035 ergeben sich gemäß folgender Abbildung.

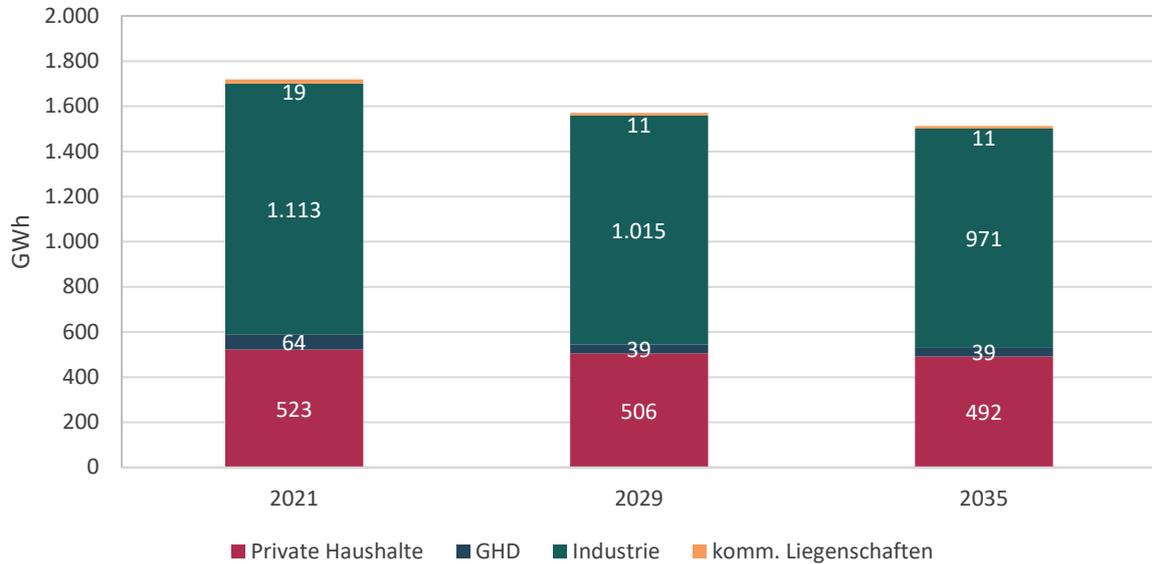


Abbildung 33: Entwicklung des Wärmebedarfs im Szenario 1

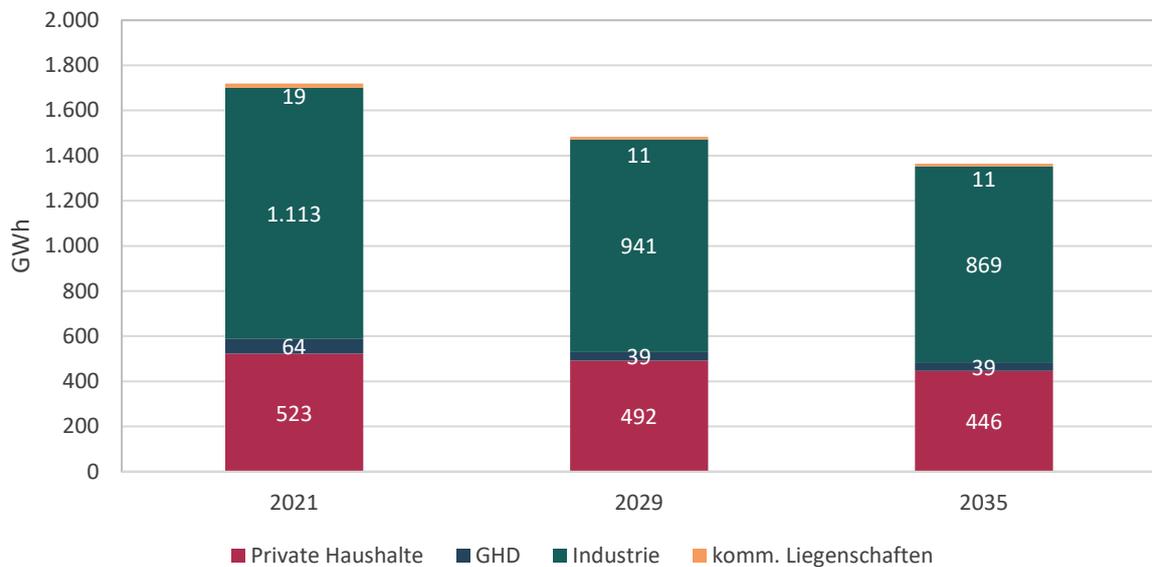


Abbildung 34: Entwicklung des Wärmebedarfs im Szenario 2

4.2 Wärmeversorgung

4.2.1 Eignungsgebiete

Der Folgeschritt ist die Einteilung in Eignungsgebiete für Wärmenetze und für Einzelversorgungslösungen bzw. kleine Nahwärmenetze. Dieser Schritt ist so weit auch relevant, da dieser Empfehlungen für Wärmenetzvorranggebiete gibt, welche im Sinne des GEG Bedeutung für den Heizungstausch und damit für Gebäudeeigentümer haben. Prinzipiell gilt nach GEG die Pflicht für Neubauten spätestens ab dem 01.07.2028 einen Anteil von 65 % erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung zu erreichen. Für Bestandsgebäude gilt dies i.d.R. bei Austausch der Heizung. In Wärmenetzvorranggebieten können diese Fristen jedoch verlängert werden, wenn die Aussicht auf den Anschluss an ein Wärmenetz besteht. Eine nachfolgende Festlegung einzelner Wärmenetzvorranggebiete gibt also eine erhöhte Planungssicherheit für Gebäudeeigentümer.

Maßgebend für die Einteilung ist dabei die räumlich aufgelöste Wärmedichte bzw. hier die Wärmelinienindichten aus der Bestandsanalyse. Ausgehend von der Wärmelinienindichte werden Grenzwerte für die Abgrenzung von Eignungsgebieten festgelegt.

Tabelle 6: Wertebereiche der Wärmelinienindichte für Eignung von Wärmenetzen

Wärmelinienindichte	Einschätzung der Eignung
>4.000 kWh/m	Hohe Eignung für Wärmenetze
3.000 – 4.000 kWh/m	Mittlere Eignung für Wärmenetze
2.000 – 3.000 kWh/m	Mögliche Nahwärmeinseln
<2.000 kWh/m	Eignung für Einzelversorgungslösungen

Bei eingeschränkter Eignung für Wärmenetze können auch Nahwärmeinseln eine Möglichkeit zur Wärmeversorgung sein. Geeignete Gebiete sind mit niedrigerer Priorität versehen. Diese befinden sich in der Regel in der Nähe von größeren Einzelverbrauchern wie Schulzentren, Bädern, Krankenhäusern oder Betrieben mit verfügbarem Abwärmepotenzial. Im Gegensatz dazu sollte bei einer hohen Eignung für Wärmenetze die zukünftige Wärmeplanung auf die Entwicklung eines umfassenden Konzeptes für Wärmenetze ausgerichtet sein. In diesem Zusammenhang wurden Gebiete mit besonders hoher Eignung für Wärmenetze identifiziert.

Die Wertebereiche der Tabelle 6 bewerten die Eignung von Wärmenetzen dabei nur pauschal zur Abgrenzung von Einzelversorgungsgebieten. Unberücksichtigt bleiben dabei Faktoren wie Kosten für die Wärmeerzeugung, die Verlegekosten oder der mögliche Anschlussgrad. Eine Einschätzung hierzu kann mit Hilfe empirischer Werte erfolgen, wurde aber in diesem Fall in Abstimmung mit der Stadtverwaltung und den Stadtwerken qualitativ vorgenommen. Dadurch wurde eine weitere Detaillierung der Gebiete erreicht, die neben dem theoretischen Potenzial auch das technische und wirtschaftliche Potenzial sowie das realisierbare Potenzial für Wärmenetze berücksichtigt.

Daraus ergeben sich die folgenden Abstufungen für die Wärmenetzgebiete:

Tabelle 7: Kategorisierung Wärmenetzgebiete

Wärmenetzgebiet	Beschreibung
Fernwärmegebiete Bestand	In diesen Gebieten sind bereits größere und kleinere Wärmenetze in Betrieb. Der Fokus in diesen Gebieten liegt daher auf der Verdichtung. Aufgrund der Gebäudestruktur wird von konventionellen Wärmenetzen ausgegangen.
Fernwärmeuntersuchungsgebiete Kategorie 1	Diese Gebiete weisen eine hohe Eignung (mittlere Wärmedichten 3.000 bis > 4.000 kWh/m) für Wärmenetze auf. Zudem befinden sie sich in Nähe von Bestandsgebieten, was eine Erweiterung dieser ermöglicht oder in der Nähe größerer Verbraucher, welche als Ankerkunden dienen. Es kann daher von einem erhöhten Anschlussgrad und einer darstellbaren wirtschaftlichen Umsetzung ausgegangen werden. Die Wettbewerbsfähigkeit ggü. Einzellösungen ist jedoch noch in einer Machbarkeitsuntersuchung zu betrachten. Aufgrund der Gebäudestruktur wird von konventionellen Wärmenetzen ausgegangen.
Fernwärmeuntersuchungsgebiete Kategorie 2	Diese Gebiete weisen eine mittlere bis hohe Eignung (mittlere Wärmedichten 3.000 bis 4.000 kWh/m) für Wärmenetze auf und befinden sich ebenfalls in Nähe zu Bestandsnetzen oder Großverbrauchern. Jedoch ist aufgrund der Gebietsstruktur mit einer geringeren Anschlussquote zu rechnen, weshalb der wirtschaftliche Betrieb noch geprüft werden muss. Aufgrund der Gebäudestruktur wird von konventionellen Wärmenetzen ausgegangen. Eine mögliche Unterteilung in einzelne Niedertemperaturbereiche ist jedoch abhängig von den Gegebenheiten denkbar.
Mögliche Fernwärmeuntersuchungsgebiete	Diese Gebiete weisen eine mittlere Eignung (Wärmedichten < 3.000 kWh/m) für Wärmenetze auf oder haben das Potenzial für Nahwärmeinseln. Grundsätzlich empfiehlt sich in diesen Gebieten eine weitere Eingrenzung anhand von Anschlusspotenzialen und Wirtschaftlichkeit, um weitere Untersuchungsgebiete auszuweisen. Je nach Eingrenzung kommen neben konventionellen auch Niedertemperaturnetze in Frage.

Zusätzlich zu den empfohlenen Wärmenetzgebieten werden auch Gebiete ausgewiesen, die für Einzelversorgungslösungen oder kleine Nahwärmenetze geeignet sind. Diese haben auf Grundlage der Wärmedichten und eingegrenzter Wirtschaftlichkeit keine Eignung für größere Wärmenetze. Einzellösungen auf Gebäudeebene sind daher vorzuziehen. In Einzelfällen, gerade im ländlichen Raum,

können sich jedoch Opportunitäten ergeben, die kleine Nahwärmeinseln, z.B. in der Nähe von Biogasanlagen, ermöglichen.

Daneben empfiehlt es sich, Neubaugebiete grundsätzlich bereits im Bebauungsplanverfahren auf ihre Eignung für Fernwärme- oder Niedertemperaturnetze anhand der Bebauungsstruktur und der örtlichen Gegebenheiten zu prüfen. Eine explizite Ausweisung als Wärmenetz- oder Einzelversorgungsgebiet unterstützt Bauherren dabei schon vor Baubeginn bei der Entscheidung für eine Heizungslösung.

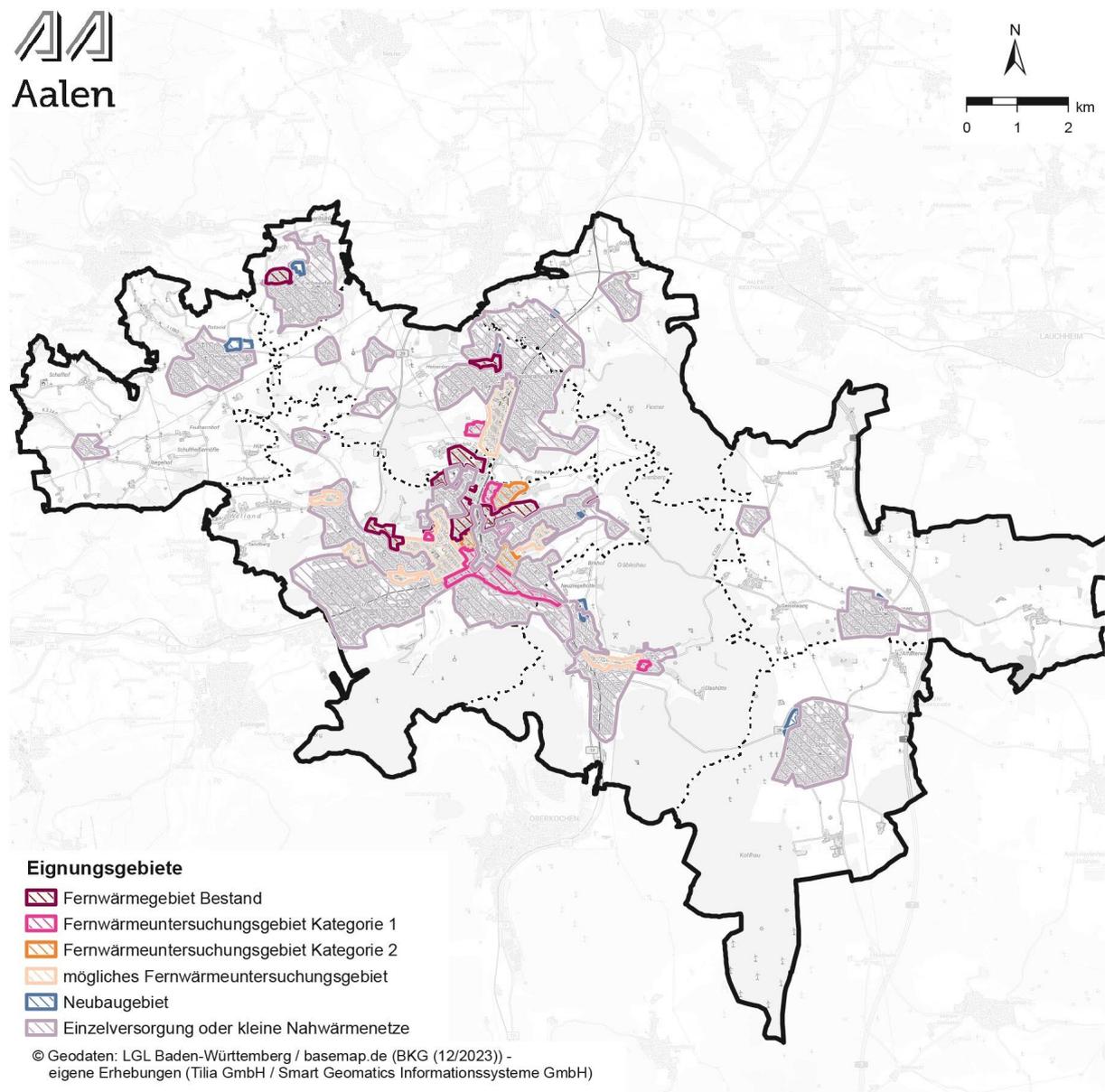


Abbildung 35: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien

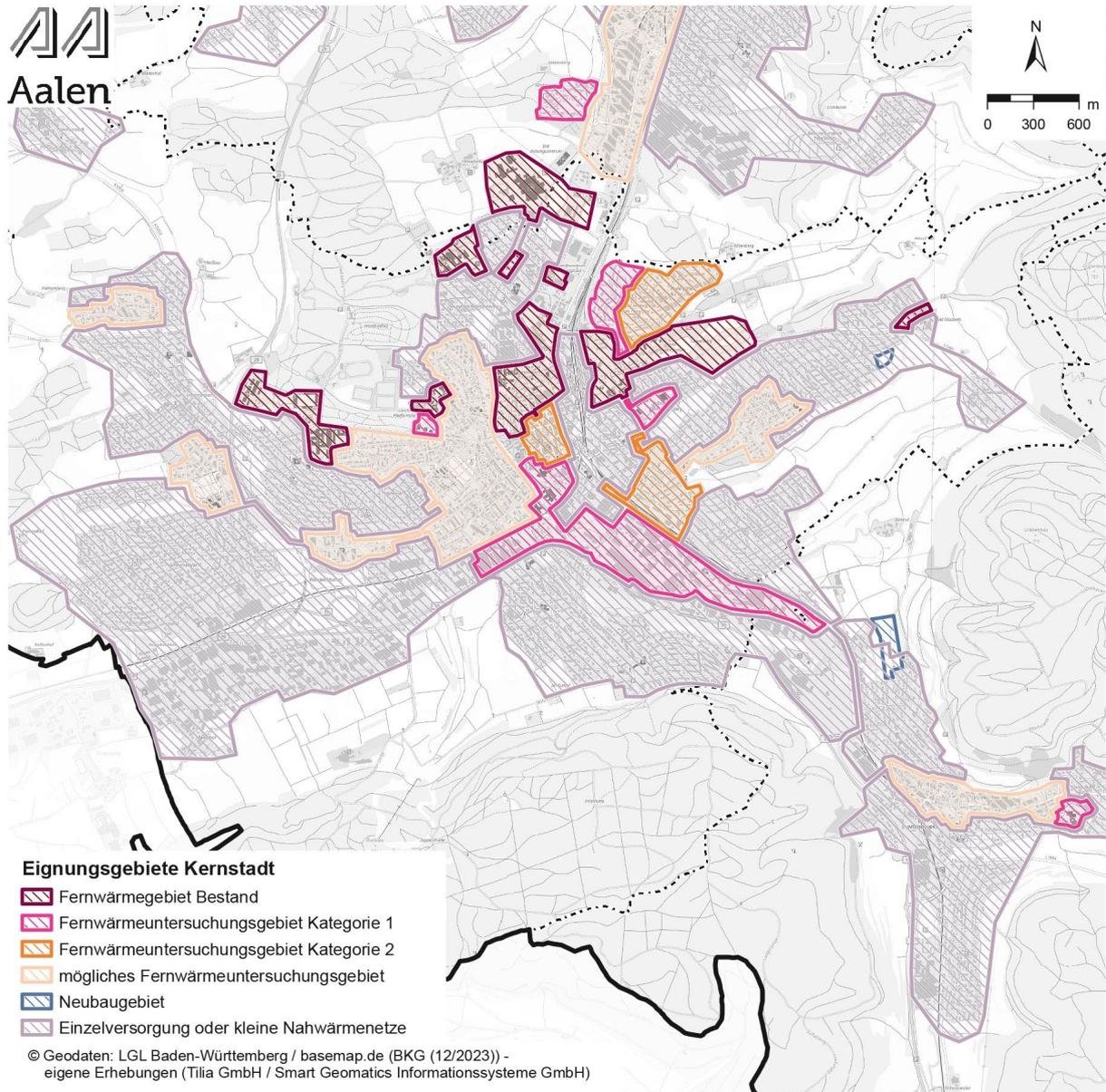


Abbildung 36: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Kernstadt

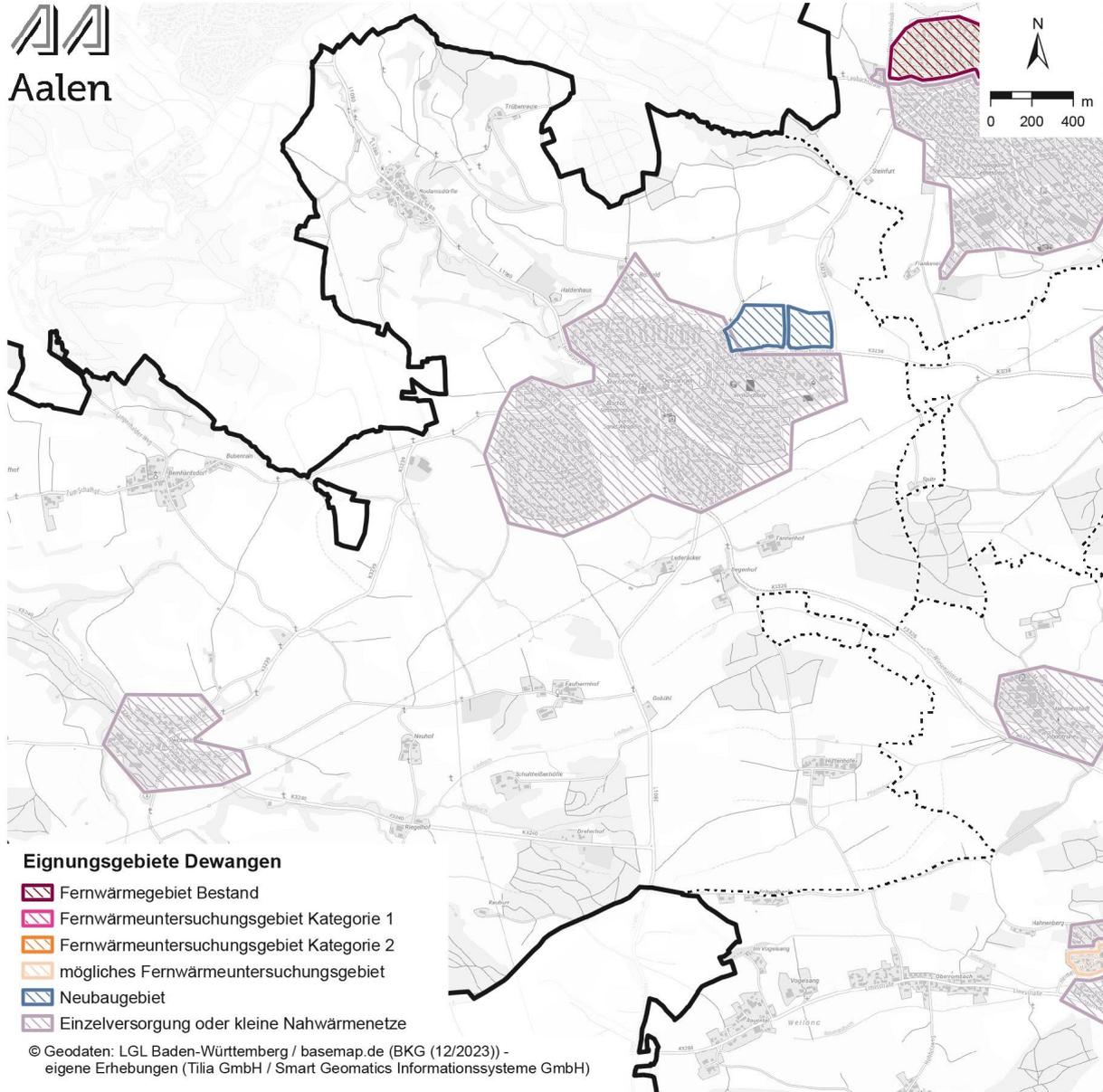


Abbildung 37: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Dewangen

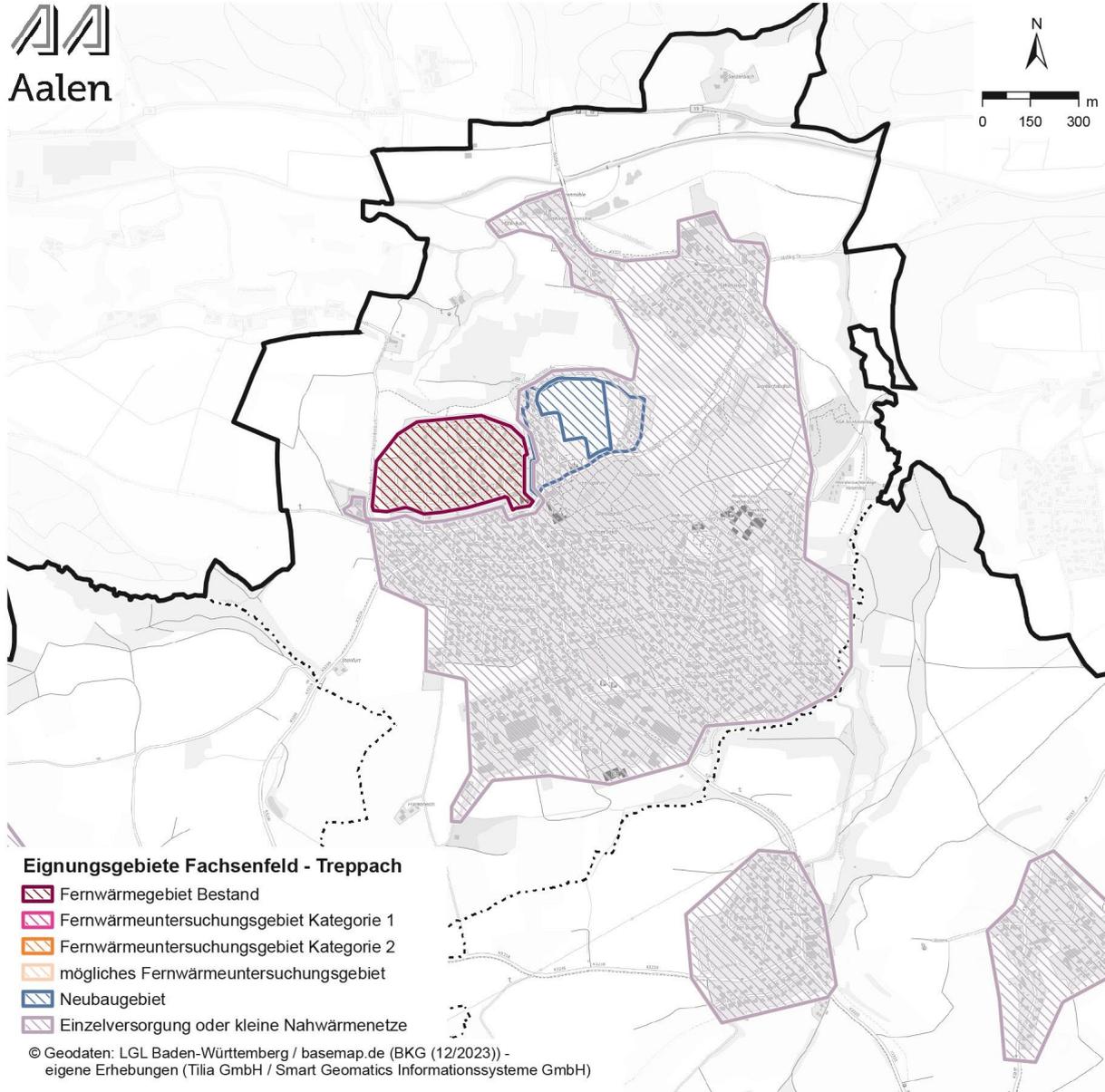


Abbildung 38: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Fachsenfeld – Treppach

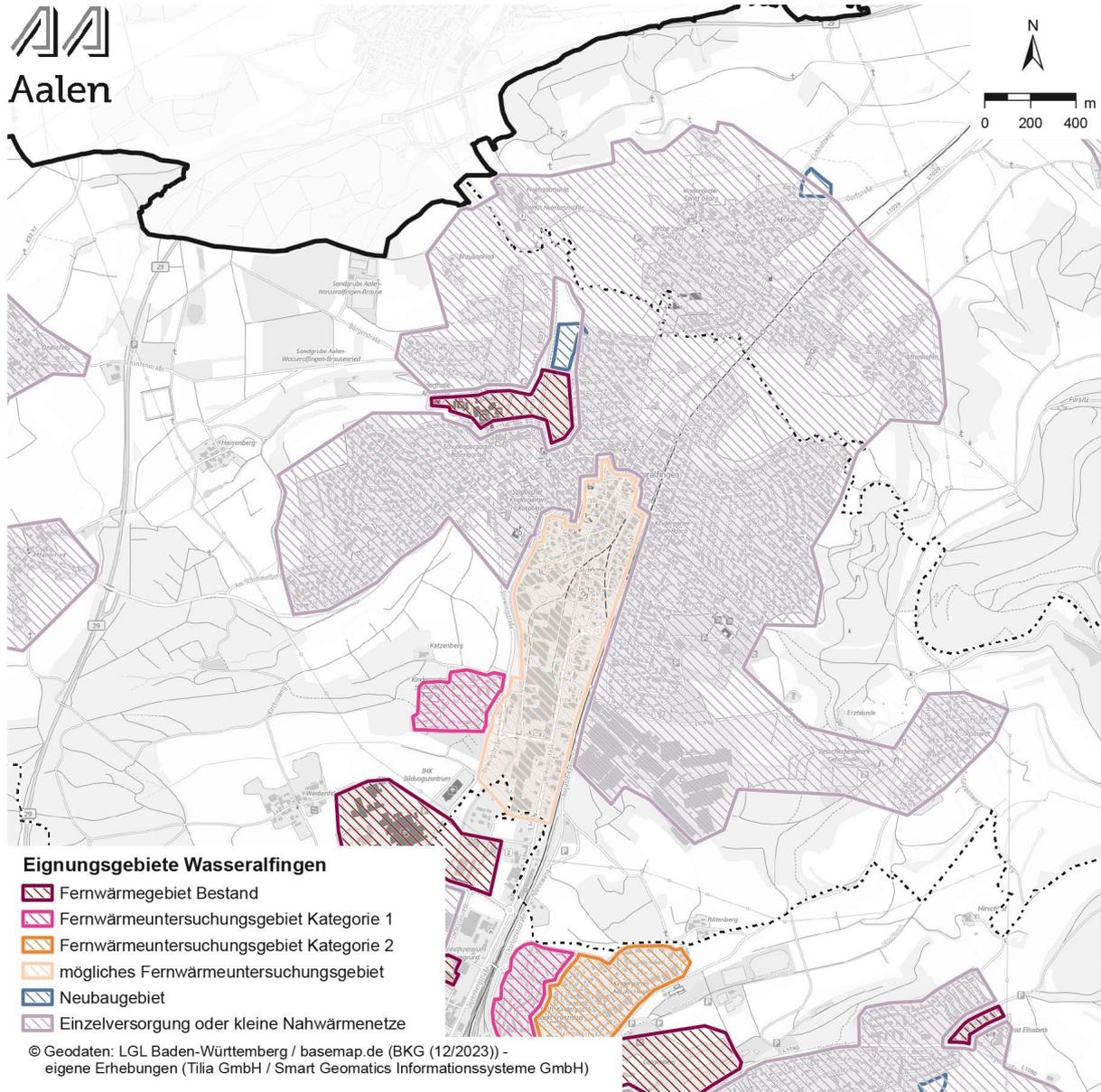


Abbildung 39: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Wasseralfingen - Hofen

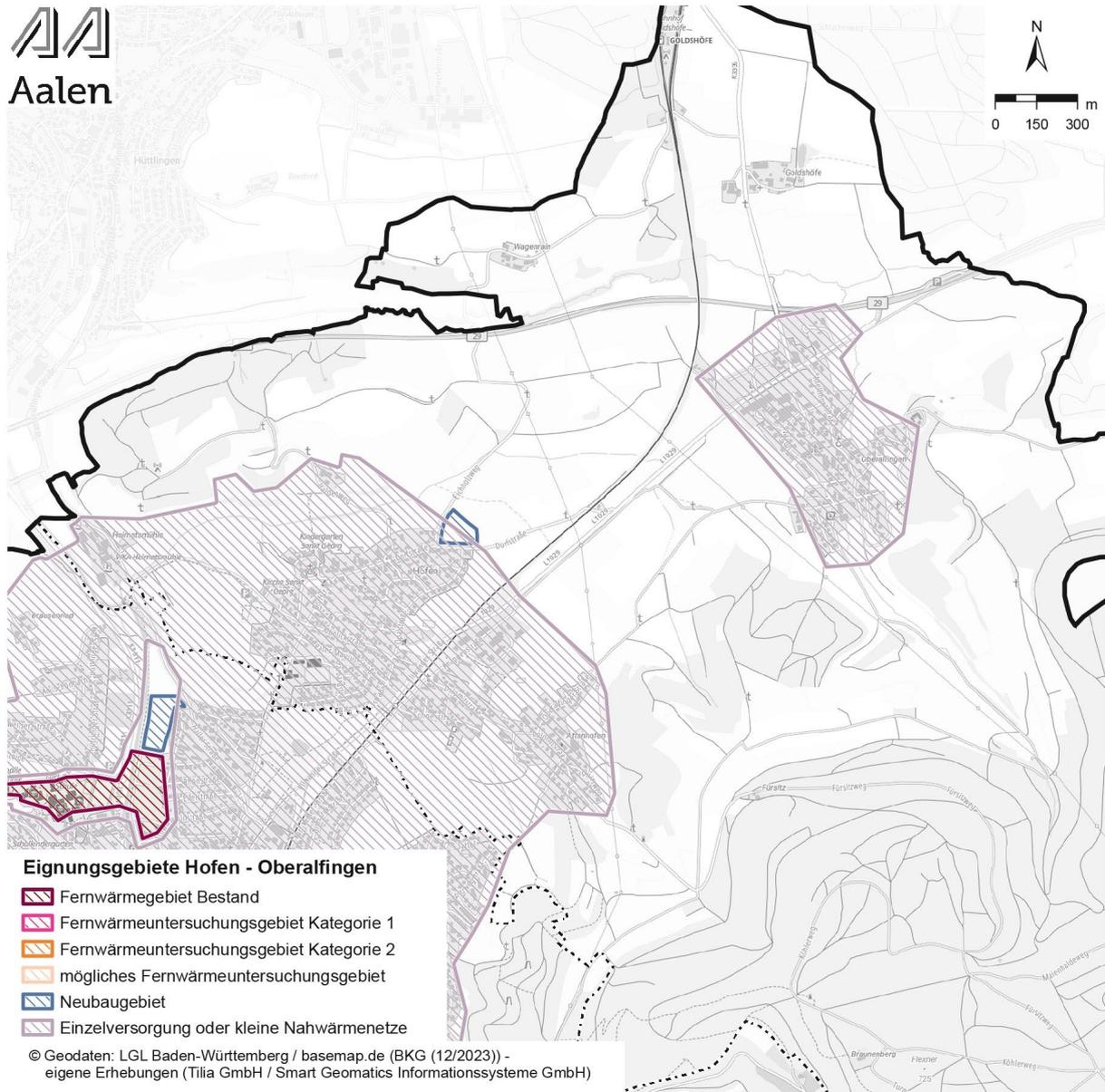


Abbildung 40: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Hofen – Oberalfingen

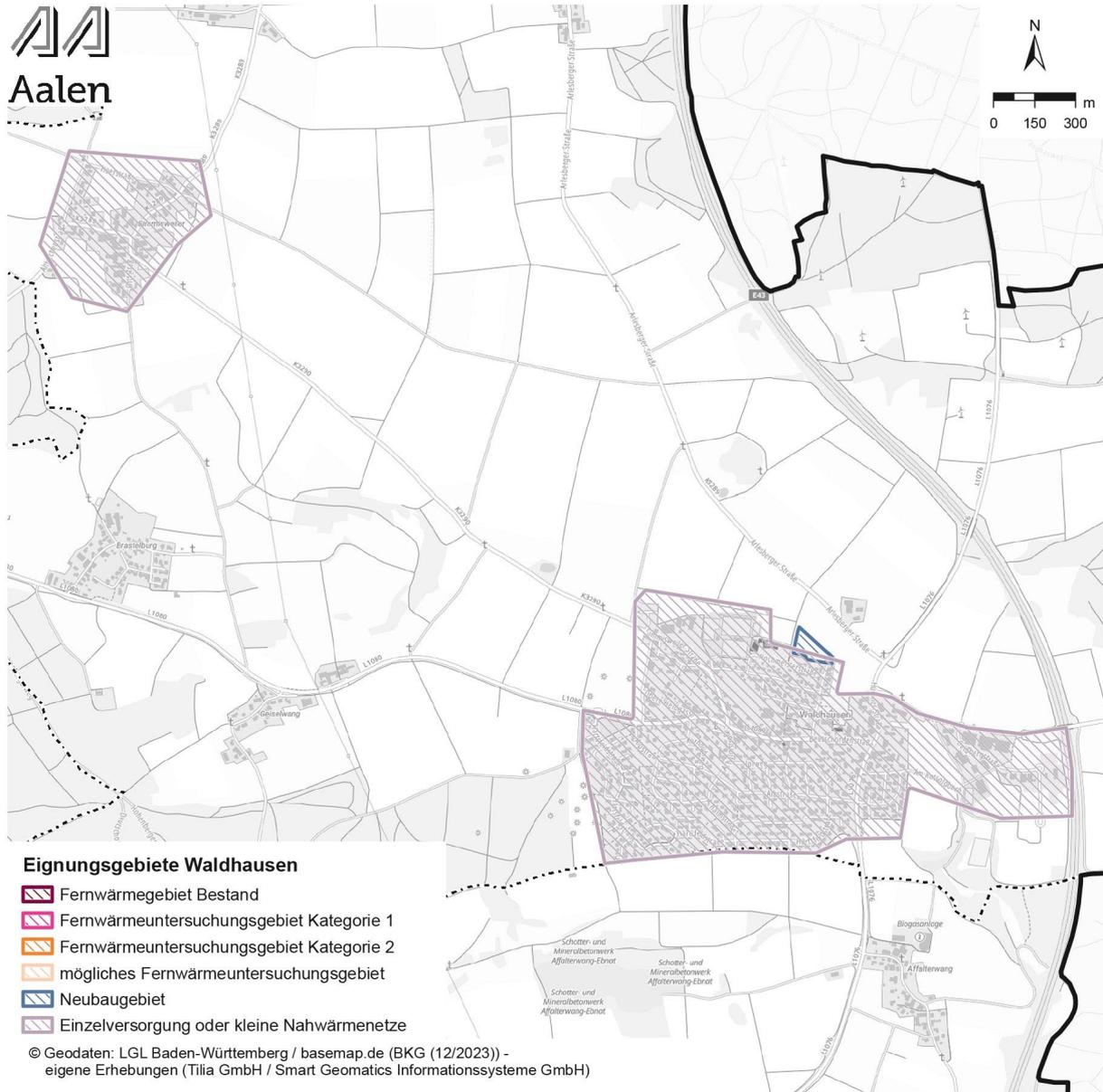


Abbildung 41: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Waldhausen

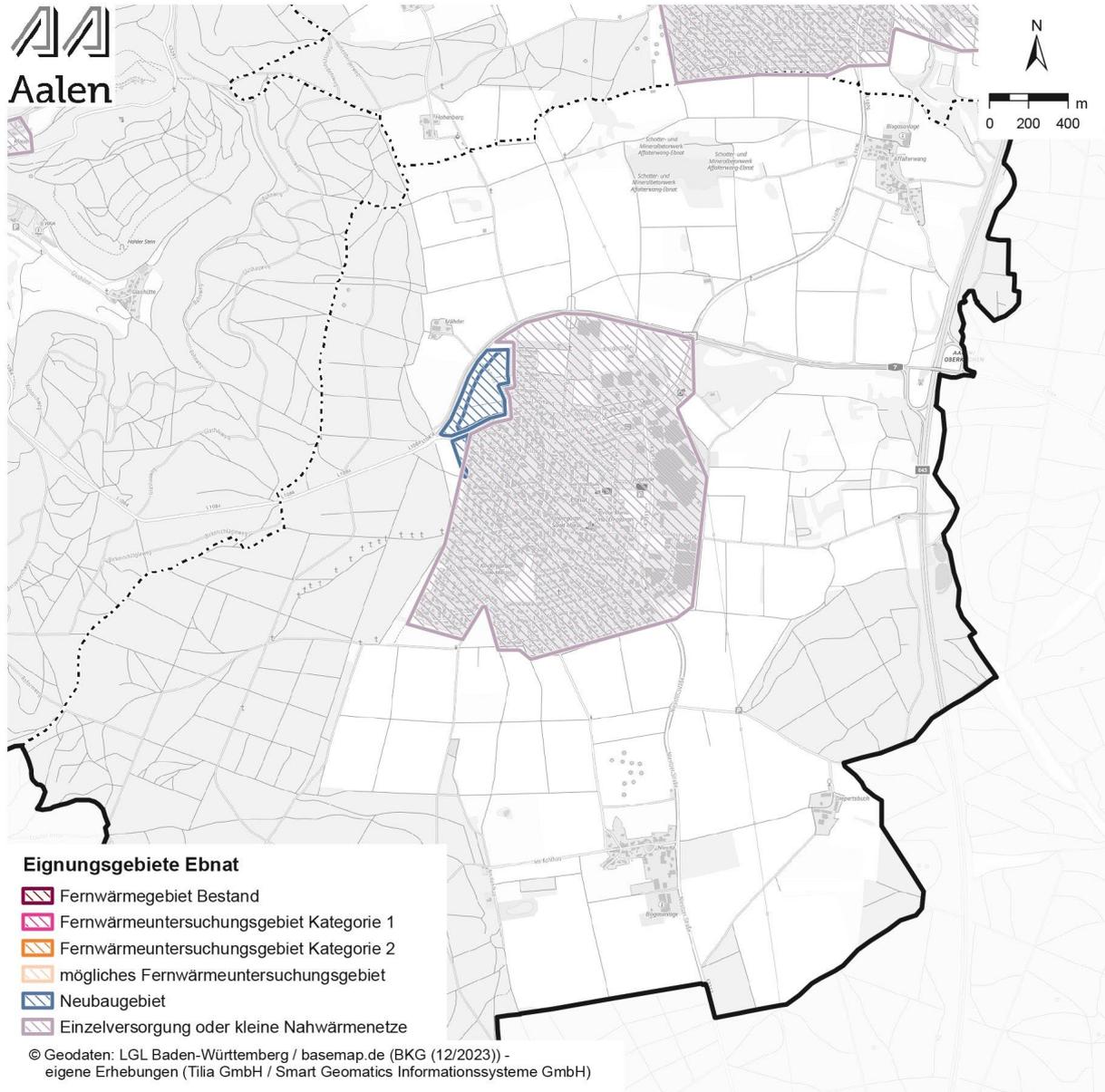


Abbildung 42: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Ebnet

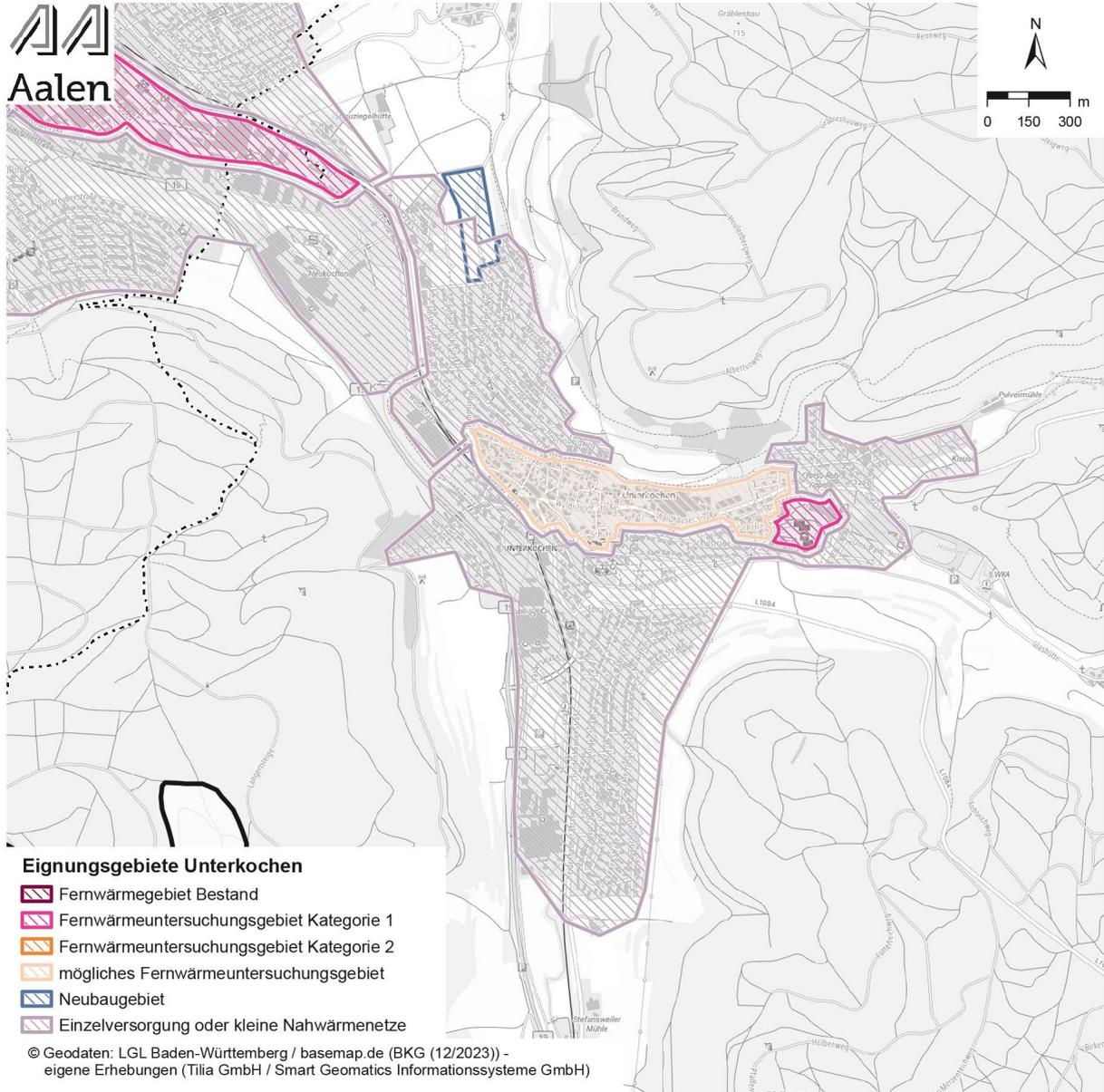


Abbildung 43: Übersicht der Eignungsgebiete nach Kategorien in Aalen – Unterkochen

4.2.2 Wärmeversorgung in den Wärmenetzgebieten

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse wurden genutzt, um einen Erzeugungsmix räumlich zugeordnet abzubilden. Dies dient dazu, die Wärmeversorgung in den Netzen darzustellen. Für Abwärmepotenziale wurden teilweise Annahmen aufgrund von Erfahrungswerten getroffen, die noch durch Machbarkeitsuntersuchungen validiert werden müssen. Zudem wurden einzelne Gebiete zusammengefasst als Fernwärmeverbund, wenn diese in räumlicher Nähe zueinander lagen. Dies vereinfacht die Modellierung und Abbildung der Wärmenetze. Es gibt jedoch keine Vorgabe, welche Verbindungen am besten geeignet sind. Hierfür sind in der tatsächlichen Umsetzung deutlich mehr Informationen zur Entscheidungsfindung notwendig. Für eine Strategieentscheidung und modellhafte Ermittlung der Energieerzeugung, war der Ansatz jedoch ausreichend.

Da hauptsächlich Bestandsgebäude zu versorgen sind und nicht von einer flächendeckenden Sanierung auszugehen ist, wird für alle betrachteten Untersuchungsgebiete ein konventionelles Temperaturniveau zwischen 80 und 95 °C angenommen, bei witterungsabhängig gleitender Fahrweise. Niedertemperaturnetze kommen lediglich in Neubaugebieten in Frage. Die Grundlage ist dabei das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) in Aalen. Der Ausbau erfolgt auch in weniger geeigneten Untersuchungsgebieten.

Grundlegend wird eine Anschlussquote in den Fernwärmeuntersuchungsgebieten von 70% verwendet. Das heißt, bezogen auf den Wärmebedarf werden in den Szenarien 70% durch leitungsgebundene Wärmeversorgung in den ausgewiesenen Fernwärmeuntersuchungsgebieten gedeckt, die restlichen 30 % durch Einzelversorgungslösungen. Letztere orientieren sich dabei an den im Folgenden beschriebenen Szenarien zur dezentralen Wärmeversorgung mit einem vergleichbaren Erzeugungsmix. Erfahrungsgemäß ist eine Fernwärmeanschlussquote im Bestand von 40 – 50 % üblich. Eine solche Quote ist in der Regel auch Voraussetzung für eine ausreichende Auskömmlichkeit der Fernwärmeversorgung. Vor dem Hintergrund des hohen Anspruchs, einer langfristigen Steigerung der Anschlussquote und einer steigenden Nachfrage nach Fernwärme, wurde für die Szenarien jedoch die höhere Quote angesetzt.

Tabelle 8: Untersuchungsgebiet und Fernwärmeverbund

Fernwärmeverbund	Untersuchungsgebiete
Aalen	Westliche Kernstadt, Walkstraße/Ziegelstraße, Innenstadt, Wärmeachse Süd, Aalen, Rötenberg Heide Ost, Rötenberg Heide West, Tannenwäldle, Galgenberg, Westliche Gartenstraße
Greut	Greut, Schubart Gymnasium
FH- Im Burren	FH - Im Burren
Maiergasse	Maiergasse
Schloßäcker	Schloßäcker
Weißer Steige	Weißer Steige
Neßlau	Neßlau
Unterkochen	Unterkochen, Waldhäuser Straße
Unterrombach	Unterrombach
Wasseralfingen	Westheim, Wasseralfingen Süd

Die Erzeugung in den bestehenden Wärmenetzen (Aalen, Greut, FH – Im Burren, Maiergasse, Weißer Steige, Schloßäcker) wird hauptsächlich durch Erdgas- bzw. Biomethan-KWK, Biomasse und Erdgaskessel sichergestellt. Damit erreicht die leitungsgebundene Wärmeversorgung schon gute Primärenergiefaktoren, jedoch noch keine Klimaneutralität. Zur Erreichung dieser wird daher ein Austausch der Erzeugungsanlagen angenommen. Dies ist eine Vereinfachung, erlaubt jedoch eine Vergleichbarkeit.

Die Fernwärmeverbünde Greut, FH-im Burren, Maiergasse, Schloßäcker und Weißer Steige setzen sich zu großem Teil aus den bestehenden Wärmenetzen mit kleineren Erweiterungsgebieten zusammen. Gleichzeitig befinden sich die Gebiete meist in urban bebauten Gebieten ohne Nähe zu Abwärmquellen. Daher wird angenommen, dass ein hoher Anteil an Biomasse vorhanden ist. Zusätzlich werden im Sommer Großwärmepumpen mit Luft als Primärquelle eingesetzt. Gleiches gilt für neu zu errichtende Fernwärmeverbünde in Neßlau und Unterrombach.

Für den Verbund Wasseralfingen, welcher das Gewerbegebiet um die Wilhelmstraße einschließt, ist ein moderates Abwärmepotenzial sowie um Westheim die Errichtung einer Solarthermieanlage berücksichtigt. Ergänzt wird die Wärmezeugung auch hier durch Biomasse und Großwärmepumpen.

Im Verbund Unterkochen wird das Abwärmepotenzial durch die naheliegende Papierfabrik als höher eingeschätzt. Dieses ist nicht endgültig verifiziert und kann damit auch höher liegen. Für die Bilanzierung wurde angenommen, dass ca. 5 GWh bzw. etwa die Hälfte des Wärmebedarfs daraus

gedeckt werden können. Eine Kombination aus Wärmepumpe und Biomasse kann den restlichen Wärmebedarf decken.

Der Fernwärmeverbund Aalen um das Bestandsnetz Aalen ist der mit Abstand größte Wärmeverbund. Als Wärmequellen werden hier industrielle Abwärme und die Abwärme aus Kläranlagen angenommen. Für die Nutzung im Fernwärmenetz ist eine bzw. mehrere Wärmepumpen für einen Temperaturhub notwendig. Die Abwärme ist dabei nur zum Teil (ca. 30 GWh) validiert. Machbarkeitsuntersuchungen sind zur Verifizierung weiterer Abwärmequellen notwendig. Weiterhin ist die Errichtung einer Solarthermieanlage auf Brachflächen oder in Randanlagen des Wärmeverbundes als Möglichkeit in Betracht gezogen worden. Ergänzt wird die Wärmeerzeugung durch Biomasse, z.T. auch aus der bestehenden Erzeugung und Luftwärmepumpen.

Tabelle 9: Wärmeerzeugung pro Quelle in den Fernwärmeverbänden im Jahr 2035 für das Szenario 2

Fernwärmeverbund	Abwärme	Biomasse	Solarthermie	Sole-WP	Luft-WP	Summe
Einheit	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Aalen	50.100	31.500	6.300	16.400	21.400	125.700
Greut	-	1.900	-	-	500	2.400
FH - Im Burren	-	4.400	-	-	1.100	5.500
Maiergasse	-	2.800	-	-	700	3.500
Schloßäcker	-	1.700	-	-	400	2.100
Weißer Steige	-	800	100	-	200	1.100
Neßlau	-	2.700	-	-	700	3.400
Unterkochen	5.000	3.000	-	-	2.000	10.000
Unterrombach	-	4.800	-	-	1.200	6.000
Wasseralfingen	4.200	10.500	2.100	-	4.200	21.000
Summe	59.300	64.100	8.500	16.400	32.400	180.700

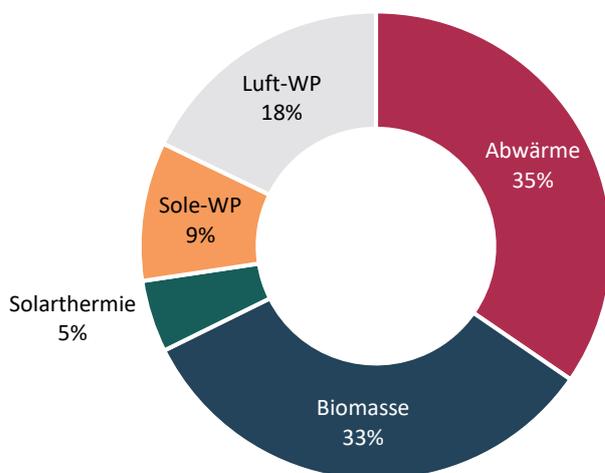


Abbildung 44: Anteile der Wärmeerzeugung in den Wärmenetzen im Jahr 2035 für das Szenario 2

Zwar wurde eine Begrenzung des Biomasseanteils an der leitungsgebundenen Wärmeerzeugung angestrebt, dennoch reicht das regionale Biomassepotenzial (55 GWh) nicht aus, die Bedarfe (ca. 65 - 75 GWh, heizwertbezogen) zu decken. Daher ist ein Bezug von Biomasse aus einem erweiterten Umkreis der Stadt Aalen voraussichtlich notwendig.

Neben der Wärmeerzeugung wurde auch der notwendige Netzausbau betrachtet. Pro Untersuchungsgebiet sind anhand der Straßenzüge Verteilleitungen zur Erreichung aller im Gebiet befindlichen Gebäude ausgelegt und pro Gebäude eine Hausanschlussleitung (HAL) mit kürzester Verbindung zur nächstliegenden Verteilleitung angenommen. Die Auslegung erfolgte automatisiert anhand der Katasterdaten im Geoinformationssystem. In Summe ergibt sich ein Netzausbau von über 100 km und damit eine Verfünfachung der bestehenden Wärmenetze, wenn gemäß Szenario 2 alle möglichen Fernwärmeuntersuchungsgebiete erschlossen werden (siehe Tabelle 8 bzw. Abbildung 35).

Tabelle 10: Netzausbau in den Fernwärmeverbänden in Metern

Fernwärmeverbund	Trassen	HAL	Summe
Einheit	m	m	m
Aalen	36.000	39.000	75.000
Greut	-	-	-
FH - Im Burren	-	-	-
Maiergasse	-	-	-
Schloßäcker	-	-	-
Weißer Steige	-	-	-
Neßlau	2.000	4.000	6.000
Unterkochen	5.000	4.000	9.000
Unterrombach	2.000	2.000	4.000
Wasseralfingen	9.000	6.000	15.000
Summe	54.000	55.000	109.000

Zur Abschätzung der Wärmekosten pro Fernwärmeverbund wurde der Technikkatalog der KEA [4] zugrunde gelegt mit einem Aufschlag von 30 % pro Position. Ergänzt wurde dies durch aktuelle Preisannahmen für Energieträger und Abwärme. Betriebskosten wurden als jährliche Anteile von den Investitionskosten in Anlehnung an die VDI 2067 berücksichtigt. Da Preise und Kostenannahmen regional und insbesondere bei Abwärmeprojekten und Leitungsverlegung deutlich schwanken können, ist pro Fernwärmeverbund eine plausible Preisspanne als Kostenindikation angenommen worden. In diesen Kosten enthalten sind die Kosten zur Wärmeerzeugung, der Wärmeverteilung als auch übergeordnete Kosten für Vertrieb und eine Renditeerwartung. Somit ergeben sich erwartbare Preisannahmen für Endkundenpreise auf heutigen Kosten- und Energiepreisniveaus.

Tabelle 11: Mögliche Wärmekosten in den Fernwärmeverbänden

Fernwärmeverbund	Wärmemischpreis, netto in €/MWh
Aalen	170 - 250
Greut	180 - 260
FH - Im Burren	170 - 250
Maiergasse	170 - 250
Schloßäcker	170 - 250
Weißer Steige	160 - 240
Neßlau	270 - 400
Unterkochen	190 - 280
Unterrombach	210 - 310
Wasseralfingen	190 - 290

Da über ein Viertel der leitungsgebundenen Wärmeerzeugung im Szenario aus elektrischen Wärmepumpen erzeugt wird, ist mit einem zusätzlichen Strombedarf für die Wärmeversorgung in Höhe von ca. 17 GWh zu rechnen, bei heute erreichbaren Effizienzgraden von Großwärmepumpen zwischen 2,5 und 3,5 (COP).

4.2.3 Dezentrale Wärmeversorgung

4.2.3.1 Vorgehen in den Szenarien

In den Gebieten, in denen Einzelversorgungslösungen bzw. kleine Nahwärmenetze bevorzugt werden, wurde adressscharf in Abhängigkeit des Szenarios, der Austausch der Heizungsanlage abgebildet. Der Austausch folgte dabei einem definiertem Entscheidungspfad. Grundlage hierfür waren das Baujahr und die Art der Heizung aus den Schornsteinfegerdaten, die Wärmebedarfsanalyse und die Sanierungsrate.

Für den Sektor der privaten Haushalte und Wohngebäude wurde im ersten Schritt entschieden, wann ein Heizungstausch stattfindet. Für das Szenario 1 erfolgte dies jeweils nach 30 Jahren Nutzungsdauer.

Für das Szenario 2 erfolgte dies spätestens 2035 und abhängig vom Heizungsalter absteigend gleichmäßig verteilt über den Zeitraum 2024 – 2035.

Im zweiten Schritt wurde entschieden, welche Heizung als Ersatz infrage kommt. Hierfür wurde anhand der öffentlichen Daten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. [23] geprüft, welcher Anteil der Gebäude in Aalen für eine Wärmepumpe geeignet ist (siehe 3.3.4). Zur direkten Gebäudezuordnung ist angenommen worden, dass die Eignung mit sinkendem Gebäudealter zunimmt und dementsprechend die ältesten Gebäude keine Eignung aufweisen. Als Alternativtechnologie wurde in diesen Fällen der Einbau einer Hybrid-Heizung bestehend aus Wärmepumpe (Erzeugungsanteil 80 %) und Spitzenlastkessel (Erzeugungsanteil 20 %) angenommen. Für das Szenario 1 wurde ein Erdgas- oder Flüssiggaskessel als Spitzenlastanlage gewählt, für das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) ein Biomassekessel, vornehmlich mit Holzpellets befeuert. Als Wärmepumpentechnologie wurde entweder eine Sole-Wärmepumpe mit Erdsonden als Primärquelle oder eine Luft-Wärmepumpe eingesetzt. Um eine Entscheidung zu treffen, wurde das Geothermiepotenzial für jedes Flurstück (siehe 3.3.3) mit dem zukünftigen Wärmebedarf verglichen. Überstieg das Potenzial den Bedarf des Gebäudes wurde eine Sole-Wärmepumpe gewählt, andernfalls eine Luft-Wärmepumpe. Dies galt für Monovalente als auch Hybrid-Systeme. Der zugrunde liegende Wärmebedarf ergab sich pro Stützjahr aus den Sanierungsraten von 1 % bzw. 2 %.

Bestehende Biomasseheizungen wurden in beiden Szenarien nur ausgetauscht, wenn die Nutzungsdauer von 30 Jahren überschritten wurde. Dabei wurde der gleiche Entscheidungspfad wie für fossile Heizungen angewandt. Bereits bestehende Wärmepumpen als auch Nachtspeicherheizungen wurden beibehalten.

Für den Bereich der Nicht-Wohngebäude erfolgte der Entscheidungspfad ähnlich. Abhängig vom Baujahr der Heizung wurde über den Austausch pro Szenario analog zu Wohngebäuden entschieden. In der Auswahl der Technologie wurde ebenso das Potenzial für Geothermie pro Flurstück geprüft. Bei der Beurteilung, ob das Gebäude für eine Wärmepumpe geeignet ist, wurde ein Schwellwert von 50.000 kWh/a, bezogen auf den zukünftigen Wärmebedarf, festgelegt. Für Verbraucher unter diesem Schwellwert kam der Ersatz durch eine Wärmepumpe in Frage. Lag der Wärmebedarf über dem Schwellwert wurde eine Hybridheizung analog zu Wohngebäuden vorgezogen.

Großverbraucher (>6 GWh Wärmebedarf) wurden dabei gesondert betrachtet. Für diese ist neben dem Heizwärmebedarf auch von einem Prozesswärmebedarf auf höheren Temperaturniveaus auszugehen. Daher wurde je Szenario der Erzeugungsanteil der Wärmepumpe auf 40 % gesenkt, während dem Kessel ein Anteil von 60 % zugeordnet wurde. Im Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) ist vorgesehen, dass Großverbraucher in Aalen Erdgas durch Wasserstoff ersetzend.

4.2.3.2 Wärmeerzeugung in den Szenarien

Pro Szenario ergaben sich hieraus die Aufteilung der Wärmeerzeugung gemäß den folgenden Abbildungen für die Gebiete mit Einzelversorgungslösungen (ohne Wasserstoff).

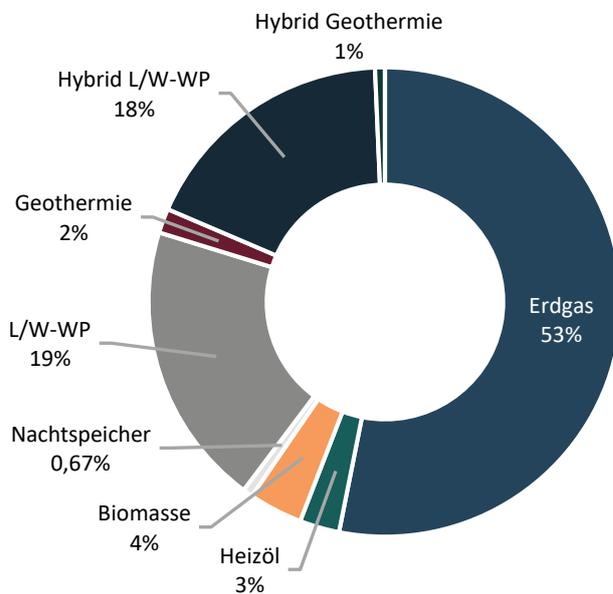


Abbildung 45: Erzeugungsmix bei dezentraler Wärmeversorgung Szenario 1 im Jahr 2035

Im Szenario 1 haben fossile Energieträger immer noch einen hohen Anteil an der Wärmeerzeugung. Dennoch werden ca. 40 % des Wärmebedarfs durch verschiedene Wärmepumpensysteme abgedeckt und der Anteil Erneuerbarer steigt von 4 % im Jahr 2021 auf 44 % im Jahr 2035. Hybridheizsysteme spielen dabei vor allem in älteren Wohngebäuden und in Nicht-Wohngebäuden eine große Rolle.

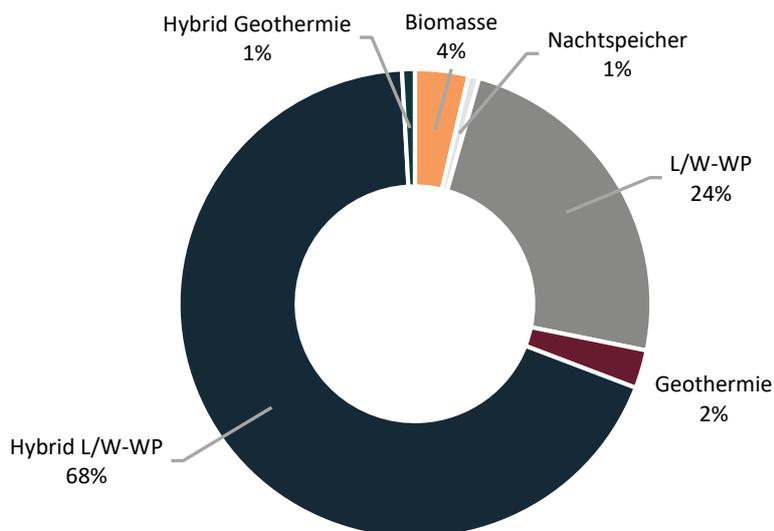


Abbildung 46: Erzeugungsmix bei dezentraler Wärmeversorgung Szenario 2 im Jahr 2035 (ohne Wasserstoff)

Im Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) werden alle fossilen Heizungen bis 2035 ersetzt. Dabei haben Hybridsysteme mit Kombination aus Wärmepumpe und Biomassekessel den überwiegenden Anteil an Heizsystemen. Das Geothermiepotenzial kann nur zu geringem Anteil genutzt werden, während die Luft-Wärmepumpe die dominierende Technologie ist. Ergänzend dazu ergibt sich in diesem Szenario ein Wasserstoffbedarf von 457.000 MWh für die größten Verbraucher zur Erzeugung von Prozesswärme und KWK-Strom. Der Einsatz von Wasserstoff wurde dabei konservativ betrachtet. Abhängig vom Ausbau der deutschen Wasserstoffinfrastruktur kann der Energieträger in der Fortschreibung der ELP eine größere Rolle für die Industrie in Aalen einnehmen. In Summe werden Einzelversorgungslösungen einen großen Anteil der Wärmeversorgung darstellen.

4.2.3.3 Typische Wärmekosten

Für die dominierenden und typischen Wärmeversorgungs-lösungen wurden mit Hilfe des Technikcatalogs der KEA [4] Wärmekosten bezogen auf den Wärmebedarf ermittelt. Hier fließen die Anschaffungskosten für die Anlagentechnik, die Erschließung von Wärmequellen, als auch Installation und Nebenkosten ein, sowie die Betriebskosten für den Einkauf von Energieträgern und die Instandhaltung. Betrachtet wird ein Ein- und ein Mehrfamiliengebäude, als häufigste Gebäudetypen, in Ausführung des gesetzlichen Mindesteffizienzstandard nach GEG. Für die Gebäude ergeben sich dabei Wärmekosten zwischen 17 und 36 ct/kWh mit Preisen und Kostenansätzen im Jahr 2023.

Tabelle 12: Typische Wärmekosten dezentraler Wärmeversorgung

Technologie	Einheit	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus
		100 – 120 m ²	Ca. 600 m ² , 8 Wohneinheiten
Luft-Wärmepumpe	Ct/kWh	22	17
Geothermie (Erdsonde)	Ct/kWh	33	22
Hybrid mit Luft-Wärmepumpe	Ct/kWh	26	18
Hybrid mit Geothermie	Ct/kWh	36	24

Gerade in der dezentralen Wärmeversorgung gibt es neben den reinen Wärmeversorgungslösungen auch verschiedene Kombinationsmöglichkeiten z.B. mit PV-Anlagen, um die Autarkie von Haushalten zu erhöhen und Energiekosten zu reduzieren. Unter den gleichen Annahmen wie die Ermittlung der typischen Wärmekosten wurde daher als weitere Beispielrechnung die Betrachtung eines typischen Einfamilienhauses vorgenommen. Hierbei werden die Szenarien für Wärme- als auch Stromversorgung wie folgt berücksichtigt:

Wärmeversorgung	Stromversorgung
Wärmebedarf ca. 15.000 kWh/a	Strombedarf ca. 3.500 kWh/a
Erdgaskessel	+ Bezug aus öffentlichem Netz
Luft/Wasser-Wärmepumpe	+ Bezug aus öffentlichem Netz
Luft/Wasser-Wärmepumpe	+ PV-Anlage zur Eigenstromnutzung, Einspeisung von Überschüssen
Luft/Wasser-Wärmepumpe	+ PV-Anlage mit Batteriespeicher zur Eigenstromnutzung, Einspeisung von Überschüssen

Unter der Annahme von aktuellen Energiepreisprognosen und einer Kaufkraftbereinigung ergeben sich für die einzelnen Kombinationen die folgenden Vollkosten (Investitions- und Betriebskosten) für Wärme und Strom bei Investition im jeweiligen Stützjahr.

Tabelle 13: Typische Vollkosten der Energieversorgung für ein Einfamilienhaus

Kombination	2025	2035
<i>Erdgaspreis inkl. CO2-Preis</i>	<i>9 Ct/kWh</i>	<i>14 Ct/kWh</i>
<i>Strompreis</i>	<i>35 Ct/kWh</i>	<i>30 Ct/kWh</i>
Erdgaskessel + Netz		
Wärmekosten	2.400 €/a <small>16 Ct/kWh</small>	3.200 €/a <small>22 Ct/kWh</small>
Stromkosten	1.200 €/a <small>35 Ct/kWh</small>	1.100 €/a <small>30 Ct/kWh</small>
Energiekosten	3.600 €/a -	4.300 €/a -
Luft/Wasser-Wärmepumpe + Netz		
Wärmekosten	3.300 €/a <small>22 Ct/kWh</small>	3.100 €/a <small>21 Ct/kWh</small>
Stromkosten	1.200 €/a <small>35 Ct/kWh</small>	1.100 €/a <small>30 Ct/kWh</small>
Energiekosten	4.500 €/a -	4.200 €/a -
Luft/Wasser-Wärmepumpe + PV		
Wärmekosten	3.200 €/a <small>21 Ct/kWh</small>	3.000 €/a <small>20 Ct/kWh</small>
Stromkosten	1.000 €/a <small>29 Ct/kWh</small>	900 €/a <small>25 Ct/kWh</small>
Energiekosten	4.200 €/a -	3.900 €/a -
Luft/Wasser-Wärmepumpe + PV + Batteriespeicher		
Wärmekosten	3.200 €/a <small>21 Ct/kWh</small>	3.000 €/a <small>20 Ct/kWh</small>
Stromkosten	1.000 €/a <small>29 Ct/kWh</small>	800 €/a <small>24 Ct/kWh</small>
Energiekosten	4.200 €/a -	3.800 €/a -

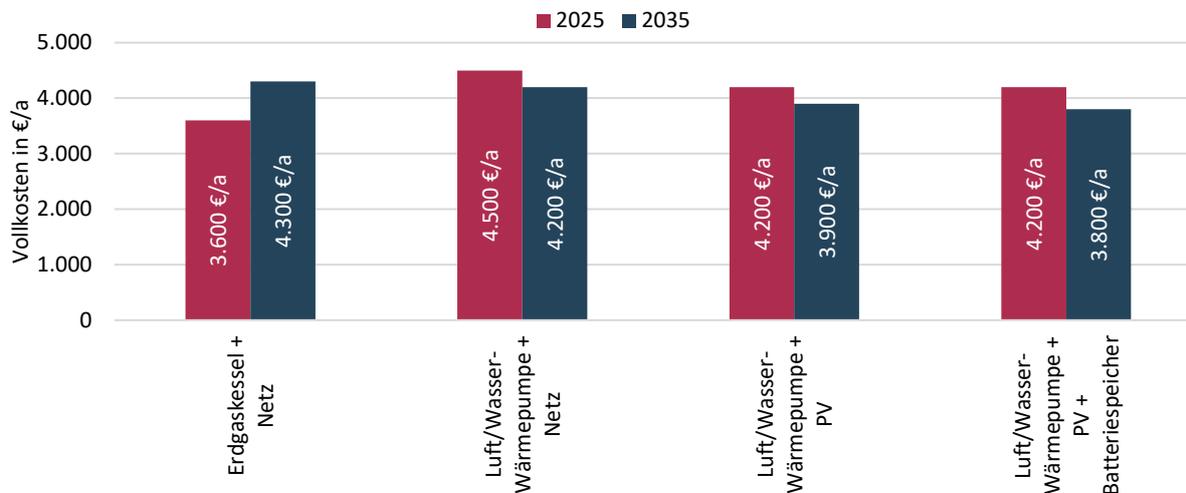


Abbildung 47: Typische Vollkosten der Energieversorgung für ein Einfamilienhaus

Unter den aktuellen Rahmenbedingungen stellt sich der Erdgaskessel als kostengünstigste Variante bezogen auf die Vollkosten im Jahr 2025 dar. Grundsätzlich senkt eine PV-Anlage jedoch mit als auch ohne Speicher die Stromkosten. Die stromverbrauchende Wärmepumpe und PV-Anlage ergänzen sich hier. Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch eine höhere CO₂-Bepreisung die Erdgaspreise deutlich steigen werden. Gleichzeitig werden aktuell preistreibende fossile Energieträger aus dem Strommarkt durch erneuerbare Energiequellen verdrängt, trotz höherer Netzkosten. Dies führt voraussichtlich mittel- und langfristig zu sinkenden Strompreisen. In der Wirkung sinken Richtung 2035 daher die Vollkosten für strombetriebene Heizungssysteme. Damit hat die Wärmepumpe in Zukunft einen Kostenvorteil gegenüber der Erdgasheizung, welcher sich durch die Eigenstromerzeugung aus einer PV-Anlage noch erhöhen lässt. Diese Betrachtung ist vorbehaltlich nicht vorhersehbarer Marktentwicklungen, daher ist eine individuelle Betrachtung zu aktuellen Marktpreisen und Prognosen im Einzelfall immer zu empfehlen.

4.2.3.4 Strombedarf zur Wärmeerzeugung

Der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen hat eine Erhöhung des Strombedarfs für die Wärmeerzeugung in den Szenarien zur Folge. Die Menge hängt dabei wesentlich von der Effizienz der Wärmepumpen und der Jahresarbeitszahl ab.

Tabelle 14: Angenommene mittlere JAZ für Wärmepumpen gem. Technikkatalog KEA [4]

Technologie	Jahresarbeitszahl (JAZ)
Luft-Wärmepumpe	3,5
Sole-Wärmepumpe	4,5

Der erhöhte Strombedarf pro Sektor ergibt sich aus der Bilanzierung der Szenarien gemäß folgender Tabelle.

Tabelle 15: Mehrbedarfe elektrischen Stroms für Wärmeerzeugung in Einzelversorgungsgebieten

Sektor	Einheit	Szenario 1		Szenario 2	
		2029	2035	2029	2035
Haushalte	MWh	71.205	106.911	55.723	106.915
GHD	MWh	1.955	5.941	1.736	7.056
Industrie	MWh	981	5.429	32.353	121.592
Kommunal	MWh	376	4.146	301	4.433
Summe	MWh	74.517	122.428	90.113	239.996

In der Fläche hängt der Strommehrbedarf stark von Bebauungsdichte und Lage in Eignungsgebieten ab. Die folgende Karte zeigt auf Baublockebene die zusätzlichen Strombedarfe für Wärmepumpen im Szenario 2 für das Jahr 2035.

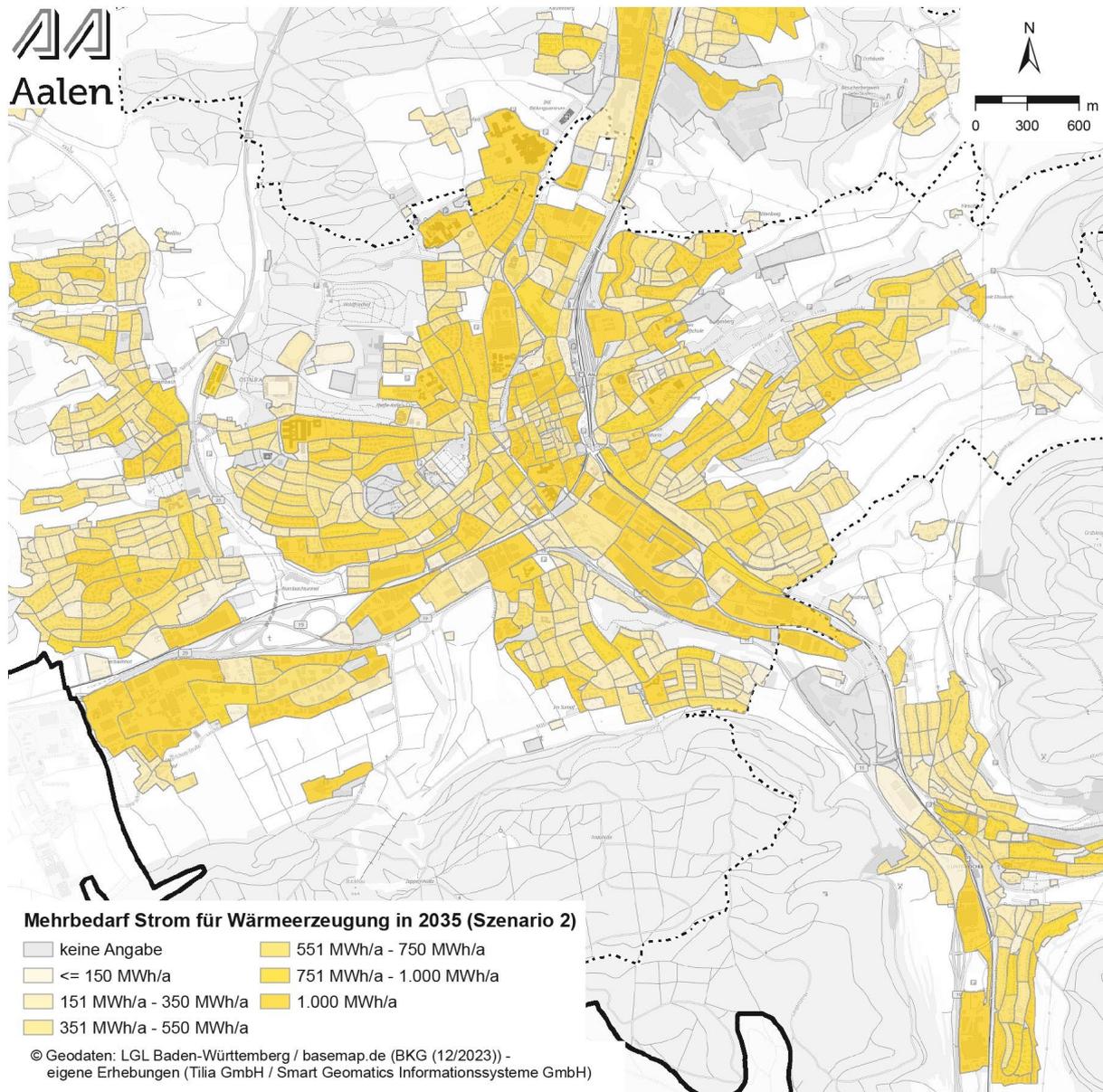


Abbildung 48: Mehrbedarfe Strom für Wärmeerzeugung im Jahr 2035 für Szenario 2

4.2.3.5 Entwicklung des Gasnetzes

Gleichzeitig hat die Entwicklung in den Szenarien Einfluss auf die Infrastruktur leitungsgebundener Energieträger, hier Strom und Erdgas. Für das Stromnetz ist ein deutlicher Ausbaubedarf abzusehen, der auf Basis der ermittelten Bedarfe in einer Zielnetzplanung zu ermitteln ist. Für das Gasnetz zeigen sich in den Szenarien unterschiedliche Entwicklungen bis 2035.

Der Rückgang des Erdgasbedarfs bis 2035 beträgt im Szenario 1 etwa 33% in der dezentralen Wärmeversorgung. Der Restbedarf beträgt noch ca. 550 GWh. Dementsprechend ist der Weiterbetrieb des Gasnetzes über 2029 bis 2035 in diesem Szenario sicher. Abhängig von der örtlichen Entwicklung kann es dabei sinnvoll sein, einzelne Netzstränge stillzulegen. Dies kann vor allem dann der Fall sein, wenn der Rückgang größer ist als 33 %. Ein weiterer Ausbau des Gasnetzes in Neubaugebieten ist unwahrscheinlich und in der Regel auch unwirtschaftlich. Dort kommen stattdessen Wärmepumpen oder Nahwärmenetze zur Wärmeherzeugung zum Einsatz. Lediglich bei Ansiedlung einzelner industrieller Großverbraucher ist eine Erweiterung des Gasnetzes zu erwarten. Wobei auch hier ein Pfad zur Klimaneutralität aufgezeigt werden sollte.

Für das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) wird Erdgas als Energieträger vollständig ersetzt. Zwar spielt Wasserstoff eine Rolle, jedoch nur für Großverbraucher. Ein Einsatz im bestehenden Gasverteilnetz ist nicht anzunehmen. Daher ist für den Weiterbetrieb des Gasnetzes lediglich ein Kernnetz im Hochdruckbereich bis 16 bar absehbar. Das Niederdrucknetz in Aalen wird stillgelegt oder ggf. rückgebaut. Dies liegt an der voraussichtlich begrenzten Verfügbarkeit von Wasserstoff, der mangelnden Wettbewerbsfähigkeit von Wasserstoff in der Heizwärmeversorgung, als auch einer unklaren technischen Zertifizierung von Rohrmaterialien, besonders Kunststoffe im Niederdruckbereich für eine 100%ige Wasserstoffversorgung. Ein zeitnahe flächendeckender Rückbau ist dabei unwahrscheinlich, da dies weder technisch noch wirtschaftlich realisierbar ist. Es ist daher davon auszugehen, dass nach Stilllegung die Gasnetze in Teilen umgewidmet oder sukzessive und über einen längeren Zeitraum zurückgebaut werden.

Den technischen und wirtschaftlichen Folgen für den Gasnetzbetreiber sollte frühzeitig begegnet werden. Das bedeutet, dass die Kapazitäten und das Know-How im Betrieb des Gasnetzes sowohl anzupassen, als auch die notwendigen Abschreibungen für das Anlagevermögen in die Geschäftsplanung vorzunehmen sind.

4.3 Entwicklung Strombedarf

Analog zur Ermittlung der Entwicklung des Wärmebedarfs können auch für den Strombedarf pauschale Reduktionsfaktoren genutzt werden, um dessen Entwicklung abzubilden. Grundlage hierfür war ebenfalls die Studie des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg [8]. Hierbei wurde sich auf das in der Studie verwiesene Referenz- und Zielszenario gestützt für die Sektoren Haushalte, GHD und Industrie. Für die kommunalen Liegenschaften wurde der Reduktionsfaktor des Sektors GHD angewandt.

Tabelle 16: Ansätze zur Entwicklung des Strombedarfs bis 2035

Sektor	Szenario 1	Szenario 2
Private Haushalte	Einsparquote 7,4 %	Einsparquote 19,4 %
GHD	Einsparquote -2,8 %	Einsparquote 8,7 %
Industrie	Einsparquote 6,2 %	Einsparquote 10,9 %
Kommunale Liegenschaften	Einsparquote -2,8 %	Einsparquote 8,7 %

Im Rahmen der verstärkten Sektorkopplung in der Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Wärmepumpen und in der Elektrifizierung des motorisierten Verkehrs ist neben den Einsparungen von einem steigenden Strombedarf in diesem Bereich auszugehen.

Zur Abschätzung des zusätzlichen Strombedarfs in der Wärmeerzeugung sind die Szenarienergebnisse der Wärmeversorgung maßgebend. Daraus ergeben sich pro Jahr und Szenario die folgend aufgeführten Mehrbedarfe für Strom.

Tabelle 17: Zusätzliche Strombedarfe zur Wärmeerzeugung

Szenario	Szenario 1		Szenario 2	
	2029	2035	2029	2035
Zusätzlicher Strombedarf dezentrale Wärmeversorgung in Einzelversorgungsgebieten in MWh	74.517	122.428	90.113	239.996
Zusätzlicher Strombedarf dezentrale Wärmeversorgung in Fernwärmeuntersuchungsgebieten in MWh	160	3.663	410	15.170
Zusätzlicher Strombedarf zentrale Wärmeversorgung in Wärmenetzen in MWh	0	5.800	0	16.997
Summe	74.517	131.891	90.523	272.163

Für den Sektor Verkehr wurde für das Szenario 1 eine Fortführung der bisherigen Entwicklung im motorisierten Individualverkehr und im öffentlichen Nahverkehr in Bezug auf die Elektrifizierung ohne darüberhinausgehende Bemühungen durch die Stadt oder andere Akteure angenommen. Die Studie des ZSW [8] bildet auch hierfür eine Entwicklung in einem Referenzszenario ab, welche hier verwendet

wurde. Diese wurde auf den Fahrzeugbestand in Aalen angewandt und in die Zukunft extrapoliert. Hieraus ergibt sich ein Mehrbedarf von ca. 15 GWh Strom im Sektor Verkehr beim Szenario 1.

Das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) Aalen geht dagegen von einer vollständigen Dekarbonisierung des Verkehrssektors aus. Ausgehend vom heutigen Stand der Energiebilanz wurde dem folgend eine vollständige Elektrifizierung des motorisierten Individualverkehrs und des öffentlichen Personennahverkehrs angenommen und eine Substitution fossiler Kraftstoffe. Da der Güterverkehr technologisch schwerer zu elektrifizieren ist, wurden fossile Kraftstoffe hier mit erneuerbaren synthetischen Kraftstoffen (z.B. Methanol), aus Power-to-Liquid-Verfahren (PtL), ersetzt. Die Infrastruktur und der Strombedarf zur Herstellung dieser wurde nicht betrachtet, da nicht von einer Erzeugung der synthetischen Kraftstoffe in Aalen ausgegangen wird. Für das Stützjahr 2029 wurde eine lineare Entwicklung angesetzt.

Tabelle 18: Zusätzliche Strombedarfe und Bedarfe synthetischer Kraftstoffe im Sektor Verkehr

Szenario	Szenario 1		Szenario 2	
	2029	2035	2029	2035
Stützjahr	2029	2035	2029	2035
Zusätzlicher Strombedarf Verkehr in MWh	13.722	15.437	56.604	112.903
Bedarf an synthetischen Kraftstoffen in MWh	0	0	53.457	106.915

Die aufsummierten Strombedarfe für die Stützjahre 2021, 2029 und 2035 ergeben sich pro Sektor in den Szenarien gemäß folgender Abbildung.

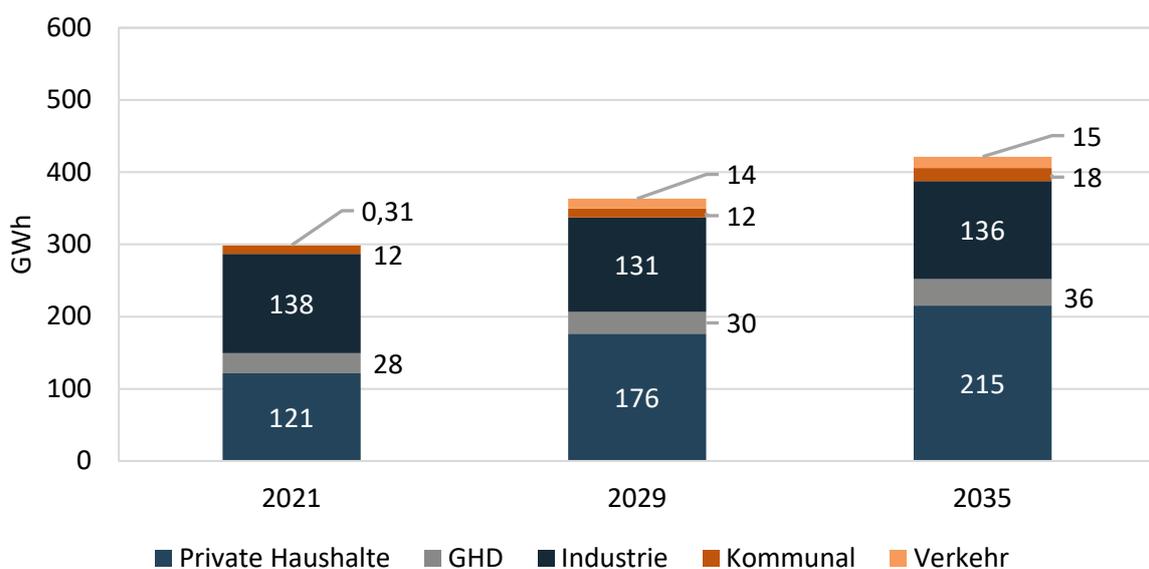


Abbildung 49: Entwicklung des Strombedarfs im Szenario 1

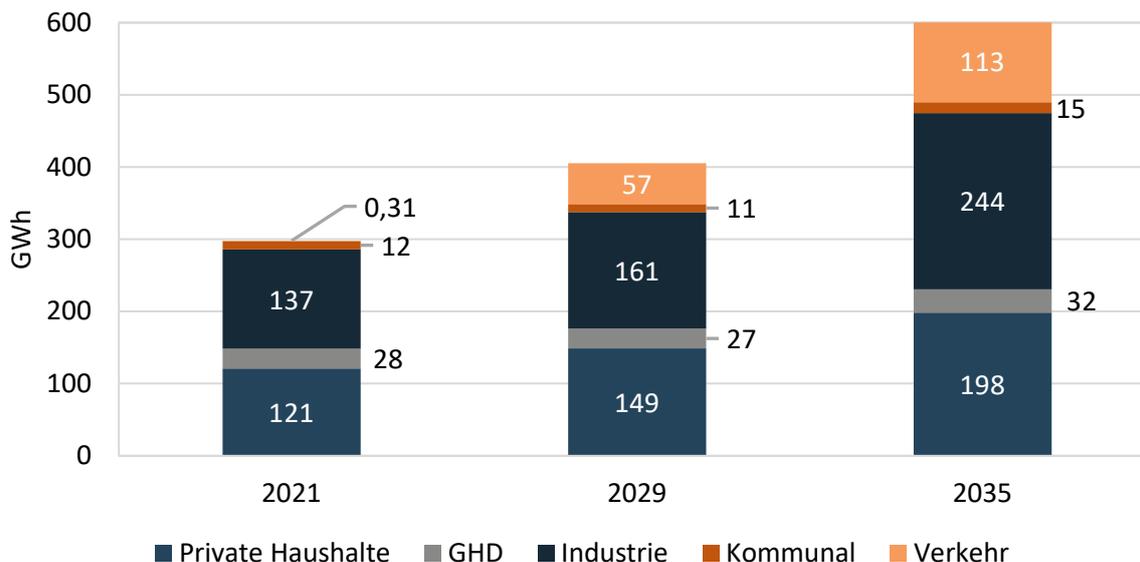


Abbildung 50: Entwicklung des Strombedarfs im Szenario 2

In Summe ergibt sich für das Szenario 1 ein Mehrbedarf an Strom von ca. 122 GWh, für das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) Aalen von ca. 336 GWh. Diese Mehrbedarfe wurden in der Betrachtung der Stromerzeugung entsprechend berücksichtigt.

4.4 Stromversorgung

Zur Erzeugung erneuerbaren Stroms kommen in Aalen sowohl Photovoltaik als auch Windkraft in Frage. Das Potenzial zur Stromerzeugung aus KWK-Anlagen mit erneuerbaren Energiequellen wird als nur gering eingestuft, da hierfür nur Biomasse und Wasserstoff infrage kommen. Beide Energieträger sind nur begrenzt verfügbar. Für die Dimensionierung der Stromerzeugung wird davon ausgegangen, dass möglichst der gesamte, auf der Gemarkung Aalen bezogene Strom im Stadtgebiet erzeugt wird. Die Bilanzierung erfolgt dabei jährlich ohne Berücksichtigung von Zeitgleichheit zwischen Erzeugung und Bedarf. Stromspeicher spielen in der Betrachtung somit keine Rolle und der erzeugte Strom kann auch in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden.

Stromspeicher im öffentlichen Stromnetz bieten eine Lösung zur Speicherung und Bereitstellung von Energie, wodurch Flexibilität, Netzstabilität und die Integration erneuerbarer Energien verbessert werden. Sie tragen dazu bei, Spitzenlasten zu reduzieren und den Bedarf an Netzausbauten zu mindern. Allerdings sind die hohen Kosten für die Entwicklung und den Betrieb sowie die begrenzte Lebensdauer von Batterien wesentliche Herausforderungen. Die ökologischen Auswirkungen der Herstellung und Entsorgung von Speichertechnologien sind ebenso zu berücksichtigen. Zusätzlich erfordern manche Speicherlösungen beträchtlichen Platz, was in städtischen Gebieten problematisch sein kann. Trotz der Fortschritte stehen noch technologische Hürden bevor, um sicherere und effizientere Materialien zu entwickeln. Insgesamt sind Stromspeicher entscheidend für die Transformation des Energiesektors, aber ihre weitreichende Anwendung erfordert eine Abwägung zwischen den Vorteilen und den aktuellen Herausforderungen.

Für Photovoltaik bestehen zwei Aufstellmöglichkeiten, entweder auf Dachflächen oder auf Freiflächen. Für die Dachflächen wurde, bezogen auf das verfügbare Potenzial (siehe 3.4.1), eine anteilige Realisierung angesetzt. Im Szenario 1 wird angenommen, dass 16 % des Erzeugungspotenzials von 303 GWh zusätzlich genutzt werden können. Mit den bereits bestehenden PV-Dachanlagen müssten damit 24,4 % der nutzbaren Dachflächen mit PV belegt werden. Für das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) erhöhen sich diese Werte auf 25 % des Erzeugungspotenzials von 303 GWh zusätzlicher Nutzung bzw. 33,4 % Ausnutzung der nutzbaren Dachfläche, bestehende Anlagen inbegriffen.

In der Gemarkung wurde aus Gesprächen und Erfahrungen der Stadtverwaltung für das Szenario 1 ein Flächenpotenzial von bis zu 125 ha für Photovoltaik-Freiflächenanlagen benannt und als Grundlage genutzt. Im Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) ist eine größere Fläche notwendig, um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen und die Dimensionierung erfolgte auf Grundlage dieser Notwendigkeit. Insgesamt sind im Szenario 2 213 ha Fläche notwendig für PV-Freiflächenanlagen.

In Bezug auf Windkraft wurde ein Gesamtpotenzial von 302 GWh ermittelt. Für das Szenario 1 wird die Ausnutzung der Hälfte des Potenzials vorausgesetzt und als möglich eingeschätzt, für das Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) die vollständige Nutzung des technischen Potenzials.

Aus den gemachten Annahmen und Prämissen ergibt sich der Strommix in den Szenarien, wie in den folgenden Tabellen und Abbildungen dargestellt.

Tabelle 19: Stromerzeugung der Zielszenarien

Szenario	Einheit	Szenario 1		Szenario 2	
		2029	2035	2029	2035
Stützjahr		2029	2035	2029	2035
PV Dach inkl. Bestand	MWh	49.707	73.947	55.767	101.217
	m ²	186.462	372.923	233.077	582.692
PV FFA (Freiflächen)	MWh	45.309	135.927	90.618	233.794
	ha	41	124	82	213
Windkraft inkl. Bestand	MWh	46.559	150.000	46.559	300.000
Wasserkraft	MWh	221	221	221	221
Netzbezug und Graustrom	MWh	221.540	61.404	212.446	-
Stromerzeugung und -bezug	MWh	363.336	421.499	405.610	635.232

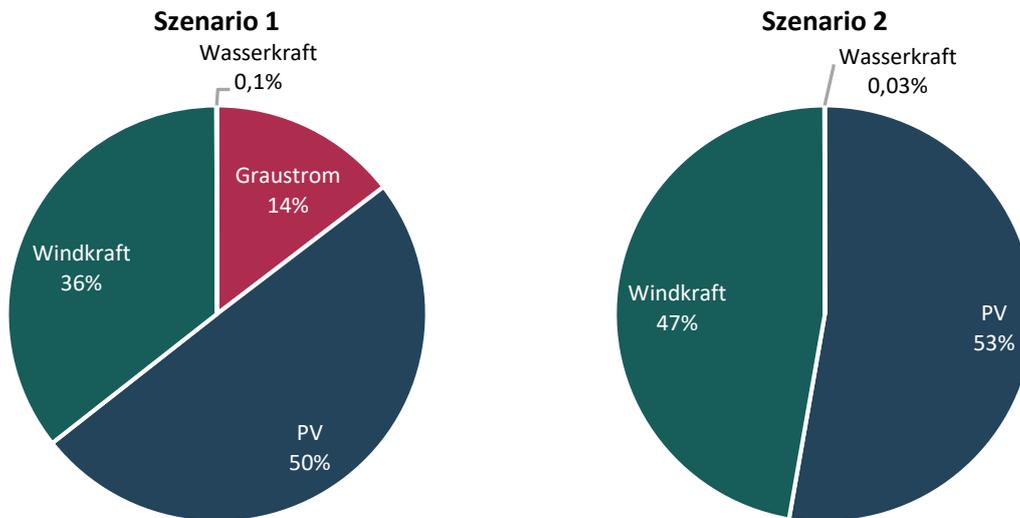


Abbildung 51: Stromerzeugungsmix der Zielszenarien im Jahr 2035

Im Szenario 1 ergibt sich damit noch eine Reststrommenge von 61 GWh im Jahr 2035, die aus überregionalen Quellen bezogen wird. Im Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) Aalen kann der vollständige Strombedarf eines Jahres bilanziell auf dem Gebiet der Stadt erzeugt werden.

4.5 Energie- und THG-Bilanz für 2029 und 2035

Aus den Szenarien ergeben sich die Endenergie- und THG-Bilanzen für die Stützjahre 2029 und 2035. Als Emissionsfaktoren liegen die Faktoren aus dem Technikkatalog der KEA zugrunde [4]. Abweichend davon wurden die Faktoren inklusive Vorketten für das Jahr 2035 gemäß folgender Tabelle angenommen, da davon auszugehen ist, dass Emissionen aus Vorketten sich in gleichem Maße mindern, je geringer die Gesamtemissionen ausfallen.

Tabelle 20: Emissionsfaktoren der Zielszenarien für das Stützjahr 2035

Energieträger/Technologie	Emissionsfaktor in t/MWh
Photovoltaik	0
Windkraft	0
Wasserkraft	0
Graustrom	0,151
Heizöl	0,311
Erdgas	0,233
Flüssiggas	0,233
Fernwärme	0
Kohle	0,431
Wärme aus erneuerbaren Energiequellen	0
Wasserstoff	0
Sonstige Energieträger	0,270
Biokraftstoff	0
Diesel	0,327
Benzin	0,322
PtL- bzw. synthetische Kraftstoffe	0

Ergänzend wurde für die Einteilung der Sektoren öffentliche und kommunale Liegenschaften im Sektor Öffentlich zusammengefasst, da eine Zuordnung auf kommunale und andere öffentliche Gebäude (Landkreis, Land, Bund, etc.) in den Rohdaten nicht ohne weiteres möglich war.

4.5.1 Szenario 1

Tabelle 21: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2029

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Öffentlich	Verkehr	Summe
Strom	MWh	176.165	30.227	130.832	12.389	13.722	363.336
Heizöl	MWh	68.832	-	-	-	-	68.832
Erdgas	MWh	203.536	43.503	894.518	22.565	-	1.164.122
Flüssiggas	MWh	24.394	1.473	690	238	-	26.796
Fernwärme	MWh	7.552	3.327	538	24.567	-	35.983
Kohle	MWh	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	MWh	45.723	-	-	-	-	45.723
Wasserstoff	MWh	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieträger	MWh	76.483	-	-	-	3.754	80.237
Kraftstoffe	MWh	-	-	-	-	407.321	407.321
PtL	MWh	-	-	-	-	-	-
Summe	MWh	602.685	78.530	1.026.578	59.759	424.796	2.192.349

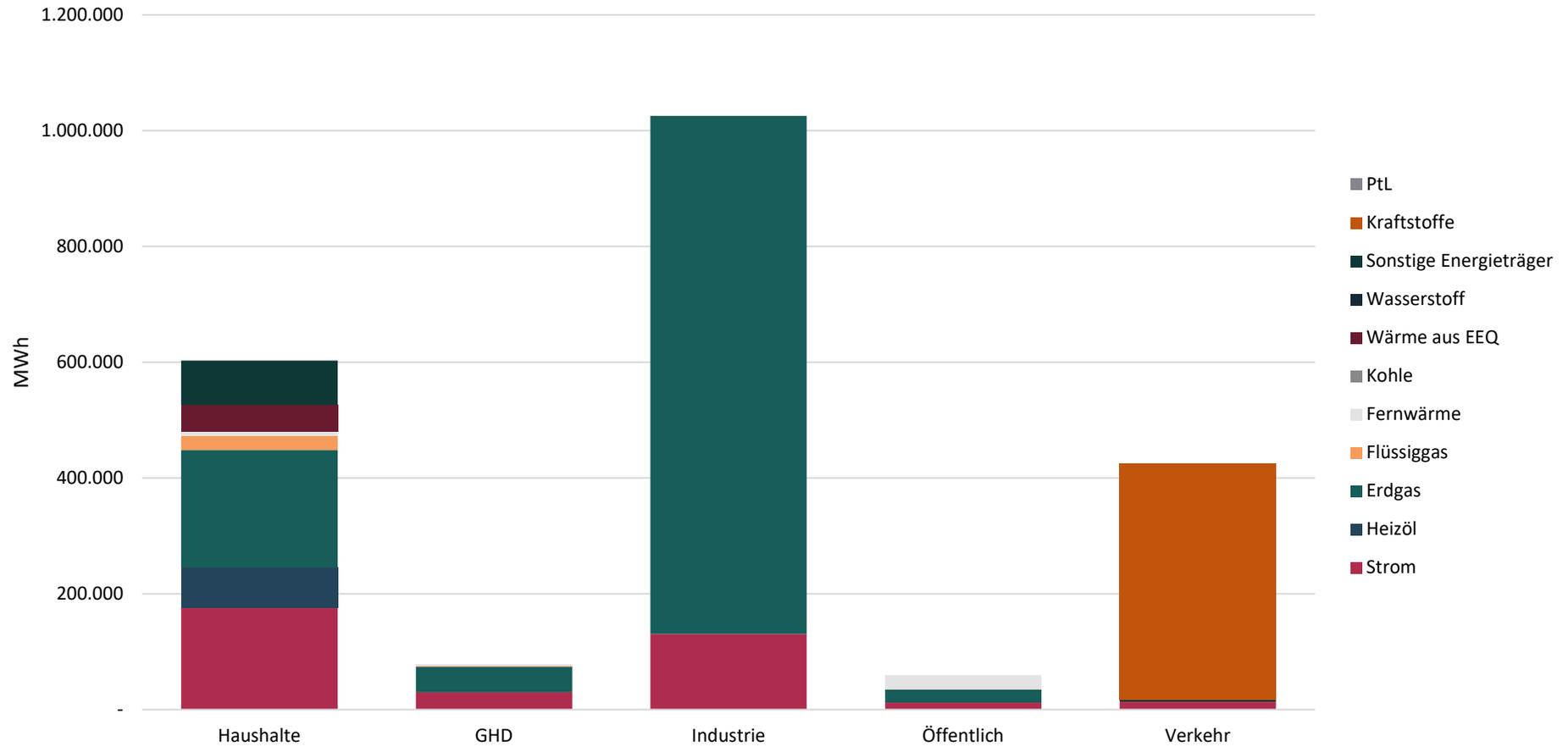


Abbildung 52: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2029

Tabelle 22: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2035

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Öffentlich	Verkehr	Summe
Strom	MWh	213.380	35.253	135.104	16.373	15.437	415.547
Heizöl	MWh	32.318	-	-	-	-	32.318
Erdgas	MWh	123.375	11.204	936.797	4.155	-	1.075.532
Flüssiggas	MWh	31.955	5.250	4.435	3.472	-	45.112
Fernwärme	MWh	26.887	14.304	12.703	26.821	-	80.715
Kohle	MWh	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	MWh	43.777	-	-	-	-	43.777
Wasserstoff	MWh	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieträger	MWh	-	-	-	-	3.441	3.441
Kraftstoffe	MWh	-	-	-	-	367.613	367.613
PtL	MWh	-	-	-	-	-	-
Summe	MWh	471.693	66.012	1.089.039	50.821	386.490	2.064.055

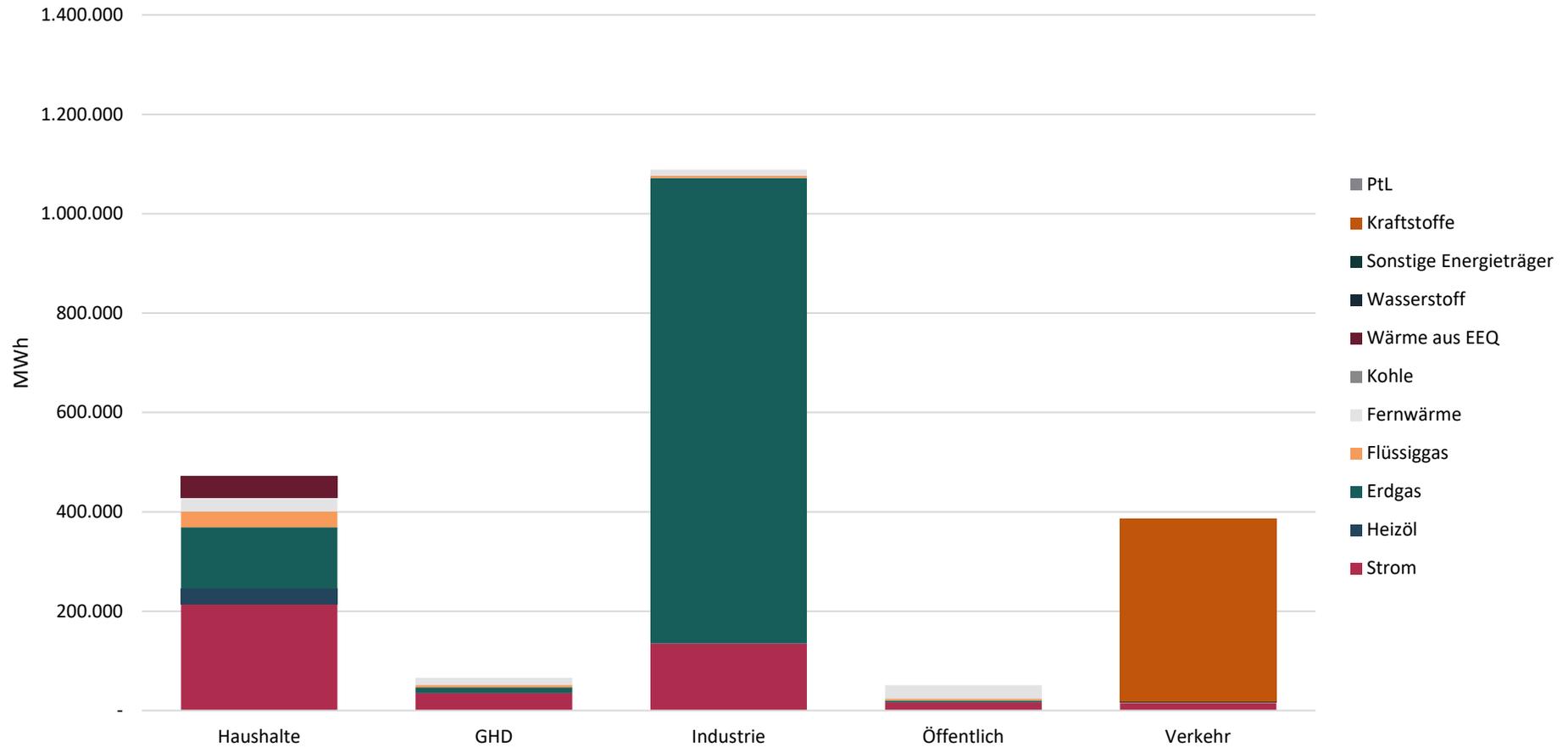


Abbildung 53: Endenergiebilanz Szenario 1 im Jahr 2035

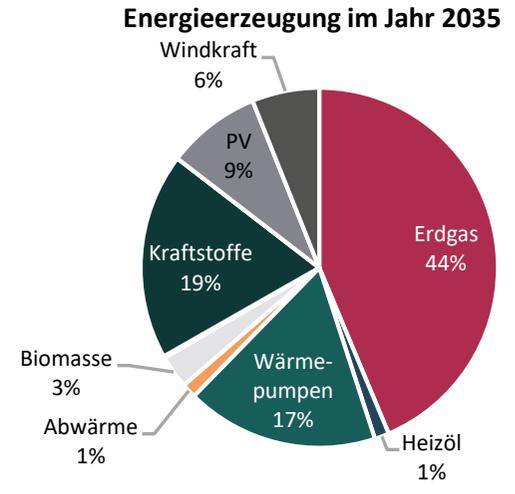
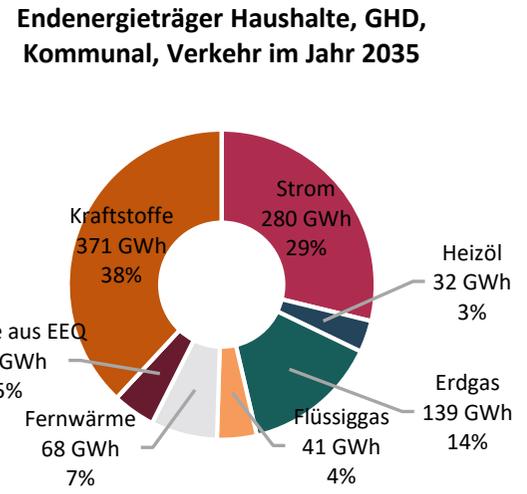
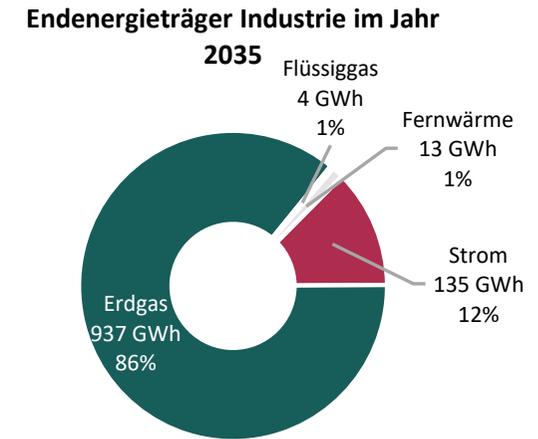
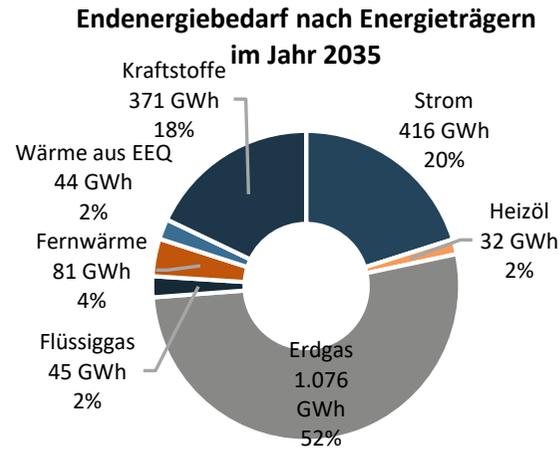
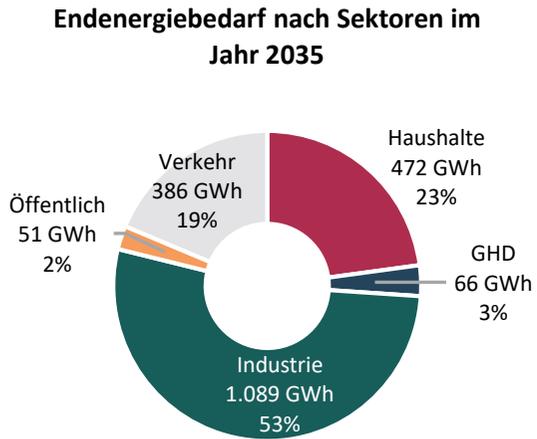


Abbildung 54: Endenergiebilanz nach Sektor und Energieträgern, Endenergieträger in Industrie und restlichen Sektoren und Energieerzeugung Szenario 1 im Jahr 2035

Tabelle 23: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2029

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Kommunal	Verkehr	Summe
Strom	t _{CO2}	31.071	5.331	23.075	2.185	2.420	64.083
Heizöl	t _{CO2}	21.407	-	-	-	-	21.407
Erdgas	t _{CO2}	47.424	10.136	208.423	5.258	-	271.241
Flüssiggas	t _{CO2}	5.684	343	161	56	-	6.243
Fernwärme	t _{CO2}	973	429	69	3.167	-	4.638
Kohle	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	t _{CO2}	1.006	-	-	-	-	1.006
Wasserstoff	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieträger	t _{CO2}	20.650	-	-	-	1.013	21.664
Kraftstoffe	t _{CO2}	-	-	-	-	128.061	128.061
Summe	t _{CO2}	128.215	16.240	231.728	10.665	131.495	518.342

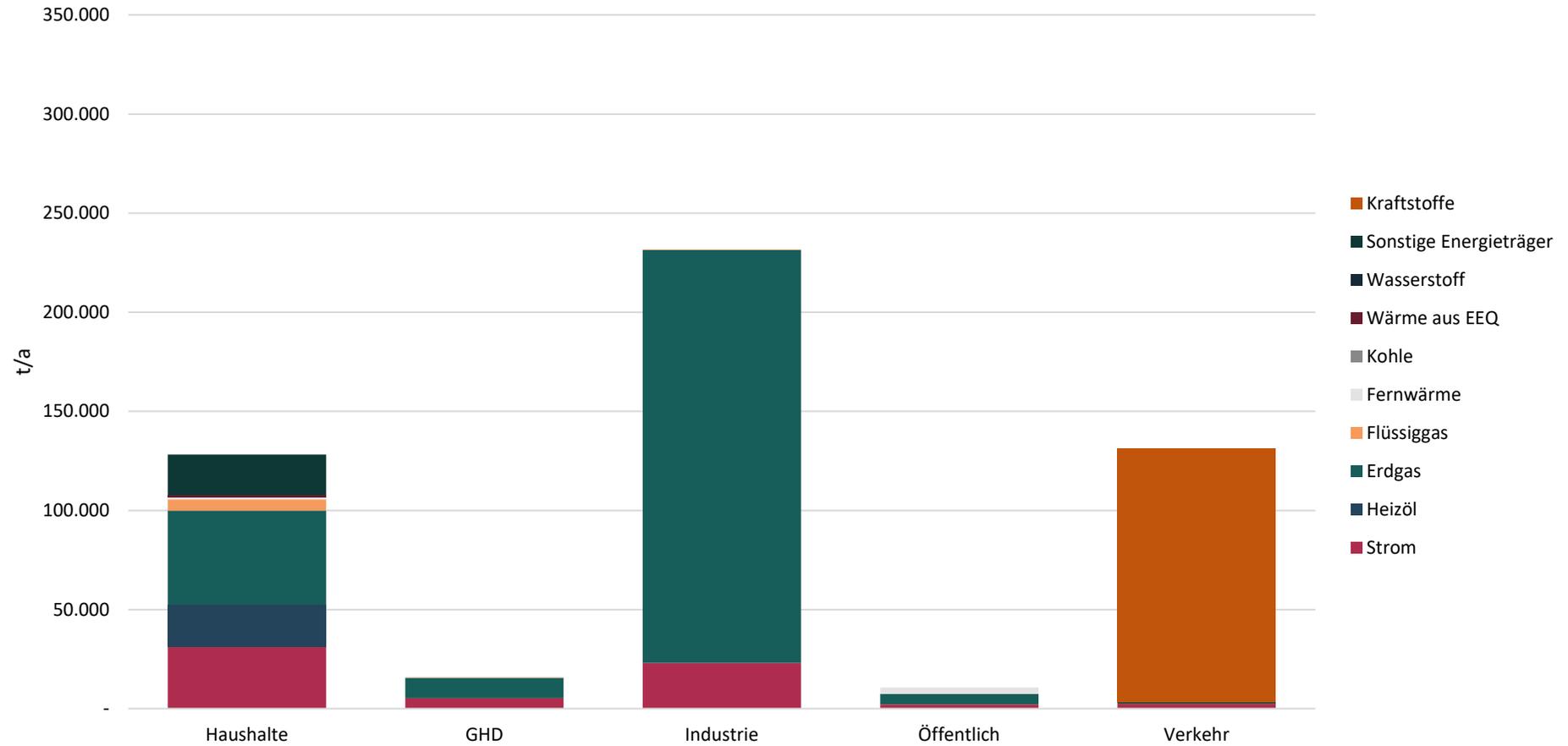


Abbildung 55: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2029

Tabelle 24: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2035

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Kommunal	Verkehr	Summe
Strom	t _{CO2}	4.749	785	3.007	364	344	9.249
Heizöl	t _{CO2}	10.051	-	-	-	-	10.051
Erdgas	t _{CO2}	28.746	2.611	218.274	968	-	250.599
Flüssiggas	t _{CO2}	7.446	1.223	1.033	809	-	10.511
Fernwärme	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Kohle	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Wasserstoff	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieträger	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Kraftstoffe	t _{CO2}	-	-	-	-	114.957	114.957
Summe	t _{CO2}	50.992	4.619	222.314	2.142	115.301	395.368

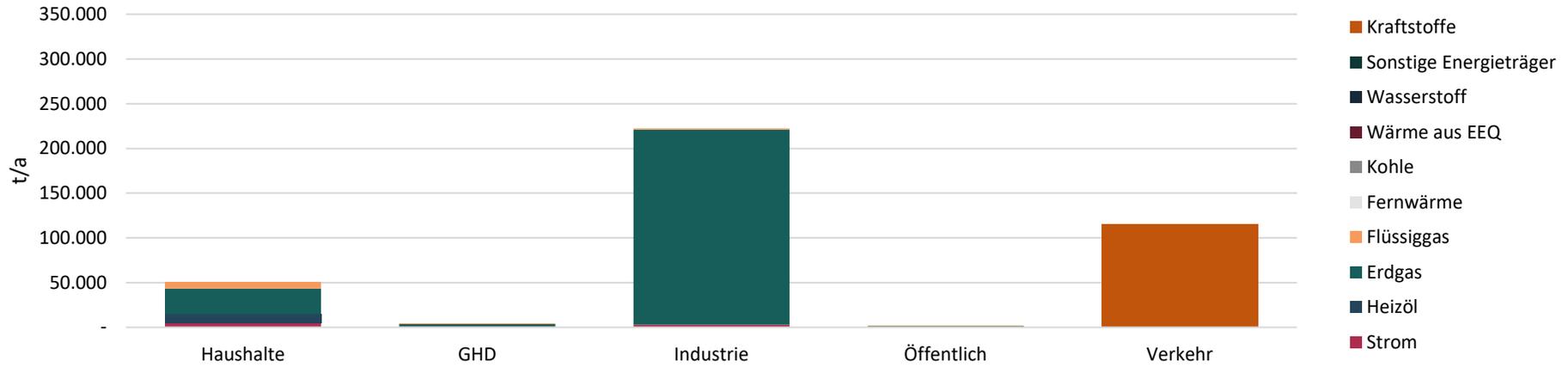


Abbildung 56: THG-Bilanz Szenario 1 im Jahr 2035

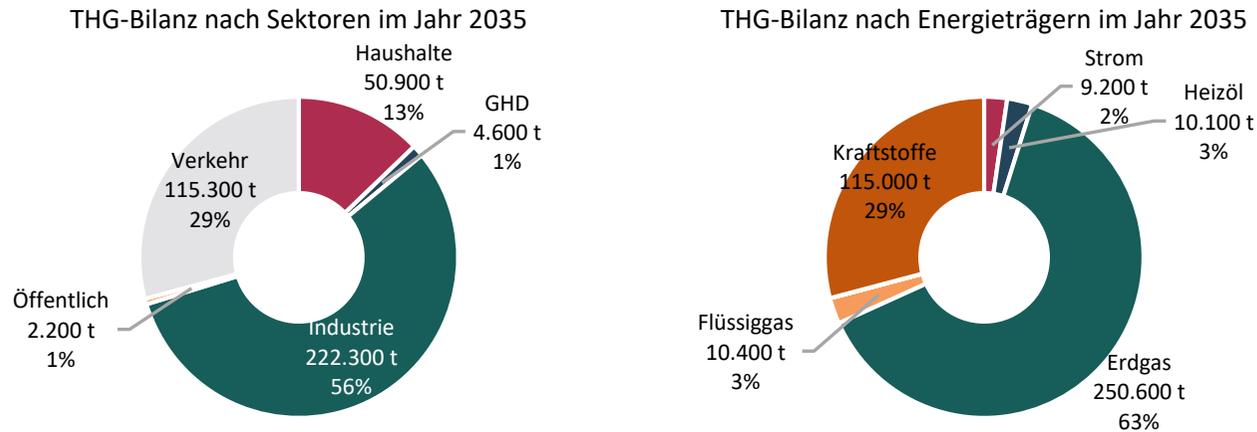


Abbildung 57: THG-Bilanz nach Sektoren und Energieträgern Szenario 1 im Jahr 2035

4.5.2 Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) Aalen

Tabelle 25: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2029

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Kommunal	Verkehr	Summe
Strom	MWh	149.097	27.265	161.456	11.188	56.604	405.610
Heizöl	MWh	77.139	-	-	-	-	77.139
Erdgas	MWh	245.239	47.074	741.788	23.638	-	1.057.739
Flüssiggas	MWh	-	-	-	-	-	-
Fernwärme	MWh	8.065	3.327	563	24.567	-	36.522
Kohle	MWh	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	MWh	62.649	1.319	47.573	210	-	111.751
Wasserstoff	MWh	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieträger	MWh	74.337	-	-	-	2.033	76.370
Kraftstoffe	MWh	-	-	-	-	238.734	238.734
PtL	MWh	-	-	-	-	53.457	53.457
Summe	MWh	616.527	78.985	951.380	59.602	297.372	2.003.865

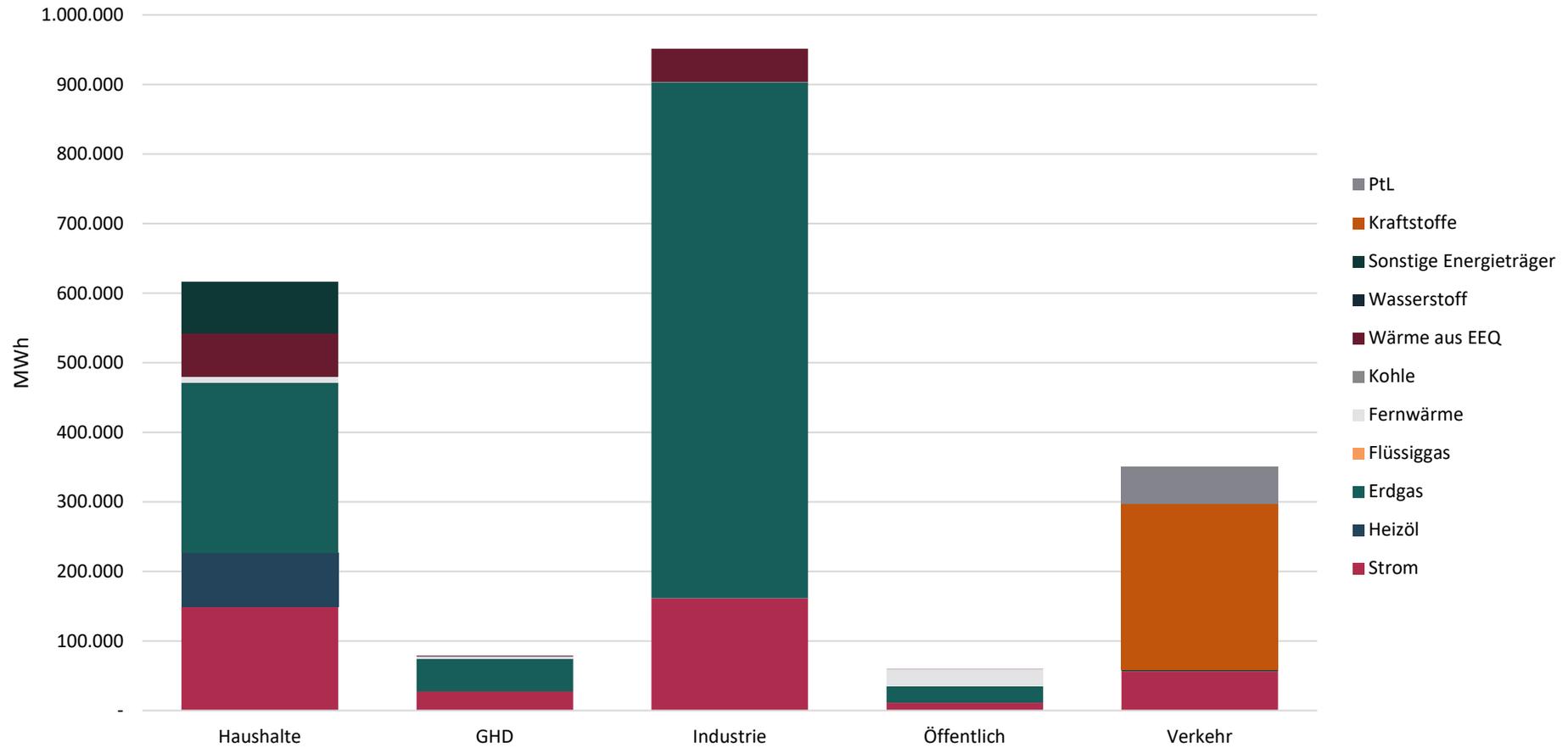


Abbildung 58: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2029

Tabelle 26: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2035

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Kommunal	Verkehr	Summe
Strom	MWh	208.416	33.985	246.586	15.667	112.903	617.557
Heizöl	MWh	-	-	-	-	-	-
Erdgas	MWh	-	-	-	-	-	-
Flüssiggas	MWh	-	-	-	-	-	-
Fernwärme	MWh	103.047	19.177	29.861	28.780	-	180.864
Kohle	MWh	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	MWh	72.915	6.803	205.910	4.047	-	289.675
Wasserstoff	MWh	-	-	457.225	-	-	457.225
Sonstige Energieträger	MWh	-	-	-	-	-	-
Kraftstoffe	MWh	-	-	-	-	20.237	20.237
PtL	MWh	-	-	-	-	106.915	106.915
Summe	MWh	384.377	59.965	939.581	48.494	240.055	1.672.472

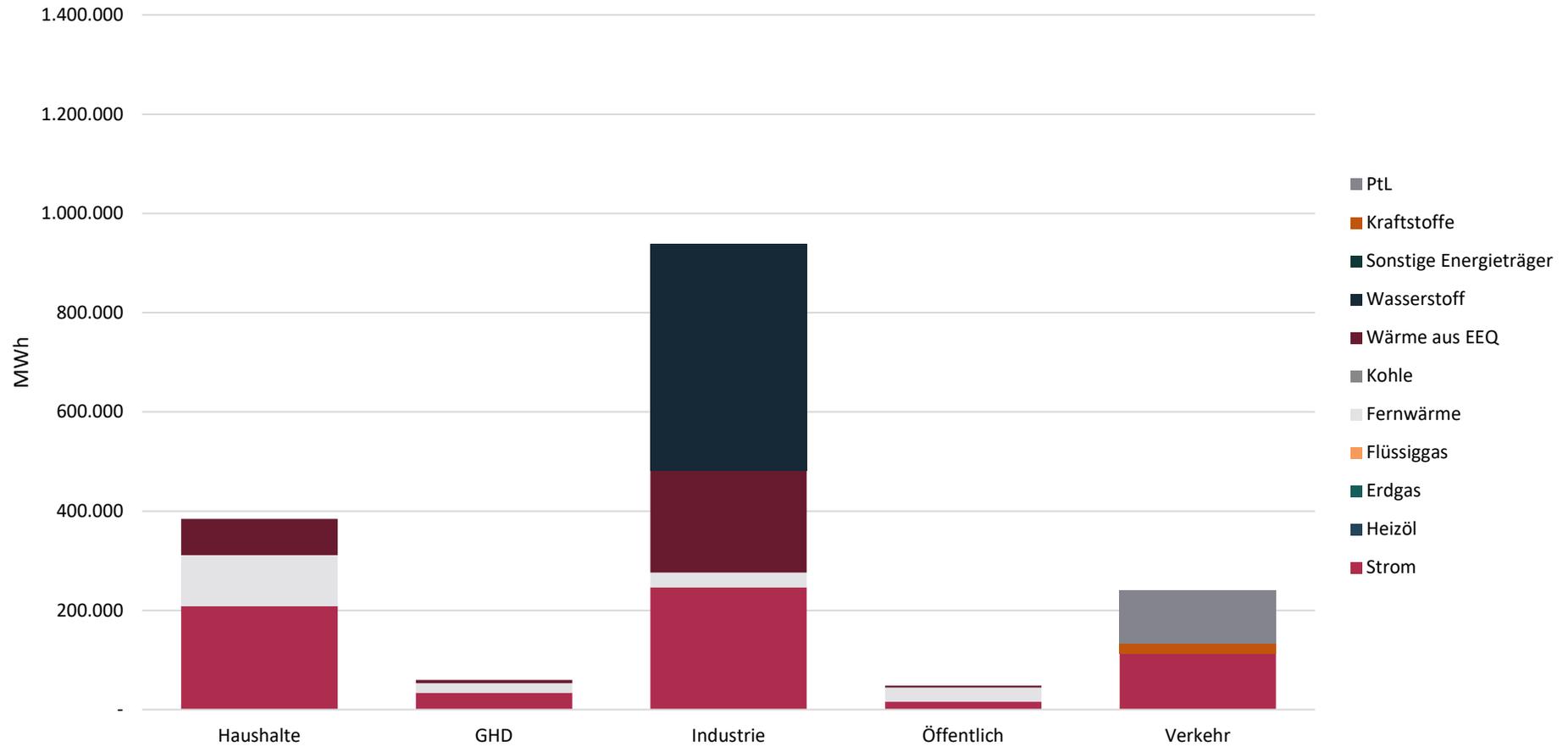
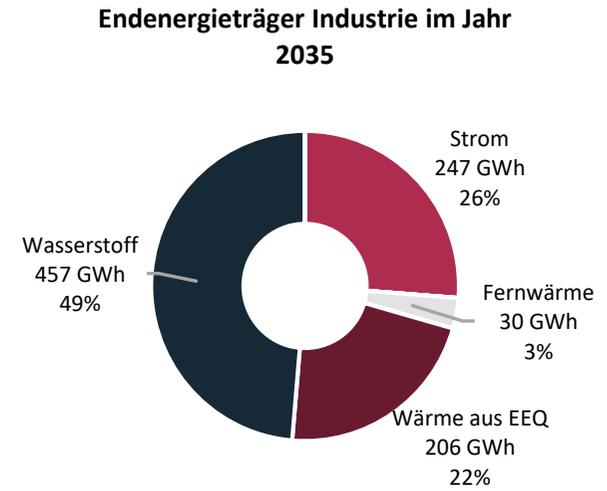
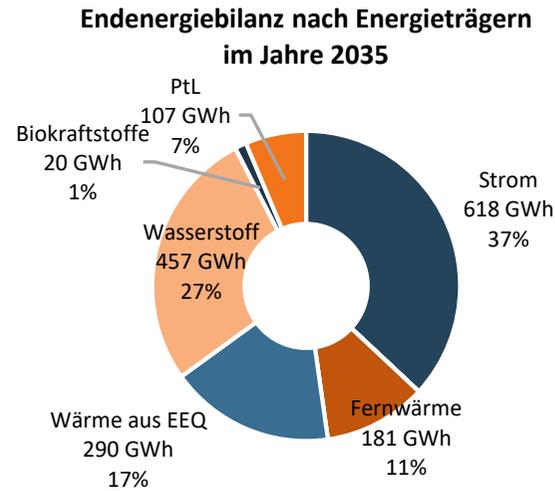
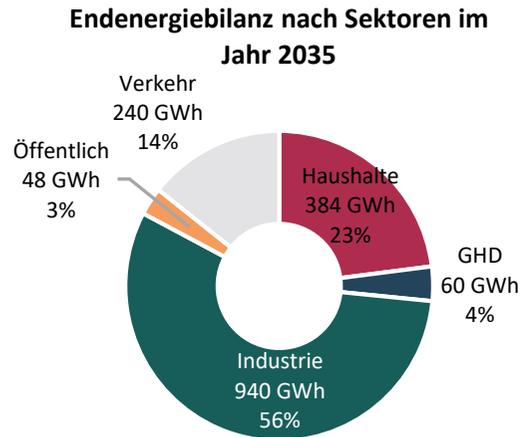
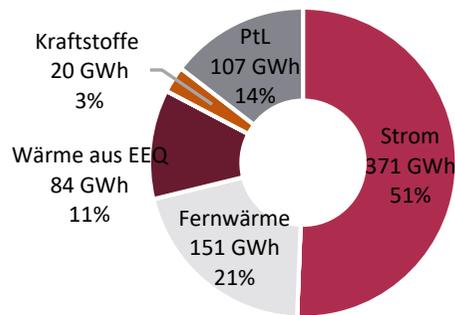


Abbildung 59: Endenergiebilanz Szenario 2 im Jahr 2035



Endenergieträger Haushalte, GHD, Kommunal, Verkehr im Jahr 2035



Energieerzeugung im Jahr 2035

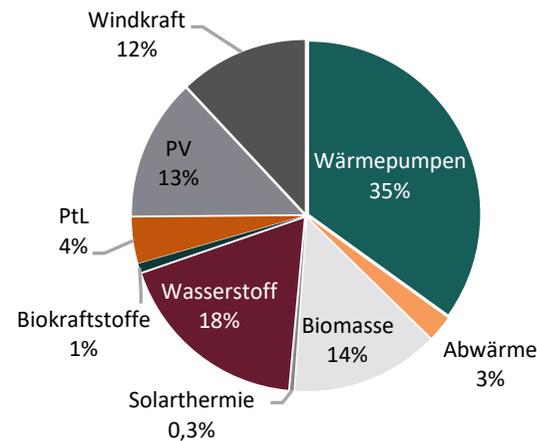


Abbildung 60: Endenergiebilanz nach Sektoren und Energieträgern, Endenergieträger in Industrie und restlichen Sektoren und Energieerzeugung Szenario 2 im Jahr 2035

Tabelle 27: THG-Bilanz Szenario 2 im Jahr 2029

Energieträger	Einheit	Haushalte	GHD	Industrie	Kommunal	Verkehr	Summe
Strom	t _{CO2}	26.297	4.809	28.477	1.973	9.983	71.539
Heizöl	t _{CO2}	23.990	-	-	-	-	23.990
Erdgas	t _{CO2}	57.141	10.968	172.837	5.508	-	246.453
Flüssiggas	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Fernwärme	t _{CO2}	1.040	429	73	3.167	-	4.708
Kohle	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Wärme aus EEQ	t _{CO2}	1.378	29	1.047	5	-	2.459
Wasserstoff	t _{CO2}	-	-	-	-	-	-
Sonstige Energieträger	t _{CO2}	20.071	-	-	-	549	20.620
Kraftstoffe	t _{CO2}	-	-	-	-	75.512	75.512
Summe	t _{CO2}	129.917	16.235	202.432	10.652	86.044	445.280

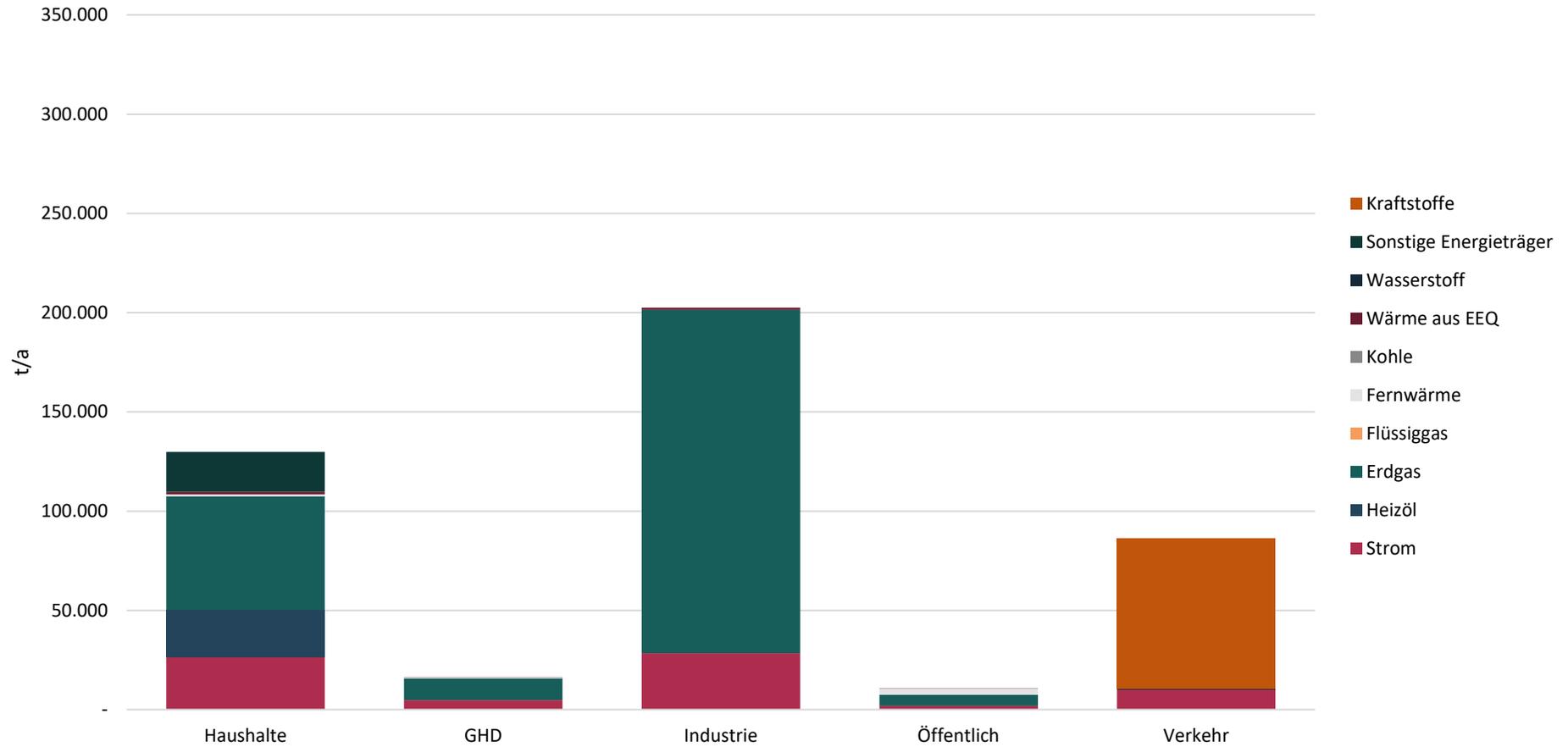


Abbildung 61: THG-Bilanz Szenario 2 im Jahr 2029

4.5.3 THG-Neutralitätspfad

Zusammenfassend ist der Pfad zur THG-Neutralität für beide Szenarien in Abbildung 62 dargestellt. Für das Szenario 1 wird angenommen, dass nach 2035 aufgrund verschärfter Rahmenbedingungen ein stärkerer Absenkpfad verfolgt wird. Zu diesen Rahmenbedingungen gehören z.B. eine verstärkte Rolle von Wasserstoff, eine verstärkte Umsetzung von Maßnahmen nach Planung und Vorbereitung sowie eine Verschärfung der gesetzlichen Vorgaben auf Landes- und Bundesebene. Demnach ist die Klimaneutralität gemäß Bundesziel bis 2045 zu erreichen. Im Szenario 2 wird dieses Ziel bereits im Jahr 2035 erreicht.

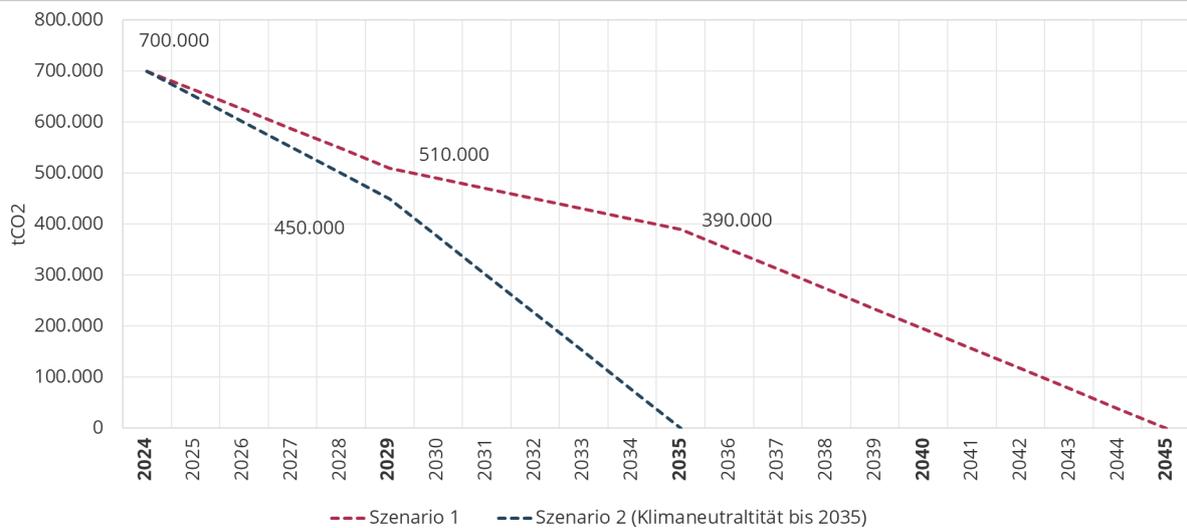


Abbildung 62: THG-Neutralitätspfad der Zielszenarien

5 Maßnahmenkatalog

Aus den Betrachtungen im Rahmen der Energieleitplanung wurde eine Energiewendestrategie mit verschiedenen kurz- und langfristigen Maßnahmen abgeleitet. Diese Strategie besteht im Wesentlichen aus zwei Säulen: Zum einen soll der Energiebedarf durch energetische Gebäudesanierung und Effizienzsteigerungen im Wärme- und Strombereich gesenkt werden, zum anderen soll der verbleibende Wärmebedarf durch Wärmenetze und dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien sowie der Strombedarf durch regenerative Stromerzeugungsanlagen gedeckt werden.

Um das Ziel einer klimaneutralen Energieerzeugung zu erreichen, wurden im Rahmen der Energieleitplanung für das Stadtgebiet von Aalen sowohl kurzfristige als auch langfristige Maßnahmen identifiziert, die notwendig sind, um das angestrebte Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035) zu erreichen. Die Maßnahmen wurden gemeinsam mit der Stadtverwaltung und den Stadtwerken entwickelt und sind somit mit zwei wichtigen lokalen Akteuren im Energiebereich abgestimmt.

Die kurzfristigen Maßnahmen sollten spätestens vier Jahre nach Abschluss der Wärmeplanung begonnen und bestenfalls bereits in diesem Zeitraum umgesetzt werden. Bei den langfristigen Maßnahmen erstreckt sich die Umsetzung über einen längeren Zeitraum. Sie müssen daher kontinuierlich verfolgt und umgesetzt werden, bis das Ziel der Klimaneutralität erreicht ist. Viele Maßnahmen bieten die Chance, durch integrale Planung, d.h. Vernetzung und Abstimmung der verschiedenen Akteure und Gewerke, Synergien zu nutzen.

Im Folgenden wird ein Überblick über die erarbeiteten Maßnahmen gegeben, die dann in den folgenden Abschnitten in einzelnen Maßnahmensteckbriefen vorgestellt werden:

Kurzfristige Maßnahmen

Startermaßnahmen

- 1.1. Aufbau eines Planungsstabs zur Stadt- und Infrastrukturentwicklung im Kontext der Energieleitplanung und Schaffung der erforderlichen Personalstellen
- 1.2. Integrierte energetische Quartierskonzepte in den Gebieten Friedrichsstraße, Rönenberg Heide, Galgenberg, Stadtzentrum, Am Johann Friedhof und Greut (fünf Einzelmaßnahmen)
- 1.3. Machbarkeitsstudien für mögliche neue Wärmenetze in Fernwärmeuntersuchungsgebieten Kategorie 1 und 2
- 1.4. Erstellung einer Stromnetzplanung für das Verteilnetz
- 1.5. Transformationsnetzwerk für Industrie mit Unterstützung der städtischen Wirtschaftsförderung
- 1.6. Kommunikationsoffensive zur Energieleitplanung

Weitere kurzfristige Maßnahmen

- 1.7. Transformationskonzept für den Aufbau von erneuerbarer Wärmeerzeugung für Bestandswärmenetze

- 1.8. Förderrichtlinie zu den Themen energetische Bestandssanierung, Heizungstausch (erneuerbare Wärme) und Photovoltaik
- 1.9. Intensivierung der kostenlosen Beratungsgespräche zu Heizungstausch und energetische Sanierungen
- 1.10. Aufbau eines Abwärmekatasters
- 1.11. Erstellung von Fachplanungen und eines Konzeptes zur Förderung nachhaltiger Mobilität

Langfristige Maßnahmen

- 2.1. Ausbau Freiflächen-Photovoltaik
- 2.2. Ausbau Windkraft inkl. Repowering
- 2.3. Prüfung Errichtung weiterer Umspannwerke in Aalen
- 2.4. Umsetzung der Stromnetzplanung durch Ertüchtigungen und Ausbau auf Verteilnetzebene
- 2.5. Ausbau und Aufbau von regenerativ betriebenen Wärmenetzen in Untersuchungsgebieten
- 2.6. Installation von dezentralen, erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen außerhalb von Wärmenetzen
- 2.7. Erweiterung des Produktangebots der Stadtwerke Aalen für die dezentrale Wärmeversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien
- 2.8. Energetische Gebäudesanierung und Umstellung auf erneuerbare Wärme und Ausbau von PV bei kommunalen Gebäuden
- 2.9. Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen in den weiteren Sektoren
- 2.10. Anschluss an nationales Wasserstoffkernnetz

Bei den Maßnahmensteckbriefen ist zu beachten, dass die dargestellten Informationen eine Momentaufnahme sind, deren Rahmenbedingungen und Inhalte sich ändern können. Im Besonderen trifft dies auf den Bereich Förderungen zu. Durch die aktuelle Überarbeitung des Bundeshaushalts für das Jahr 2024 (Stand: Dezember 2023) ist ein Großteil der Bundesförderungen momentan ausgesetzt [31]. Es ist nicht bekannt, ob und wann diese Förderungen wieder zur Verfügung stehen.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass sich die Förderkulisse sehr schnell ändern kann. Es wird daher empfohlen, bei der Detailplanung der Maßnahme im Einzelfall zu prüfen, welche Fördermittel in Frage kommen. Dementsprechend beschreibt die Kategorie „Fördermittel“ die derzeit existierenden Fördermittel unter der Voraussetzung, dass der Haushalt für das Jahr 2024 mit den geplanten Budgets freigegeben wird.

Mit Blick auf die Fördermittellandschaft ergeben sich weiter gedacht auch Abhängigkeiten der Kommunen von übergeordneten Regularien und Regulatoren. Kommunale Instrumente haben mitunter eine begrenzte Wirkung zur Gestaltung und sind durch Gesetzgebung auf Landes- und Bundesebene limitiert. Die kommunalen Einflussbereiche können prinzipiell in vier Kategorien eingeteilt werden [32]:

- Einflussbereich 1 „Verbraucher/Vorbild“
Hier geht es darum, wie die Stadt den Energieverbrauch beeinflusst. Zum Beispiel kann die

Stadt die Straßenlampen auf eine umweltfreundlichere Technologie umstellen oder die Art und Weise verbessern, wie sie Dinge einkauft, um weniger Treibhausgase zu erzeugen. Auch wenn kommunale Unternehmen wie Wohnungsbaugesellschaften oder öffentliche Verkehrsbetriebe Maßnahmen ergreifen, um ihren Energieverbrauch zu senken, fallen sie in diesen Bereich. In diesem Bereich hat die Kommune die größte Effektivität aus Klimaschutzmaßnahmen, da sie direkt Einfluss auf Verbräuche und Versorgung nehmen kann.

- Einflussbereich 2: Versorgen/Anbieten

Hier kümmert sich die Stadt darum, wie sie Energie und andere Dienstleistungen bereitstellt. Zum Beispiel betreiben viele Städte Fernwärmenetze, die umweltfreundliche Wärme liefern könnten, aber oft noch nicht so umweltfreundlich sind. Außerdem bietet die Stadt oft öffentliche Verkehrsmöglichkeiten an und kümmert sich um die Versorgung mit Trinkwasser, die Entsorgung von Abwasser und Müll. Mit den Stadtwerken Aalen als kommunaler Versorger hat die Stadt Aalen auch in diesem Bereich ein erhebliches Einflusspotenzial.

- Einflussbereich 3: Regulieren

Die Stadt kann auch Vorschriften und Pläne erstellen, die den Klimaschutz fördern. Zum Beispiel kann sie Gebiete für Wind- oder Solaranlagen ausweisen oder Energiestandards für Gebäude festlegen. Auch im Bereich der Mobilität kann die Stadt Regeln aufstellen, zum Beispiel für das Parken. Der Bereich Regulieren beschränkt sich auf die kommunalen Planungs- und Ordnungsinstrumente, z.B. die Flächennutzungsplanung. Diese bewegen sich im Rahmen der aktuellen Handlungsmöglichkeiten von Kommunen durch die übergeordnete Gesetzgebung, die zu berücksichtigen ist, z.B. die Möglichkeiten in der Straßen- und Radverkehrsinfrastruktur oder im Bereich von Energiestandards für Gebäude.

- Einflussbereich 4: Beraten/Motivieren

Nicht zuletzt ist es wichtig, die Bürger dazu zu motivieren, umweltfreundlicher zu handeln. Die Stadt kann das durch Beratungsangebote tun, zum Beispiel zu Solaranlagen oder Energiesparen. Information, Transparenz, Beteiligung und Anreize wie Förderprogramme können dabei helfen, die Menschen zu motivieren. Die Wirkung der Kommune ist hier nur mittelbar, kann jedoch ein erheblicher Multiplikator und Katalysator für Bürger und Wirtschaft sein. Herausfordernd ist in diesem Bereich die hohe Personalintensität, welche die Kommune bei einem breiten Beratungsangebot stemmen muss. Ebenso beschränkt die Haushaltslage stark die Möglichkeit finanzielle Anreize zu schaffen.

Die Hemmnisse in diesen Einflussbereichen in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen für Kommunen lassen sich wie folgt eingrenzen [32]:

- Klimaschutz wird derzeit nicht angemessen in Fachgesetzen berücksichtigt, die sich an Kommunen richten oder von ihnen umgesetzt werden. Fast alle Maßnahmen beruhen auf freiwilligem lokalem Handeln.
- Regularien im Bereich Natur- und Ordnungsrecht stehen z.T. Klimaschutzmaßnahmen auf kommunaler Ebene entgegen. Dies betrifft zum einen die Umsetzung selbst (z.B. flächendeckende Tempo 30-Zonen) als auch den hohen Aufwand für Genehmigung und

Vorbereitung von Maßnahmen. Eine Vereinfachung und ganzheitlichere Verknüpfung der Vorgaben auf übergeordneter Ebene, z.B. Land oder Bund wird national als Voraussetzung gesehen, um auf kommunaler Ebene schneller und handlungsfähiger zu sein.

- Maßnahmen zur Aktivierung privater Gebäudebesitzer und der Industrie haben großes Potenzial, werden aber nicht vollständig genutzt, da sie freiwillig sind und die Zuständigkeiten der Kommunen erweitert werden müssten, um dieses Potenzial besser zu nutzen.
- Es fehlt oft das spezifische Know-how für regulierende Maßnahmen, was dazu führt, dass diese nicht umgesetzt werden, zum Beispiel die Verpflichtung zur Nutzung von Fernwärme oder die temporäre Umwidmung von Straßen zu Radwegen.
- Wenn Fachgesetze mit Klimaschutzkriterien angereichert werden, die auch für Kommunen relevant sind, wird der zusätzliche personelle Aufwand für die Umsetzung vor Ort nicht berücksichtigt oder vergütet.
- Es gibt grundsätzliche Hemmnisse wie fehlende Personalkapazitäten und finanzielle Mittel für notwendige Investitionen. Die Ursachen, wie beispielsweise dem Mangel an Fachkräften, kann die Kommune nur in geringen Maße oder indirekt beeinflussen.

Daneben spielt der Verkehrssektor bei der Erreichung der Klimaneutralität eine weitere Rolle, wurde aber aufgrund der Komplexität nicht im Rahmen der Energieleitplanung betrachtet. Ergänzend wird empfohlen, die strukturelle Mobilität in der Stadt Aalen unter dem Aspekt der Klimaneutralität zu betrachten und mit der Energieleitplanung zusammenzuführen. Dazu gehören die Gestaltung der Mobilität und die Betrachtung der Verkehrswege bis hin zur Vermeidung ebenso wie der Aufbau neuer Infrastrukturen, z.B. für synthetische Kraftstoffe und Elektromobilität.

5.1 Kurzfristige Maßnahmen

Maßnahme 1.1:

Aufbau eines Planungsstabs zur Stadt- und Infrastrukturentwicklung im Kontext der Energieleitplanung und Einrichten notwendiger Personalstellen

Beschreibung der Maßnahme:

- Die komplexe Aufgabe des Ausbaus von Wärmenetzen setzt eine langfristige integrale Planung voraus, die mit anderen Themenbereichen, wie zum Beispiel der Stadtplanung und der Planung von anderen Versorgungsnetzen sowie von Straßen und Tiefbaumaßnahmen verzahnt werden muss.
- Um eine reibungslose Abstimmung zwischen den Themenbereichen, insbesondere den nachfolgend beschriebenen Maßnahmen zu gewährleisten, wird empfohlen, einen gemeinsamen Planungsstab für die Entwicklung von Stadt- und Infrastruktur ins Leben zu rufen.
- Hier können themenübergreifende Sachverhalte abgestimmt und eine gemeinsame Planung vorangetrieben werden.
- Durch die gemeinsame Durchführung von Straßen- und Tiefbauarbeiten, Ver- und Entsorgungsleitungen sowie Maßnahmen der Klimaanpassung und Stadtplanung können Synergien genutzt werden.
- Ggf. sollten für die Koordination der Energieleitplanung neue Personalstellen eingerichtet werden.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einrichtung der Arbeitsgruppe • Anzahl der abgestimmten Entscheidungen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Etablierung eines Planungsstabs im Jahr 2024, danach regelmäßige Treffen 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition der Zusammensetzung und der Aufgaben des Planungsstabs • Einrichtung des Planungsstabs und Vereinbarung von regelmäßigen Treffen einschließlich Schaffung neuer Personalstellen • Erarbeitung von gemeinsamen Leitlinien für Stadt- und Infrastrukturentwicklung
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen • Stadtwerke Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ggf. übergeordnete Behörden, wie zum Beispiel das Landratsamt Ostalbkreis; Hochschule

	<ul style="list-style-type: none"> • SWA, Wohnungsbauunternehmen, Industrie, GHD • IHK • Beratungsstellen des Landes / Bundes, EKO, KEFF+ regionale Kompetenzstelle Ressourceneffizienz, PV-Netzwerk, Kompetenzzentrum Abwärme
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.2:

Integrierte energetische Quartierskonzepte in den Gebieten Friedrichstraße, Rötenberg Heide, Galgenberg, Stadtzentrum, Am St. Johann Friedhof und Greut

Beschreibung der Maßnahme:

- Integrierte energetische Quartierskonzepte bieten eine gute Möglichkeit, Quartiere und ihre Energieversorgung genauer zu analysieren und daraus Maßnahmen abzuleiten. Im Rahmen der Energieleitplanung wurden hierfür Vorzugsgebiete identifiziert (siehe Abbildung 63).
- Unter Berücksichtigung städtebaulicher, denkmalpflegerischer, baukultureller, naturschutzfachlicher, wohnungswirtschaftlicher, demografischer und sozialer Aspekte zeigen integrierte Quartierskonzepte Potenziale zur Energieeinsparung, Optionen für den Einsatz erneuerbarer Energien und Möglichkeiten zur Anpassung an den Klimawandel im Quartier auf. Es soll ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden.
- Im Rahmen der Energieleitplanung konnten für die genannten Gebiete lediglich überblicksartige Wärmeversorgungs-lösungen vorgeschlagen werden. Integrierte energetische Quartierskonzepte eignen sich besser, um exaktere Vorschläge für das jeweilige Gebiet zu machen.
- Weiterhin kann im Nachgang eines integrierten energetischen Quartierskonzeptes ein Sanierungsmanagement eingesetzt werden, das die Umsetzung der Maßnahmen beratend begleitet.

Mögliche Förderungen:

- Ggf. Förderung zur Klimafolgenanpassung
- Bei Umsetzung profitieren Eigentümer von BEG-Förderungen (erneuerbare Wärme, Energieeffizienz) oder Nutzung degressiver Abschreibung

Messgrößen zur Zielerreichung:

- Erarbeitete Quartierskonzepte im Stadtgebiet Aalen
- Umgesetzte Maßnahmen aus Quartierskonzepten

Zeithorizont zur Umsetzung:

- Durchführung der Quartierskonzepte in den Jahren 2024 bis 2026.

Schritte zur Umsetzung:

- Schärfung und Priorisierung der für Quartierskonzepte identifizierten Gebiete
- Erarbeitung des energetischen Quartierskonzeptes
- Umsetzung der Maßnahmen aus dem Quartierskonzept, ggf. begleitet durch ein Sanierungsmanagement

Verantwortliche Akteure:

- Stadtverwaltung für die Beantragung der Quartierskonzepte

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Stadtwerke Aalen oder andere Betreiber von Wärmeerzeugungsanlagen sowie Gebäudeeigentümer für die Umsetzung der erarbeiteten Maßnahmen

Kostenabschätzung:

- Ca. 600.000 €

THG-Minderung:

- mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

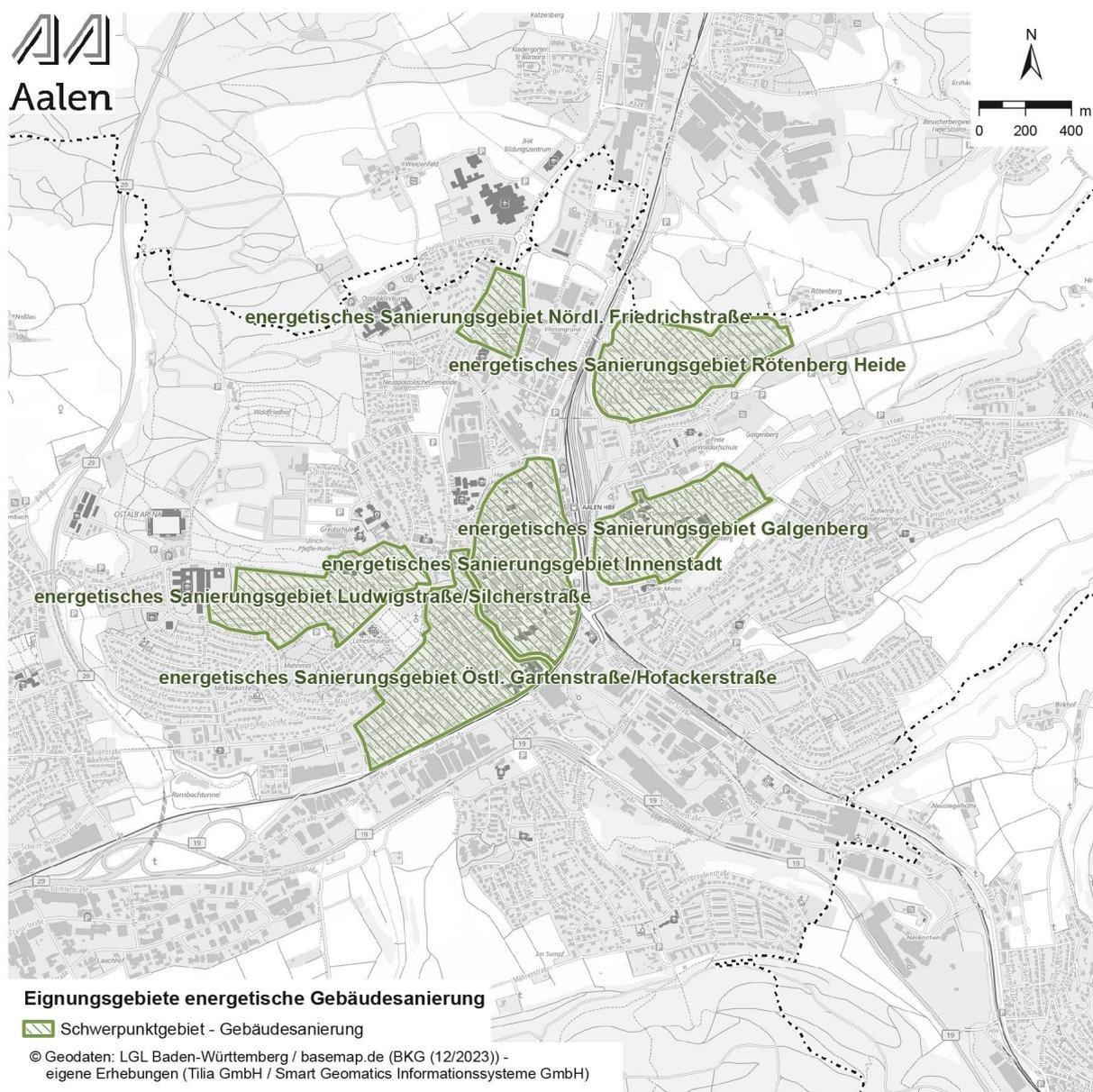


Abbildung 63: Schwerpunktgebiete für integrierte energetische Quartierskonzepte

Maßnahme 1.3:

Machbarkeitsstudien für mögliche neue Wärmenetze in Fernwärmeuntersuchungsgebieten der Kategorie 1 und 2

Beschreibung der Maßnahme:

- Für Gebiete, in denen ein neues Wärmenetz aufgebaut werden soll, wird empfohlen, Machbarkeitsstudien durchzuführen.
- In den Machbarkeitsstudien kann die wirtschaftliche und technische Effizienz und Realisierbarkeit des Netzes näher untersucht werden.
- Sie sind vor allem dort zu empfehlen, wo innovative Energiequellen (wie z.B. Abwärme) genutzt werden sollen oder die Trassenführung des Netzes noch unklar ist.
- Machbarkeitsstudien können vom BAFA gefördert werden, ebenso die darauf aufbauenden Investitionen. Es ist zu beachten, dass neue Wärmenetze ab dem 01.01.2025 mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden müssen. [33]

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Machbarkeitsstudien können vom BAFA gefördert werden (Modul 1), in Modul 2 können darauf aufbauend die Investitionen bezuschusst werden 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl erarbeiteter Machbarkeitsstudien • Installierte Leistung bei neuen Wärmenetzen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beantragung der Förderung für Machbarkeitsstudien möglichst in den Jahren 2024 und 2025, danach jeweils etwa einjährige Erarbeitung der Studie und schrittweise Umsetzung der Konzepte bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beantragung der Förderung beim BAFA • Erarbeitung der entsprechenden Machbarkeitsstudien • Aufbau von Wärmenetzen in den jeweiligen Gebieten
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen als Netzbetreiber für die Beantragung und Erstellung der Machbarkeitsstudien 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Zusammenarbeit bei der Planung und Genehmigung von Anlagen • Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer als Anschlussnehmer der Wärmenetze
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Anzahl und Ausführung, ca. 100.000 – 200.000 € pro Studie 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.4:

Erstellung einer Stromnetzplanung für das Verteilnetz

Beschreibung der Maßnahme:

- Durch den Ausbau von Wärmepumpen und Elektroautos wird für das Stadtgebiet Aalen für die Zukunft ein steigender Strombedarf prognostiziert.
- Um diesen Strombedarf decken zu können, bedarf es eines Ausbaus des Verteilnetzes.
- Für den Ausbau muss eine strategische Planung erstellt werden, bei der die Anforderungen an das Verteilnetz durch den steigenden Strombedarf abgebildet wird.
- Erneuerbare Erzeugungsmengen müssen im Netz aufgenommen werden.
- Untersuchung zu großen Stromspeichern im Netz
- Kommunikation: Veranstaltungen und Pressemitteilungen

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine Förderungen bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitete Stromnetzplanung, die die Vorlage für den Ausbau des Stromnetzes bietet
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Planung für den Ausbau des Stromnetzes sollte möglichst bis spätestens Ende 2025 vorliegen 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung einer Langfrist-Prognose für den steigenden Strombedarf im Stadtgebiet • Erarbeitung eines Ausbauplans für den Ausbau des Verteilnetzes • Umsetzung des Ausbauplans (siehe Maßnahme 2.4)
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für Informationen zur Planung, z.B. bei Bevölkerungsentwicklung und Neubaugebieten
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Iterativer Prozess und abhängig vom energiewirtschaftlichen Rahmen, daher nicht genau abschätzbar 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.5:

Transformationsnetzwerk für Industrie mit Unterstützung der städtischen Wirtschaftsförderung

Beschreibung der Maßnahme:

- Mit der Wirtschaftsförderung hat die Stadt eine Position nahe an der Industrie. Diese kann und sollte nach einer Neubesetzung (zum Zeitpunkt ELP unbesetzt) genutzt werden, um auch bei der Transformation der Energieversorgung zu unterstützen.
- Dazu kann die Position eine moderierende und vernetzende Rolle einnehmen zwischen den ansässigen Unternehmen und den Austausch als auch Kooperationen fördern.
- Gleichzeitig kann die Position auch eine beratende Rolle einnehmen, ggf. in Zusammenarbeit mit etablierten Institutionen wie der IHK oder der KEFF+ im Bereich Konzeption, Fördermittel und Finanzierung.
- Dabei kann die Position ganzheitlich nicht nur energetische Themen und Belange des Klimaschutzes berücksichtigen, sondern idealerweise auch Themen der Stadt- und Industrieentwicklung der Stadt Aalen miteinander verknüpfen.
- Die Maßnahme bietet Unternehmen dabei auch Vorteile im Bereich der gesetzlichen Pflichten zur Steigerung der Energieeffizienz (vgl. EDL-G, EnEFG).

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft • Energieberatung im Mittelstand 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl teilnehmende bzw. unterstützte Unternehmen • Anzahl durchgeführter Maßnahmen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eines Netzwerks und Beratungsangebots innerhalb der nächsten 3 Jahre 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personelle Besetzung der Wirtschaftsförderung • Vernetzung mit weiteren Institutionen (IHK, KEFF+) • Definition von Konzept und Zielstellungen • Ansprache von Unternehmen
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industriebetriebe
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.6:

Kommunikationsoffensive zur Energieleitplanung

Beschreibung der Maßnahme:

- Die Energieleitplanung ist ein komplexer strategischer Fahrplan, der für die Bevölkerung verständlich und zugänglich gemacht werden muss, sodass Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer ihre zukünftige Wärmeversorgung daran ausrichten können.
- Hierzu ist es wichtig, dass die Inhalte des Energieleitplans aktiv aufbereitet und bekannt gemacht werden.
- Es wird deshalb empfohlen, über Veröffentlichungen, Informationsveranstaltungen und Beratungsangebote die Inhalte des Energieleitplans an die relevanten Akteure und die Öffentlichkeit zu kommunizieren.
- Einrichten einer Internetseite zum Energieleitplan

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl Veröffentlichungen zum Energieleitplan Aalen • Anzahl Informationsveranstaltungen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ab 2025 kontinuierliche Kommunikation bis zur Fortschreibung des Energieleitplans 2029 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung einer Kommunikationsstrategie • Erarbeitung und Durchführung von Veröffentlichungen, Informationsveranstaltungen und Beratungsangeboten
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Zusammenarbeit mit Verbraucherzentrale als Anlaufstelle für unabhängige Beratungen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.7:

Transformationskonzept für den Aufbau von erneuerbarer Wärmeerzeugung für Bestandswärmenetze

Beschreibung der Maßnahme:

- Das Bestandswärmenetz in Aalen wird momentan durch erdgasbasierte Wärmeerzeugungsanlagen beheizt.
- Sowohl für das Bestandswärmenetz als auch für dessen Erweiterung ist es für die Wärmewende fundamental, dass die Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien umgestellt wird.
- Hierzu gibt es auch Vorgaben der Bundesregierung: Bestandswärmenetze, wie das in Aalen, müssen bis zum Jahr 2030 zu 30 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden und bis 2040 zu 80 %. [33]
- Das Konzept zur Transformation kann vom BAFA gefördert werden, ebenso die darauf aufbauenden Investitionen.
- Kommunikation: Veranstaltungen und Pressemitteilungen

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transformationskonzepte können vom BAFA gefördert werden (Modul 1), in Modul 2 können darauf aufbauend die Investitionen bezuschusst werden 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitetes Transformationskonzept • Anteil erneuerbarer Energien im Bestandswärmenetz
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beantragung der Förderung des Transformationskonzeptes möglichst noch 2024, danach einjährige Erarbeitung und schrittweise Umsetzung des Konzeptes bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beantragung der Förderung beim BAFA • Erarbeitung des Transformationsplans • Transformation des Bestandswärmenetzes hin zu erneuerbaren Energien
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen als Netzbetreiber für die Beantragung und Erstellung des Transformationskonzeptes 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für Zusammenarbeit bei der Planung und Genehmigung von Anlagen • Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer für die Verdichtung und den Ausbau des Wärmenetzes
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Anzahl und Ausführung, ca. 100.000 – 200.000 € pro Studie 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.8:

Förderrichtlinie zu den Themen energetische Bestandssanierung, Heizungstausch (erneuerbare Wärme) und Photovoltaik

Beschreibung der Maßnahme:

- Die Themenbereiche energetische Gebäudesanierung, erneuerbare Wärmeerzeugungsanlagen und Photovoltaikanlagen sind verbunden mit Maßnahmen, die Fachkenntnis und hohe Investitionen erfordern. Diese müssen häufig von finanzschwachen Bevölkerungsgruppen, wie zum Beispiel Gebäudeeigentümern mit geringem Vermögen oder kleineren Unternehmen mit wenig Rücklagen finanziert werden.
- Um einen sozialen Ausgleich bei den Maßnahmen zu schaffen, wird empfohlen, diese mit einer spezifischen Förderrichtlinie in der Stadt Aalen zu begleiten. Zwar gibt es mögliche Förderungen von der Bundesregierung, diese sind jedoch in einigen Fällen nicht ausreichend, um die finanzielle Belastung ausreichend zu mildern.
- Maßnahmen identifizieren, die am effizientesten Treibhausgasemissionen einsparen (PV, erneuerbare Wärme, Dämmung der obersten Geschossdecke, Fenster abdichten/erneuern, smarte Technologien wie Thermostatsteuerung per APP).
- Weiterhin wird empfohlen, diese Themen mit kostenlosen Beratungsangeboten zu begleiten (siehe auch Maßnahme 1.5), um die Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer mit den nötigen Fachkenntnissen zu unterstützen.
- Aus diesem Grund sollte für das Stadtgebiet Aalen analysiert werden, wo gezielte Förderungen zu diesen Themen notwendig sind und daraus entsprechende Förderrichtlinien entwickelt werden.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Förderungen sollen die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) ergänzen. 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Budget der zusätzlichen angebotenen und genutzten Förderungen im Stadtgebiet Aalen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der entsprechenden Förderrichtlinie bis spätestens 2025 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einigung für eine Förderrichtlinie für die Einwohnerinnen und Einwohner der Stadt Aalen • Verabschiedung der Förderrichtlinie durch den Stadtrat • Aufbau einer Struktur zur Verwaltung und Auszahlung der Förderung

<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung für die Ausarbeitung der Förderrichtlinien • Gemeinderat für den entsprechenden Beschluss 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer für die Beantragung und Nutzung der Förderungen • Finanzabteilung der Stadtverwaltung für die Auszahlung und Verwaltung der Fördergelder
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.9:

Intensivierung der kostenlosen Beratungsgespräche zu Heizungstausch (erneuerbare Wärme) und energetische Sanierungen

Beschreibung der Maßnahme:

- Für Aalen bietet die Energiekompetenzstelle Ostalb (EKO) in Böbingen bereits kostenfreie Beratungsgespräche, u.a. zu den Themen Heizungstausch auf Basis Erneuerbarer Energien und Sanierungen an. EKO führt auch regelmäßig im Rathaus Aalen Beratungsgespräche durch. [34]
- Die Stadtverwaltung Aalen bietet im Rathaus Aalen ebenfalls eine kostenfreie Bürgerberatung an: „Bauberatung: Klimafreundliches Bauen“.
- Um die Wärmewende voranzutreiben, wird empfohlen, dieses Beratungsangebot weiter beizubehalten und bei hoher Nachfrage auszubauen. Weiterhin sollte das Beratungsangebot noch aktiver beworben werden, sodass eine möglichst große Menge an Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern diese Beratungsangebote nutzen können.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende detailliertere Energieberatung kann vom BEG gefördert werden 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl durchgeführter Beratungsgespräche
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontinuierliche Durchführung von Beratungsgesprächen 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswertung der aktuell durchgeführten Beratungsgespräche • Ausweitung des Angebots bei sehr hoher Nachfrage • Aktive Bewerbung der Beratungsgespräche
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bauberatung: Klimafreundliches Bauen der Stadt Aalen • Energiekompetenzstelle Ostalb (EKO) 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Zusammenarbeit mit der Verbraucherzentrale als Anlaufstelle für unabhängige Beratungen und Onlineangebote • Informationsquellen: z.B. Zukunft Altbau BW
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.10:

Aufbau eines Abwärmekatasters

Beschreibung der Maßnahme:

- Im Stadtgebiet Aalen existieren mehrere Industriebetriebe, deren Abwärme zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden könnte.
- Im Rahmen der Energieleitplanung Aalen wurden bereits einige Abwärmequellen identifiziert, weitere Abwärmequellen können durch anschließende Gespräche mit potenziellen Abwärmelieferanten hinzukommen.
- Um mögliche Nutzerinnen und Nutzer auf diese Abwärmequellen hinzuweisen, wird empfohlen, die Informationen über industrielle Abwärme in einem entsprechenden Kataster zu sammeln

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine geeigneten Förderungen bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veröffentlichung des Wärmekatasters • Anzahl der Einträge im Wärmekataster
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau des Katasters innerhalb der nächsten Jahre 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung von weiteren Gesprächen mit potenziellen Abwärmelieferanten • Erarbeitung und Veröffentlichung eines Abwärmekatasters
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Industriebetriebe zur Lieferung der Informationen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 1.11:

Erstellung von Fachplanungen und eines Konzeptes zur Förderung nachhaltiger Mobilität

Beschreibung der Maßnahme:

- Um die Verkehrswende und das Ziel der Klimaneutralität bis 2035 zu erreichen, ist im Verkehrssektor eine deutliche Verlagerung des derzeitigen Kfz-Verkehrs auf den Fuß- und Radverkehr notwendig. Der verbleibende motorisierte Individualverkehr sowie der Öffentliche Verkehr sind vollständig zu elektrifizieren; die Nutzung fossiler Kraftstoffe muss durch synthetische Kraftstoffe ersetzt werden.
- Qualifizierte Mobilitätskonzepte, wie bspw. Klimamobilitätsplan oder Sustainable Urban Mobility Plan, ermöglichen die notwendige Analyse des Verkehrssektors in Aalen, um daraus Maßnahmen zur Förderung der nachhaltigen Mobilität ableiten zu können.
- Zur Generierung Grundlegenden Daten sind vorbereitende Fachplanungen notwendig:
 - Identifizierung des verkehrlichen Verflechtungsrahmens
 - Status-Quo-Analyse der lokalen Verkehrs- und Mobilitätssituation sowie der Verkehrsströme aller Verkehrsarten
 - Erstellung eines intermodalen Verkehrsmodells mit unterschiedlichen Modellfällen
 - Erstellung eines Konzeptes zur Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit als begleitende Maßnahme, um bereits im Entstehungsprozess breite Zustimmung für die notwendigen Maßnahmen zu generieren
- Im Nachgang an die vorbereitenden Fachkonzepte empfiehlt sich die Erstellung eines Klimamobilitätsplans gem. § 28 Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg mit konkreten Maßnahmen.

Mögliche Förderungen:

- Die Stadt Aalen hat im Jahr 2022 die „Förderung von Sachkosten in Verbindung mit der Vorbereitungsförderung für Klimamobilitätspläne“ vom Land Baden-Württemberg bewilligt bekommen. Die Laufzeit der Förderung beträgt 3,5 Jahre und kann in Anspruch genommen werden.
- Förderprogramm „Fachkonzepte nachhaltige Mobilität“ des Landes Baden-Württemberg zur Erstellung eines Klimamobilitätsplans mit bis zu 50 % der Kosten bis maximal 200.000 €

Messgrößen zur Zielerreichung:

- Erarbeitete fachliche Teilkonzeptionen
- Umgesetzte Maßnahmen

<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einleitung der o.g. vorbereitenden Fachplanungen im Jahr 2024 • Umsetzung bis 2027, direkt anschließend Erstellung des Klimamobilitätsplans 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressourcen- und Zeitplanung • Schaffung einer Personalstelle • Aufbau von Arbeitsstrukturen • Erarbeitung des Planungsrahmens • Analyse des Status Quo • Erstellung eines intermodalen Verkehrsmodells • Erstellung eines Konzepts zur Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit • Stellung des Förderantrags für die Erstellung des Klimamobilitätsplans • Im weiteren Verlauf: Erstellung des Klimamobilitätsplans inkl. breitem Informations- und Beteiligungskonzept
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Übergeordnete Behörden • ADFC • Verkehrsverbünde • Verkehrsunternehmen • Stadtwerke Aalen • Beirat für Menschen mit Behinderung
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitungszeitraum: 260.000 € • Klimamobilitätsplan: 400.000 € 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

5.2 Langfristige Maßnahmen

Maßnahme 2.1:

Ausbau von Freiflächen-Photovoltaik

Beschreibung der Maßnahme:

- Zur regenerativen Stromerzeugung im Stadtgebiet von Aalen, ist der Ausbau von Freiflächen-Photovoltaik notwendig.
- Mögliche Flächen dafür und Potenziale sind im Abschnitt 3.4.1 des vorliegenden Berichtes erläutert
- Aufgrund der Vielzahl der Flächen ist es hier sinnvoll, eine Strategie zu erstellen, die die Priorisierung und die Ziele für den Ausbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen festlegt.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Freiflächen-PV Anlagen können über das Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert werden 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installierte Leistung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation der Anlagen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung einer Strategie zum Ausbau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen • Sukzessive Installation der Anlagen
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betreiber von Freiflächen-Photovoltaikanlagen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Genehmigung von Flächen • Netzbetreiber • Stadtwerke Aalen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 173 Mio. € 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 110.000 t_{CO2}

Maßnahme 2.2:

Ausbau Windkraft inkl. Repowering

Beschreibung der Maßnahme:

- Um im Stadtgebiet von Aalen regenerativ Strom erzeugen zu können, ist der Ausbau von Windkraftanlagen eine effiziente Option, da hier auf kleiner Fläche große Mengen Strom erzeugt werden können.
- Mögliche Flächen dafür und Potenziale werden im Abschnitt 3.4.2 des vorliegenden Berichtes erläutert.
- Um einen Ausbau der Windkraft zu ermöglichen, muss die Stadtverwaltung einen Plan erstellen, der festlegt, welche Flächen von welchen Betreibern zu welchem Zeitpunkt genutzt werden sollen.
- Gemäß dem Plan kann der Ausbau der Windkraft erfolgen, möglicherweise in mehreren Bauabschnitten.
- Kommune kann 0,2 Cent je kWh der Erzeugungsmenge erhalten

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Stromeinspeisung von Windkraftanlagen kann über das Erneuerbare-Energien-Gesetz gefördert werden 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installierte Leistung von Windkraftanlagen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation der Anlagen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung eines Plans zum Ausbau von Windkraftanlagen • Installation der Anlagen, ggf. in mehreren Bauabschnitten
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen und andere Betreiber von Windkraftanlagen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Planung des Ausbaus und Genehmigung von Flächen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 530 Mio. € 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 146.000 t_{CO2}

Maßnahme 2.3:

Prüfung und Errichtung weiterer Umspannwerke in Aalen

Beschreibung der Maßnahme:

- Durch den Ausbau von Wärmepumpen und Elektroautos wird für das Stadtgebiet Aalen zukünftig ein steigender Strombedarf prognostiziert.
- Höherer Bedarf durch Nachverdichtung und neue bzw. Erweiterung von Bau- und Gewerbegebieten.
- Damit das Stromnetz trotz höherer Auslastung Versorgungssicherheit bieten kann, muss ein entsprechender Ausbau erfolgen, ggf. auch von Umspannwerken.
- Aus diesem Grund sollen ggf. weitere Umspannwerke in Aalen errichtet werden.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuell keine Förderungen bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl installierter Umspannwerke
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation der Anlagen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung einer Strategie zum Ausbau der Umspannwerke • Installation der entsprechenden Umspannwerke
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen als Netzbetreiber 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Genehmigung von Flächen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 60 Mio. € 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine direkte Einsparung

Maßnahme 2.4:

Umsetzung der Stromnetzplanung durch Ertüchtigungen und Ausbau auf Verteilnetzebene

Beschreibung der Maßnahme:

- Durch den Ausbau von Wärmepumpen und Elektroautos wird für das Stadtgebiet Aalen zukünftig ein steigender Strombedarf prognostiziert.
- In Maßnahme 1.4 wurde bereits die Notwendigkeit der Strategie für den Ausbau des Verteilnetzes beschrieben.
- Die erarbeitete Strategie muss dann auch entsprechend umgesetzt werden. Da dies nach der Erstellung der Ausbauplanung geschieht, wird die Maßnahme hier einzeln aufgeführt.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuell keine Förderungen bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Investitionen in den Ausbau des Stromnetzes
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation der Anlagen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detailplanung zum Ausbau auf der Grundlage der Stromnetzplanung • Ausbau des Stromverteilnetzes
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen als Netzbetreiber 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Genehmigung von neuen Stromtrassenverläufen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 240 Mio. €, abhängig von Zielnetz 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine direkte Einsparung

Maßnahme 2.5:

Ausbau und Aufbau von regenerativ betriebenen Wärmenetzen (in den Untersuchungsgebieten Wasseralfingen, Unterkochen, Waldhausen, Dewangen, Ebnat, Fachsenfeld, Unterrombach, Maiergasse)

Beschreibung der Maßnahme:

- Wie in der Szenarienanalyse gezeigt, eignen sich eine Reihe von Gebieten im Stadtgebiet Aalen für den Aufbau von regenerativ betriebenen Wärmenetzen oder den Ausbau des bestehenden Wärmenetzes. Hierzu zählen zum Beispiel die Untersuchungsgebiete Wasseralfingen, Unterkochen, Waldhausen, Dewangen, Ebnat, Fachsenfeld, Unterrombach und Maiergasse
- Nachdem in Maßnahme 1.3 die Erstellung von Machbarkeitsstudien für die entsprechenden Wärmenetze empfohlen wurde, müssen im nächsten Schritt die entsprechenden Wärmenetze sowie die dazugehörige regenerative Erzeugungstechnologie aus- und aufgebaut werden.
- Hierzu sind ebenfalls Förderungen im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze möglich.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung z.B. über die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW, Modul 2) 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regenerative Erzeugungskapazitäten für Wärmenetze
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Ausbau der Netze möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung der entsprechenden Studien und Detailplanungen • Beauftragung der Bauunternehmen und Bau der Wärmenetze und Erzeugungsanlagen
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen oder andere Betreiber von Wärmenetzen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Gestattung der Wärmetrassen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 240 Mio. € für Vollausbau in allen Untersuchungsgebieten 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ca. 57.000 t_{CO2}

Maßnahme 2.6:

Installation von erneuerbaren, dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen außerhalb von Wärmenetzen

Beschreibung der Maßnahme:

- Für die Gebäude, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können, muss eine entsprechende Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlagen auf erneuerbare, dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen erfolgen.
- Die möglichen Technologien dazu werden im Rahmen der Szenarioanalyse im Abschnitt „Dezentrale Wärmelösungen“ vorgestellt.
- Die Investitionen in erneuerbare Wärmeerzeugungsanlagen können mit der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) gefördert werden.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung z.B. über die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installierte regenerative, dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umrüstung der dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beratungen und Planerstellungen zum Einbau der entsprechenden Wärmeerzeugungsanlagen • Installation der dezentralen, erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eigentümerinnen und Eigentümer von Gebäuden im Stadtgebiet Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen und Handwerksbetriebe für das Produktangebot an dezentralen, erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 700 Mio. € 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ca. 201.000 t_{CO2}

Maßnahme 2.7:

Erweiterung des Produktangebots der Stadtwerke Aalen für die dezentrale Wärmeversorgung auf der Basis erneuerbarer Energien

Beschreibung der Maßnahme:

- Wie in Maßnahme 2.6 beschrieben, muss für eine Transformation der Wärmeversorgung neben dem Aufbau von Wärmenetzen eine umfassende Umrüstung auf dezentrale, erneuerbare Wärmeerzeugungslösungen stattfinden
- Hierbei braucht es entsprechend attraktive und komfortable Angebote für Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer.
- Dabei nehmen die Stadtwerke Aalen eine Schlüsselrolle ein. Als erster Ansprechpartner für Energie im Stadtgebiet Aalen wird empfohlen, dass hier ein entsprechendes Portfolio an dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen auf der Basis von erneuerbaren Energien angeboten wird.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuell keine Förderungen bekannt 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verkaufte dezentrale, erneuerbare Erzeugungsanlagen der Stadtwerke Aalen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Installation der Anlagen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erweiterung des Produktangebotes der Stadtwerke Aalen • Verkauf und Installation der entsprechenden Anlagen
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer als Käufer der Anlagen
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung und Gestaltung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mittelbare Einsparung aus Folgemaßnahmen und -wirkung

Maßnahme 2.8:

Energetische Gebäudesanierung, Umstellung auf erneuerbare Wärme und Ausbau von PV bei kommunalen Gebäuden

Beschreibung der Maßnahme:

- Wie in der Energieleitplanung beschrieben, sind energetische Sanierungen und die Umstellung auf erneuerbare Wärme (Fernwärme/Heizungstausch) bei nahezu allen Gebäuden in Aalen notwendig.
- Dazu zählen auch die kommunalen Gebäude in Aalen, die sich im Besitz der Stadtverwaltung befinden.
- Über die kommunalen Gebäude kann die Stadtverwaltung eine Vorreiterrolle in Aalen einnehmen. Mit der Sanierung und erneuerbarer Wärmeerzeugungstechnologie bei kommunalen Gebäuden kann den Einwohnerinnen und Einwohnern von Aalen gezeigt werden, wie Gebäude effizient und klimaneutral mit Wärme und Strom versorgt werden können.
- Mittels Priorisierung können die wirtschaftlichsten bzw. effizientesten Maßnahmen identifiziert werden.

Mögliche Förderungen:

- Für den Austausch von Wärmeerzeugungsanlagen und die energetischen Sanierungen von kommunalen Gebäuden gibt es Kredite und Zuschüsse von der KfW Bank/ Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)

Messgrößen zur Zielerreichung:

- Anzahl energetischer Sanierungen und neu eingebauter erneuerbarer Wärmeerzeugungsanlagen bei kommunalen Gebäuden

Zeithorizont zur Umsetzung:

- Installation der Anlagen und Durchführung der energetischen Sanierungen möglichst bis 2035

Schritte zur Umsetzung:

- Plan der Stadtverwaltung für die energetische Sanierung und die Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlagen in kommunalen Gebäuden
- Durchführung der energetischen Sanierungen und Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlagen

Verantwortliche Akteure:

- Stadtverwaltung Aalen

Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:

- Heizungsbauer, Handwerksbetriebe und Stadtwerke Aalen zur Durchführung der energetischen Sanierungen und Umrüstung der Wärmeerzeugungsanlagen

Kostenabschätzung:

- Abhängig von Ausführung, daher Detaillierung notwendig

THG-Minderung:

- ca. 48.000 t_{CO2}

Maßnahme 2.9:

Durchführung energetischer Gebäudesanierungen in den weiteren Sektoren

Beschreibung der Maßnahme:

- Selbstverständlich betrifft die Notwendigkeit für energetische Sanierungen nicht nur kommunale Gebäude, sondern alle Sektoren
- Auch bei Wohngebäuden, Industriegebäuden, Bürogebäuden und Gebäuden mit Gewerbenutzung können durch energetische Sanierungen hohe Einsparpotenziale erzielt werden.
- Auch hier werden energetische Sanierungen empfohlen, um Einsparpotenziale im Bereich Wärme und Strom zu realisieren.
- Für das Bauen im Bestand bzw. Neubauten kann es dabei helfen, einen kommunal erstrebenswerten Effizienzstandard zu formulieren, in den folgende Grundsätze etabliert werden sollten:
 - Umsetzung von Suffizienzansätzen
 - Reduzierung der grauen Energie, robustes und langlebiges Bauen
 - Klimaanpassung
 - Freie Nachtkühlung – Einbau von Lüftungsclappen – Kaminwirkung, Passive Kühlung
 - Intelligente Raumbeheizung
 - Verbrauch von PV-Strom zum Zeitpunkt und am Standort der Erzeugung
 - Behebung von Gebäudeundichtigkeiten

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für die energetische Sanierung von Gebäuden existieren mehrere Angebote für Zuschüsse und Kredite der KfW-Bank/Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl energetischer Sanierungen im Stadtgebiet Aalen • Abnahme des Wärme- und Stromverbrauchs im Stadtgebiet Aalen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der energetischen Sanierungen möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beratung von Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern zu energetischen Sanierungen (siehe Maßnahme 1.5) • Durchführung der energetischen Sanierungen
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Handwerksbetriebe zur Durchführung der energetischen Sanierungen • Energieeffizienzberater
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abhängig von Ausführung, daher Detaillierung notwendig 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ca. 24.000 t_{CO2}

Maßnahme 2.10:

Anschluss an das nationale Wasserstoffkernnetz

Beschreibung der Maßnahme:

- Gemäß der nationalen Wasserstoffstrategie ist geplant, dass das nationale Kernnetz für Wasserstoff in der Nähe von Aalen entlanggeführt wird. [35]
- Da im Stadtgebiet Aalen mehrere Industrieunternehmen angesiedelt sind, die auf die Lieferung von Wasserstoff für ihre Produktion angewiesen sein werden, wird empfohlen, diese Industrieunternehmen entsprechend an das Wasserstoffkernnetz anzuschließen.

<p>Mögliche Förderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es gibt mehrere Förderprogramme der Bundesregierung zum Thema Wasserstoff. Die Lotsenstelle Wasserstoff bietet Orientierung und Ansprechpartner zu den Förderprogrammen 	<p>Messgrößen zur Zielerreichung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abnahmemenge von Wasserstoff im Stadtgebiet Aalen
<p>Zeithorizont zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anschluss an das nationale Wasserstoffkernnetz möglichst bis 2035 	<p>Schritte zur Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung eines Plans für den Verlauf des Wasserstoffnetzes • Anschluss der Industrieunternehmen im Stadtgebiet Aalen an das nationale Wasserstoffkernnetz
<p>Verantwortliche Akteure:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtwerke Aalen • Wasserstoffnetzbetreiber 	<p>Weitere nötige Akteure für eine Umsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stadtverwaltung Aalen für die Genehmigung der Leistungsführung
<p>Kostenabschätzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ca. 75 Mio. € 	<p>THG-Minderung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ca. 107.000 t_{CO2}

5.3 Zusammenfassung

Tabelle 28: Zusammenfassung Maßnahmen

Nr.	Bezeichnung	Kosten [€]	THG-Einsparung [t]	Verantwortliche Akteure
1.1	Aufbau eines Planungsstabs zur Stadt- und Infrastrukturentwicklung im Kontext der Energieleitplanung und Einrichten notwendiger Personalstellen	-	-	Stadtverwaltung
1.2	Integrierte energetische Quartierskonzepte in den Gebieten Friedrichstraße, Röttenberg Heide, Galgenberg, Stadtzentrum, Am St. Johann Friedhof und Greut	600.000	-	Stadtverwaltung
1.3	Machbarkeitsstudien für mögliche neue Wärmenetze in Fernwärmeuntersuchungsgebieten der Kategorie 1 und 2	-	-	Stadtwerke
1.4	Erstellung einer Stromnetzplanung für das Verteilnetz	-	-	Stadtwerke
1.5	Transformationsnetzwerk für Industrie mit Unterstützung der städtischen Wirtschaftsförderung	-	-	Stadtverwaltung
1.6	Kommunikationsoffensive zur Energieleitplanung	-	-	Stadtverwaltung
1.7	Transformationskonzept für den Aufbau von erneuerbarer Wärmeerzeugung für Bestandswärmenetze	-	-	Stadtwerke
1.8	Förderrichtlinie zu den Themen energetische Bestandssanierung, Heizungstausch (erneuerbare Wärme) und Photovoltaik	-	-	Stadtverwaltung
1.9	Intensivierung der kostenlosen Beratungsgespräche zu Heizungstausch und energetische Sanierungen	-	-	Stadtverwaltung, Verbraucherzentrale
1.10	Aufbau eines Abwärmekatasters	-	-	Stadtverwaltung

Nr.	Bezeichnung	Kosten [€]	THG-Einsparung [t]	Verantwortliche Akteure
1.11	Erstellung von Fachplanungen und eines Konzeptes zur Förderung nachhaltiger Mobilität	660.000	-	Stadtverwaltung
2.1	Ausbau von Freiflächen-Photovoltaik	173.000.000	110.000	Stadtwerke, Betreiber EE
2.2	Ausbau Windkraft inkl. Repowering	530.000.000	146.000	Stadtwerke, Betreiber EE
2.3	Prüfung und Errichtung weiterer Umspannwerke in Aalen	60.000.000	-	Stadtwerke, Stromnetzbetreiber
2.4	Ertüchtigung Stromnetze auf Verteilnetzebene	240.000.000	-	Stadtwerke
2.5	Ausbau und Aufbau von regenerativ betriebenen Wärmenetzen (in den Untersuchungsgebieten Wasseralfingen, Unterkochen, Waldhausen, Dewangen, Ebnat, Fachsenfeld, Unterrombach)	240.000.000	57.000	Stadtwerke
2.6	Installation von dezentralen, erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen in Gebieten außerhalb von Wärmenetzen	700.000.000	201.000	Alle Gebäudeeigentümer in dezentralen Gebieten
2.7	Erweiterung der Produktangebote der Stadtwerke für die dezentrale Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien	-	-	Stadtwerke
2.8	Energetische Gebäudesanierung, Umstellung auf erneuerbare Wärme und Ausbau von PV bei kommunalen Gebäuden	-	48.000	Stadtverwaltung
2.9	Durchführung energetischer Gebäudesanierungen in den weiteren Sektoren	-	24.000	Alle Gebäudeeigentümer
2.10	Anschluss an das nationale Wasserstoffkernnetz	75.000.000	107.000	Stadtverwaltung und Stadtwerke, Wasserstoffnetzbetreiber
Summe	(Synergie- und Überlagerungswirkung nicht berücksichtigt)	2.019.260.000	693.000	

Die dargestellten und eingeschätzten Kosten sind ohne die Berücksichtigung sogenannter „Sowieso“-Kosten als auch ohne Erlöse und Einsparungen aus den Maßnahmen ermittelt. Im Rahmen der Erhaltung der Infrastruktur und von Gebäuden als auch durch Baumaßnahmen in der Entwicklung der Stadt treten Kosten auf, die sich mit den genannten Kosten teilweise decken. So ist eine Gebäudesanierung häufig nicht nur aus energetischer Sicht notwendig, sondern auch zum Erhalt der Gebäudesubstanz oder zum nutzungsgerechten Umbau des Gebäudes. Gleiches gilt beispielsweise auch für die Energienetze. Die Größenordnung kann im Kontext der Energieleitplanung nicht abgeschätzt werden. Genauso sind in einer volkswirtschaftlichen Vollkostenrechnung Erlöse aus Energie- und Kosteneinsparungen, z.B. durch niedrigere Energiepreise aus regional erzeugtem Strom oder durch geringere Wärmebedarfe zu betrachten, um ein Gesamtbild zu erhalten. Hierfür bedarf es allerdings einer detaillierteren Betrachtung von dahinterliegenden Verwertungs- und Geschäftsmodellen.

Zuletzt ist auch anzumerken, dass das Ausbleiben von Maßnahmen zur Begrenzung des Klimawandels Folgekosten verursacht. Diese Folgekosten sind heute nur schätzungsweise und heuristisch ermittelbar, werden jedoch mindestens einen erheblichen Einfluss infolge von Klimafolgeanpassungsmaßnahmen haben, z.B. durch Schutzmaßnahmen vor Extremwetterereignissen, Anpassung der Gebäudekonditionierung oder die Umstrukturierung regionaler und bis hin zu globaler Lieferketten. Diese Klimafolgekosten sind in der Entscheidungsfindung zur weiteren strategischen Ausrichtung der Stadt Aalen in der Energieplanung den eingeschätzten Kosten für die genannten Maßnahmen zu berücksichtigen und gegenüberzustellen.

In einer ersten Annäherung wurden in der ELP die Klimafolgekosten anhand der CO₂-Preisannahmen der KEA [4] und des Umweltbundesamtes [36] sowie der erstellten THG-Bilanz der Stadt Aalen berechnet.

Tabelle 29: Einschätzung CO₂-Folgekosten

Quelle	KEA	UBA	UBA
Grundlage	CO ₂ -Preis im EU-Handelssystem	Klimakosten, 1 % reine Zeitpräferenzrate (Höhergewichtung der Wohlfahrt heutiger Generationen ggü. künftiger Generationen)	Klimakosten, 0 % reine Zeitpräferenzrate (Gleichgewichtung der Wohlfahrt der Generationen)
CO₂-Kosten in €/t (im Jahr 2024 – 2035)	35 - 200	236 - 257	791 - 816
CO₂-Folgekosten in Mio. €	987	2.007	6.772

Ein weiterer Effekt der Umsetzung der Maßnahmen zur Klimaneutralität ist auch die Verschiebung der aktuellen Finanz- und Wertschöpfungsströme. Aus der Endenergiebilanz geht hervor, dass ein Großteil der Energieträger fossil ist. Diese wiederum werden aus den Erzeugerländern importiert, da Deutschland nur eine geringe Verfügbarkeit natürlicher fossiler Energieressourcen hat im Bereich von Erdgas und Erdöl. Folglich fließt ein wesentlicher Teil der Finanzströme aus der Region Aalen für die Erzeugung von Energie aus der Region ab.

Durch die verstärkte Nutzung lokaler Energieressourcen und einer erhöhten Eigenerzeugung aus erneuerbaren Quellen verschieben sich diese Finanzströme damit mehr Richtung Region. Es kann damit von einer höheren Wertschöpfung im Gebiet Aalen für die Energieerzeugung und Energiedienstleistungen ausgegangen werden bei Umsetzung der Maßnahmen, was der Region wirtschaftlich zum Vorteil gereicht.

Eine konkrete Bezifferung dieser Wirkung ist nur schwer fassbar, da die Zusammenhänge komplex sind. Als Annäherung und Vereinfachung wurde die Endenergiebilanz mit Preisen aus 2021 und Preisprognosen für die Stützjahre 2029 und 2035 bepreist. Daraus ergeben sich näherungsweise Gesamtzahlungsströme für die Energiekosten. Gleichzeitig kann durch Zuordnung importierter und regionaler Energieträger eine Einordnung zu den jeweiligen Anteilen an den Gesamtkosten gemacht werden.

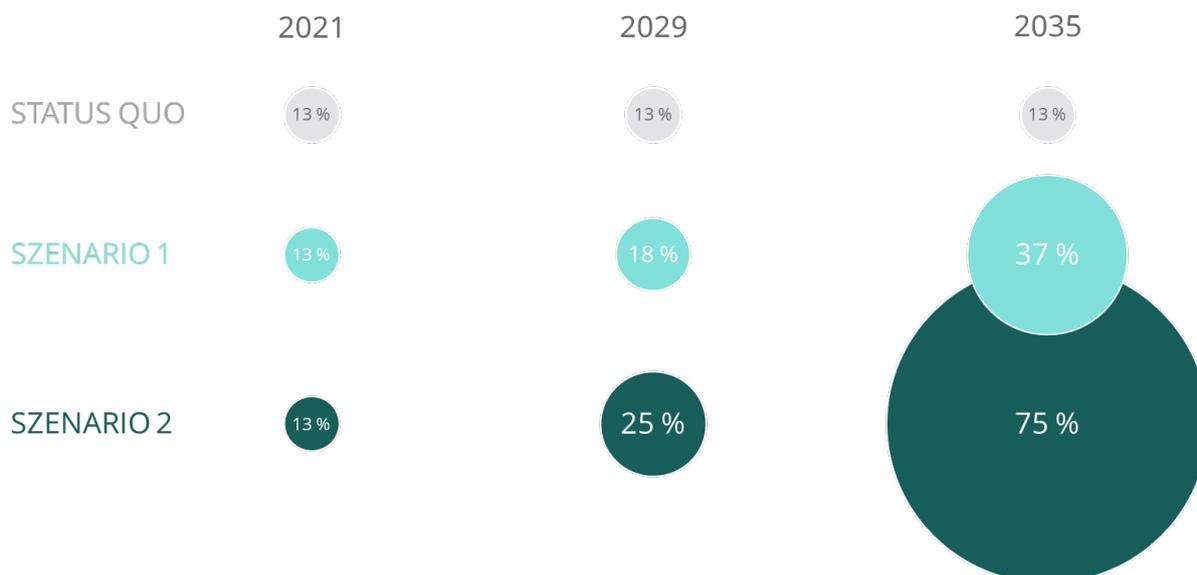


Abbildung 64: Regionaler Anteil der Finanzströme an den Gesamtenergiekosten

Aus der Betrachtung ist ersichtlich, dass der Anteil regionaler Energieträger bezogen auf die Kosten im Jahr 2021 ca. 13 % und damit einen kleinen Teil ausmacht. Dementsprechend liegt der Kostenanteil importierter Energieträger bei 87 %. Regionale Energieträger steigern ihren Anteil bei Anwendung des Szenario 2 zur Erreichung der Klimaneutralität auf 75 % im Jahr 2035. Hierbei macht Wasserstoff als größtenteils importierter Energieträger den restlichen Teil aus. Im Szenario 1 ist der Trend ebenfalls erkennbar, jedoch weniger stark ausgeprägt.

Aus dieser Annäherung an die Wirkung der Transformation kann geschlossen werden, dass ein erhebliches Potenzial zur Steigerung der lokalen Wertschöpfung prinzipiell vorhanden ist. Die konkrete Ausnutzung dessen hängt von der Ausgestaltung, den beteiligten Akteuren und den genutzten Geschäftsmodellen ab, sollte jedoch unbedingt als Chance für die Region gesehen werden.

Mit dem ergänzenden Blick auf mögliche Klimafolgekosten lohnen sich Investitionen in Klimaschutz somit langfristig. Aktuell müssen gesellschaftlich hohe Ausgaben getätigt werden für den weltweiten Import fossiler Energieträger. Durch den Transformationsprozess, der mit der Energieleitplanung angestoßen wird, wird der Ausbau lokaler Erneuerbarer Energieerzeugung beschleunigt und daraus eine hohe regionale Wertschöpfung generiert.

6 Erfolgskontrolle / Monitoring

Die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen sollte regelmäßig überwacht und evaluiert werden. Hierzu sollte eine verantwortliche Stelle oder Personengruppe bestimmt werden, die die Umsetzung der Maßnahmen anstößt und gemeinsam mit weiteren Akteuren (Stadtwerke Aalen, Mitarbeiter der Stadtverwaltung, Unternehmen im Stadtgebiet Aalen, etc.) verfolgt. Darüber hinaus sollte die verantwortliche Person oder die Personengruppe die Wirkung der Maßnahmen auswerten und prüfen.

Der Erfolg der entwickelten Maßnahmen kann anhand verschiedener Indikatoren gemessen werden. Übergeordneter Indikator ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen im Energiebereich. Zusätzlich gibt es aber für die einzelnen Maßnahmen noch spezifische Indikatoren, die erhoben werden können. Diese sind in den einzelnen Maßnahmenblättern zu finden und in Tabelle 30 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 30: Indikatoren für die Erfolgskontrolle spezifischer Maßnahmen

Nr.	Maßnahme	Indikator
Kurzfristige Maßnahmen		
1.1	Aufbau eines Planungsstabs zur Stadt- und Infrastrukturentwicklung im Kontext der Energieleitplanung und Einrichten notwendiger Personalstellen	Einrichtung der Arbeitsgruppe; Anzahl der abgestimmten Entscheidungen; Einrichtung Personalstellen
1.2	Integrierte energetische Quartierskonzepte in den Gebieten Friedrichstraße, Röttenberg Heide, Galgenberg, Stadtzentrum, Am St. Johann Friedhof und Greut	Erarbeitete Quartierskonzepte im Stadtgebiet Aalen; Umgesetzte Maßnahmen aus Quartierskonzepten
1.3	Machbarkeitsstudien für mögliche neue Wärmenetze in Fernwärmeuntersuchungsgebieten der Kategorie 1 bis 2	Anzahl erarbeiteter Machbarkeitsstudien; Installierte Leistung bei neuen Wärmenetzen
1.4	Erstellung einer Stromnetzplanung für das Verteilnetz	Erarbeitete Stromnetzplanung, die die Vorlage für den Ausbau des Stromnetzes bietet
1.5	Transformationsnetzwerk für Industrie mit Unterstützung der städtischen Wirtschaftsförderung	Anzahl teilnehmende bzw. unterstützte Unternehmen; Anzahl durchgeführter Maßnahmen
1.6	Kommunikationsoffensive zur Energieleitplanung	Anzahl der Veröffentlichungen zum Energieleitplan Aalen; Anzahl Informationsveranstaltungen
1.7	Transformationskonzept für den Aufbau von erneuerbarer Wärmeerzeugung für Bestandswärmenetze	Erarbeitetes Transformationskonzept; Anteil erneuerbarer Energien im Bestandswärmenetz

Nr.	Maßnahme	Indikator
1.8	Förderrichtlinie zu den Themen energetische Bestandssanierung, Heizungstausch (erneuerbare Wärme) und Photovoltaik	Budget der zusätzlich angebotenen und genutzten Förderungen im Stadtgebiet Aalen
1.9	Intensivierung der kostenlosen Beratungsgespräche zu Heizungstausch (erneuerbare Wärme) und energetische Sanierungen	Anzahl durchgeführter Beratungsgespräche
1.10	Aufbau eines Abwärmekatasters	Veröffentlichung des Wärmekatasters; Anzahl der Einträge im Kataster
1.11	Erstellung von Fachplanungen und eines Konzeptes zur Förderung nachhaltiger Mobilität	Erarbeitete fachliche Teilkonzeptionen; umgesetzte Maßnahmen
Langfristige Maßnahmen		
2.1	Ausbau von Freiflächen-Photovoltaik	Installierte Leistung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen
2.2	Ausbau Windkraft inkl. Repowering	Installierte Leistung von Windkraftanlagen
2.3	Prüfung und Errichtung weiterer Umspannwerke in Aalen	Anzahl installierter Umspannwerke
2.4	Ertüchtigung Stromnetze auf Verteilnetzebene	Investitionen in den Ausbau des Stromnetzes
2.5	Ausbau und Aufbau von regenerativ betriebenen Wärmenetzen (in den Untersuchungsgebieten Wasseralfingen, Unterkochen, Waldhausen, Dewangen, Ebnat, Fachsenfeld, Unterrombach, Maiergasse)	Regenerative Erzeugungskapazitäten für Wärmenetze
2.6	Installation von dezentralen, erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen in Gebieten außerhalb von Wärmenetzen	Installierte regenerative, dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen
2.7	Erweiterung der Produktangebote der Stadtwerke für die dezentrale Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien	Verkaufte dezentrale, erneuerbare Erzeugungsanlagen der Stadtwerke Aalen
2.8	Energetische Gebäudesanierung, Umstellung auf erneuerbare Wärme und Ausbau von PV bei kommunalen Gebäuden	Anzahl energetischer Sanierungen und neu eingebauter erneuerbarer Wärmeerzeugungsanlagen bei kommunalen Gebäuden

Nr.	Maßnahme	Indikator
2.9	Durchführung energetischer Gebäudesanierungen in den weiteren Sektoren	Anzahl energetischer Sanierungen im Stadtgebiet Aalen; Abnahme des Wärmeverbrauchs im Stadtgebiet Aalen
2.10	Anschluss an das nationale Wasserstoffkernnetz	Abnahmemenge von Wasserstoff im Stadtgebiet Aalen

Um einen Gesamtüberblick über die ökologischen Auswirkungen der Maßnahmen der Kommunalen Wärmeplanung zu bekommen, sollten die Treibhausgasemissionen im Stadtgebiet Aalen mindestens alle 2 Jahre erfasst werden. In der Stadtverwaltung Aalen werden die Treibhausgasemissionen auf gesamtstädtischer Ebene bereits über die Bilanzierungssoftware der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg BICO2BW erfasst. Mit Hilfe des Werkzeugs können die Treibhausgasemissionen nach verschiedenen Bereichen (Wärme, Strom und Verkehr), Brennstoffen und Sektoren aufgeschlüsselt werden [37]. Es bietet sich darum an, dass in Absprache mit dem Verantwortlichen für die städtische Bilanzierung auch die Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Bereich Wärme ausgewertet und die Bilanzierung durch Verbrauchswerte der Netzbetreiber ergänzt wird. Darüber hinaus sollte bei der Umsetzung der Maßnahmen einzeln nachverfolgt werden, welche Treibhausgaseminderungen sie bewirken.

Es wird empfohlen, mindestens alle 2 Jahre einen Bericht über den Umsetzungsstand der Maßnahmen und deren Wirkung zu erstellen und diesen fachlich qualifizierten Personen der Stadtverwaltung und der Stadtwerken Aalen vorzulegen. So kann regelmäßig bei Fehlentwicklungen nachjustiert und neue Ideen und Vorschläge mit aufgenommen werden.

Weiterhin sollte mit der Fortschreibung der Kommunalen Wärmeplanung bis zum Jahr 2030 die Wirkung der beschlossenen Maßnahmen überprüft und die Maßnahmen entsprechend angepasst und ergänzt werden. Das aktuell beschlossene Wärmepflanzungsgesetz des Bundes sieht eine Aktualisierung nach 5 Jahren vor.

7 Zusammenfassung und Fazit

Der fortschreitende Klimawandel ist die größte Herausforderung unserer Zeit. Die Eindämmung des Klimawandels und die damit verbundene notwendige Reduktion der Treibhausgasemissionen erfordern Transformationen in nahezu allen Lebensbereichen. Die Leitplanken für diese Transformationen wurden mit Klimaschutzzielen auf mehreren politischen Ebenen (Europäische Union, Deutschland, Bundesland, Stadt) verankert.

In Baden-Württemberg sind die Klimaschutzziele im bundesweiten und internationalen Vergleich sehr ambitioniert. Die Stadt Aalen hat sich mit dem Beschluss des Gemeinderates das Ziel einer Treibhausgasneutralität bis 2035 vorgegeben (GR Aalen vom 28.10.21). Vor diesem Hintergrund und zur Erfüllung des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg (§27 Abs. 3 KlimaG BW) hat die Stadt Aalen eine Energieleitplanung, das heißt eine Kommunale Wärmeplanung inklusive des Bereichs Strom, die sogenannte Energieleitplanung (ELP) beauftragt. Die ELP ist ein strategischer Prozess, der die nachhaltige Entwicklung und die effiziente Nutzung von Energie in einer Region oder Stadt fördert. Sie umfasst die Analyse, Planung und Umsetzung von Maßnahmen, um eine zukunftsorientierte Energieversorgung und Energienutzung zu gewährleisten. Sie ist damit ein Instrument vergleichbar mit dem Flächennutzungsplan und sollte durch regelmäßige Fortführung und Datenerhebung als Planungsgrundlage in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung berücksichtigt werden. Diese Energieleitplanung (ELP) wird von den Fachbüros Tilia GmbH und Smart Geomatics Informationssysteme GmbH erarbeitet.

Die genannten Fachbüros haben die Ergebnisse der ELP sowie den vorliegenden Bericht in enger Abstimmung mit der Stadtverwaltung Aalen und den Stadtwerken Aalen erstellt. Die fachliche Erstellung der ELP für die Stadt Aalen startete im September 2022 und wurde im Dezember 2023 abgeschlossen.

Das Vorgehen in der ELP unterteilt sich in vier Arbeitsschritte:

- Bestandsanalyse
- Potenzialanalyse
- Zielszenario
- Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog

Es wurde eine Treibhausgasbilanz zu den energiebedingten Emissionen nach BICO2BW mit Daten der Landesämter Baden-Württemberg erstellt. Diese wurde durch Verbrauchs- und Infrastrukturdaten der Stadtwerke und Netzbetreiber sowie der kommunalen Liegenschaften, der ÖPNV-Betreiber, der Schornsteinfeger und mit Angaben der städtischen Ämter ergänzt und präzisiert.

In Summe weist die Stadt Aalen für das Jahr 2021 über alle Sektoren einen Endenergieverbrauch (der Teil der Energie, der nach Umwandlung und Transport dem Endverbraucher zur Verfügung steht) von ca. 2.480 GWh auf. Hiervon entfällt etwa die Hälfte auf den Sektor Industrie, ein Viertel auf den Sektor der privaten Haushalte und ca. ein Fünftel auf den Verkehrsbereich. Weitere Anteile teilen sich auf den Sektor GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) und zu einem geringen Anteil auf kommunale

Liegenschaften auf. Somit stellt der Sektor Industrie den größten Einzelhebel in Bezug auf Klimaschutzmaßnahmen dar. Analog gilt dies für die Bilanz der Treibhausgasemissionen, die sich auf ca. 700.000 t pro Jahr summieren.

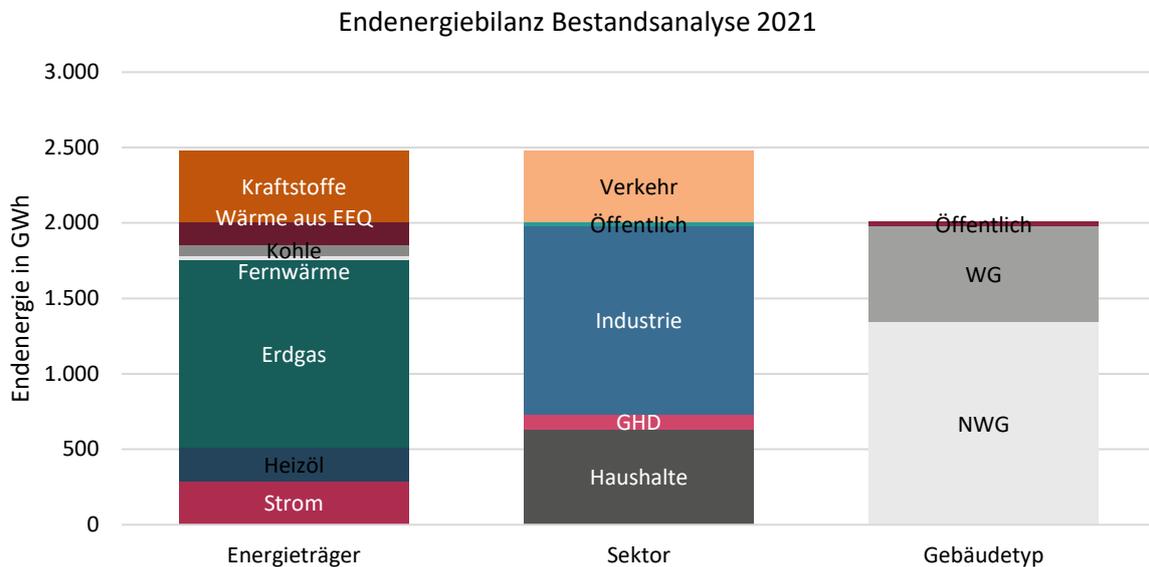


Abbildung 65: Bilanzierung des Energiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand, Stand 2021

Hinsichtlich der Energieinfrastruktur und -erzeugung ist festzustellen, dass in Aalen bereits Wärmenetze vorhanden sind und mit den Stadtwerken Aalen ein kompetenter Akteur im Energiebereich tätig ist. Aufgrund des gut ausgebauten Gasnetzes und der hohen Verfügbarkeit im Stadtgebiet ist der Anteil an Erdgas am Endenergiebedarf mit ca. 50 % entsprechend hoch. Die regionale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien verteilt sich auf einige Windkraftanlagen, vor allem östlich von Waldhausen, sowie Photovoltaikanlagen auf Dächern. Freiflächen-Photovoltaikanlagen existieren zum Zeitpunkt der Bestandsanalyse noch nicht. Insgesamt beträgt der Anteil erneuerbarer Energien aus regionaler Erzeugung am Strommix ca. 25 %.

Die größten Potenziale für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung werden in der Solarenergie, Windenergie, Umweltwärme und Abwärme gesehen. Das lokale Biomassepotenzial aus Stadtwald, Grünschnitt und weiteren Reststoffen ist nur begrenzt. Tiefengeothermie und Wasserkraft konnten als Erzeugungspotenziale ausgeschlossen werden. Für industrielle Großverbraucher kann der Energieträger grüner Wasserstoff eine wesentliche Rolle spielen. Eine Anbindung an das bundesweit geplante Wasserstoffkernnetz ist derzeit jedoch noch unklar. Weitere Potenziale für den Einsatz von Wasserstoff in Verteilnetzen oder als Heizenergieträger können aufgrund der geringen Verfügbarkeit, der nicht zertifizierbaren Netze und der absehbar hohen Preise für den Energieträger ausgeschlossen werden.

Im Laufe der Erstellung des ELP ergab sich die Betrachtung von zwei Szenarien. Hintergrund war, dass Klimaneutralität mit den derzeitigen Ressourcen und Regelungen nur schwer zu erreichen ist. Da sie

dennoch erklärtes Ziel und Rahmenbedingung für den Energieleitplan ist, sollen die beiden Szenarien das Spannungsfeld und die notwendigen Maßnahmen und Veränderungen aufzeigen.

- **Szenario 1:**

Dies stellt bereits ein zielgerichtetes Engagement zur Erreichung der Klimaneutralität unter Nutzung der heute verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen sowie im Rahmen der bestehenden Genehmigungs- und Flächennutzungsgesetze dar. Hierzu gehören der Wärmenetzausbau in Gebieten mit hoher Eignung für Wärmenetze, dem deutlichen Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung durch Windkraft und PV sowie ein Austausch von Heizungen nach spätestens 30 Jahren Nutzungsdauer gegen erneuerbare Heizungen.

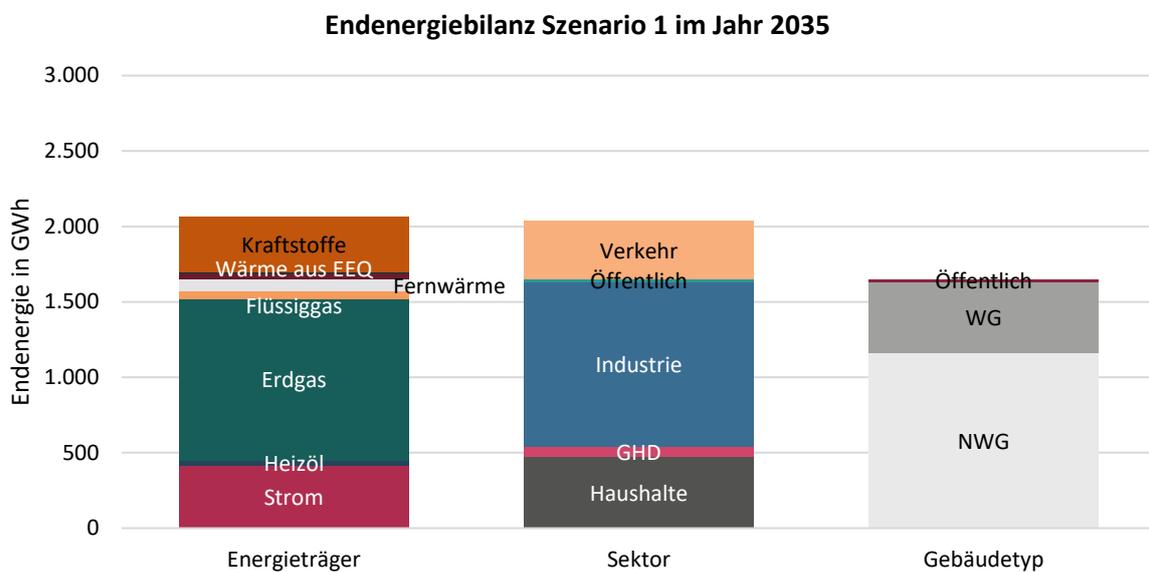


Abbildung 66: Bilanzierung des Energiebedarfs für Wärmeerzeugung Szenario 1 im Jahr 2035

- **Szenario 2 (Klimaneutralität bis 2035):**

Dieses Szenario stellt dar, wie die Klimaneutralität in der Stadt Aalen bis 2035 erreicht werden kann und welche Ressourcen und Veränderungen in der Infrastruktur notwendig sind. Dazu gehört ein erheblicher Ausbau von Wärmenetzen in Gebieten hoher und mittlerer Eignung. Im Rahmen von Machbarkeitsstudien können bei fehlender Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen auch dezentrale Versorgungslösungen bevorzugt werden. Darüber hinaus ist ein verstärkter Ausbau erneuerbarer Erzeugungskapazitäten für Strom (Photovoltaik, Windkraft) und Wärme (Wärmepumpen, Abwärme, z.T. Biomasse), die Umstellung auf erneuerbare Energien durch den Austausch aller fossilen Heizungen sowie der Austausch fossil befeuerter Anlagen zur Erzeugung von Prozesswärme in der Industrie bis 2035 (ca. 12.000 Stück) erforderlich. Dieses Szenario beinhaltet auch den Anschluss an das nationale Wasserstoffkernnetz für industrielle Großverbraucher, verstärkte Sanierungsaktivitäten sowie die vollständige Elektrifizierung des motorisierten Verkehrs bzw. den Einsatz synthetischer Kraftstoffe im Güterverkehr. Damit

wird eine Klimaneutralität bis 2035 erreicht. Um dieses Szenario erreichen zu können, sind erhebliche technische Innovationen und Fortschritte sowie außerordentlich hohe Investitionen der gesamten Stadtgesellschaft einschließlich der Industrie erforderlich. Wobei derzeit nicht abgeschätzt werden kann, ob eine technische, personelle und organisatorische Umsetzung möglich ist. Im Mittelpunkt steht der Wille, das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen und in den nächsten Jahren konsequent zu verfolgen.

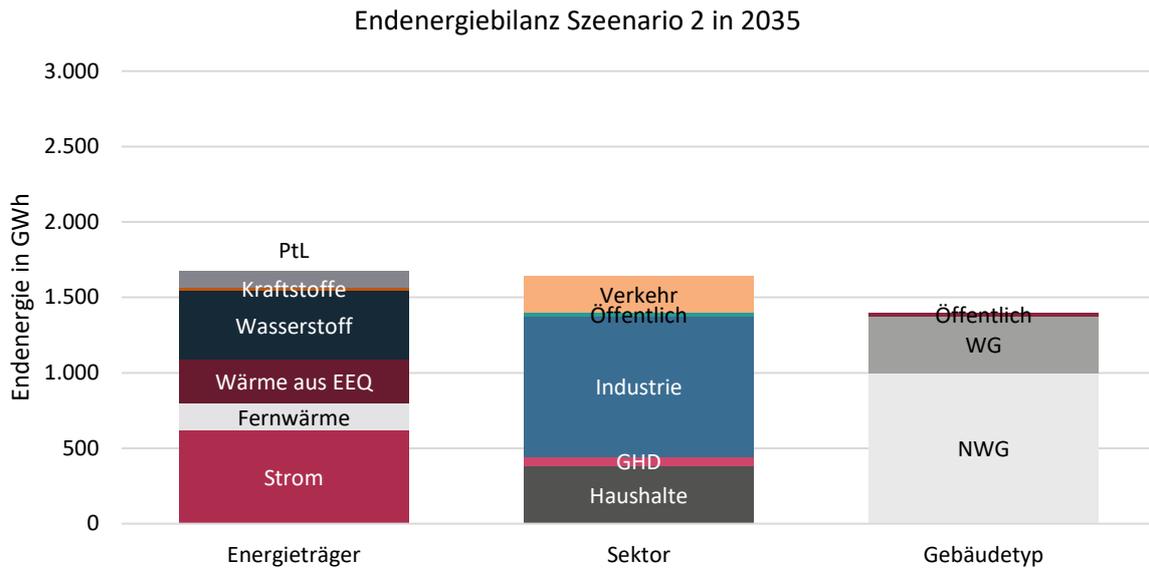


Abbildung 67: Bilanzierung des Energiebedarfs für Wärmeerzeugung Szenario 2 im Jahr 2035

Die wesentlichen Eckpunkte, Annahmen und Rahmenbedingungen der Szenarien stellen sich wie folgt dar.

	Szenario 1	Szenario 2
Energie-einsparung	<ul style="list-style-type: none"> • Moderate Einsparungen in der Industrie gemäß technischer Entwicklung (ca. 10 %) • aktuelle Sanierungsrate von 1 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe und forcierte Einsparungen in der Industrie (ca. 15 - 20 %) • verdoppelte Sanierungsrate von 2 %
Wärme	<ul style="list-style-type: none"> • Heizungstausch nach 30 Jahren Nutzung zu erneuerbarer Heizung • Austausch Prozesswärmeerzeuger nach 30 Jahren gegen erneuerbare Versorgung 	<ul style="list-style-type: none"> • Austausch aller fossilen Heizungen bis 2035 gegen erneuerbare Heizung • Austausch Prozesswärmeerzeuger bis 2035 gegen erneuerbare Versorgung

Strom	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmenetzausbau in Gebieten Kategorie 1 • kein Anschluss an Wasserstoffkernnetz • PV auf jedes 4. geeignete Dach • Ca. 120 ha PV auf verfügbare Freiflächen • Verdreifachung der Windkraft-erzeugung durch Repowering und Ausbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmenetzausbau in allen Untersuchungsgebieten • Anschluss Wasserstoffkernnetz für Großverbraucher • PV auf jedes 3. geeignete Dach • Ca. 200 ha PV auf Freiflächen nach Erfordernis • Versechsfachung der Windkraf-terzeugung durch Repowering und Neubau
Verkehr	<ul style="list-style-type: none"> • Moderate Elektrifizierung von PKW und ÖPNV (Quote ca. 15 %) • Keine synthetischen Kraftstoffe 	<ul style="list-style-type: none"> • Vollständige Elektrifizierung MIV und ÖPNV • Vollständiger Ersatz fossiler durch synthetische Kraftstoffe im Güterverkehr

Die resultierenden Treibhausgasemissionen der Szenarien und der sich ergebende Absenkungspfad unterscheiden sich deutlich voneinander. Szenario 1 reicht nicht aus, um Klimaneutralität, d.h. die Reduktion aller CO₂-Emissionen auf null, bis 2035 zu erreichen. Perspektivisch wird dieses Ziel erst 2045 erreicht, wobei nach 2035 verstärkte Anstrengungen unternommen werden müssen. Gemäß Definition werden im Szenario 2 alle Treibhausgase bis 2035 eingespart bzw. die Gesamtmenge auf null gesenkt.

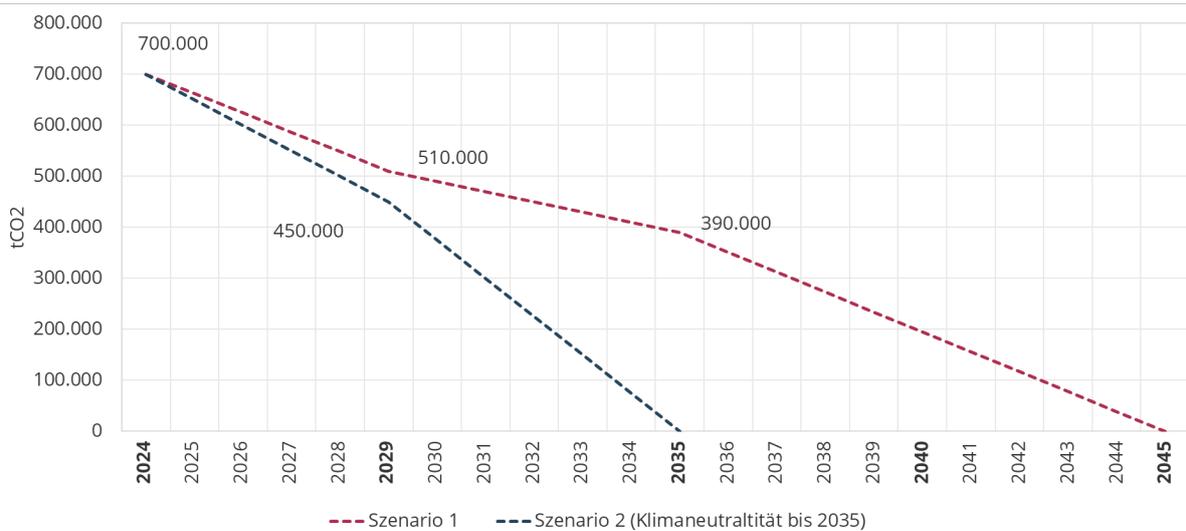


Abbildung 68: THG-Neutralitätspfad der Zielszenarien

Die Wärmewendestrategie setzt auf eine aktive Kommunikation und Einbindung aller Akteure in der Stadt Aalen, insbesondere der Industrieunternehmen und der Bürgerschaft. Dies ist Voraussetzung, um sich dem Ziel der Treibhausgasneutralität gemäß Szenario 2 mit nachhaltiger und breiter Unterstützung der Bevölkerung anzunähern.

Bei den Maßnahmen wird zwischen kurzfristigen Maßnahmen und langfristigen Maßnahmen unterschieden. Diese orientieren sich an den Erfordernissen des Szenarios 2 und dienen dessen Umsetzung. Als kurzfristige Startermaßnahmen für die nächsten 2-3 Jahre sind konkret zu nennen:

- Aufbau eines Planungsstabs zur Stadt- und Infrastrukturentwicklung in der Stadtverwaltung zur Koordinierung aller Bautätigkeiten und Vorhaben (Maßnahme 1.1)
- Integrierte energetische Quartierkonzepte für Friedrichstraße und Röttenberg Heide zur Maßnahmenentwicklung auf Quartierebene (Maßnahme 1.2)
- Planung der zukünftigen energetischen Infrastruktur durch Machbarkeitsstudien für den Fernwärmeausbau in den Gebieten mit höchster Priorität (Kategorie 1) und der Zielnetzplanung für Stromverteilnetz unter Berücksichtigung des Zielszenarios der ELP (Maßnahme 1.3 – 1.4)
- Förderung von Transformationsnetzwerk für Industrie mit Unterstützung der städtischen Wirtschaftsförderung (Maßnahme 1.5)
- Kommunikationsoffensive zur Erklärung der Bedeutung, Inhalte und Notwendigkeit der ELP und Einbindung der Bürgerschaft (Maßnahme 1.6)

Die Umsetzung des Szenario 2 zur Erreichung der Klimaneutralität stellt eine große Herausforderung für die Stadt, die Wirtschaft und die Bürger dar. Jedoch sind damit auch Chancen verbunden, wie die Steigerung der regionalen Wertschöpfung im Bereich der Energiewirtschaft. Es gilt mit der Energieleitplanung beginnend diese Chancen in der Umsetzung zu nutzen, um die Transformation zur Klimaneutralität für die Akteure vor Ort mit größtmöglichem Nutzen voranzubringen.

Zuletzt ist jedoch auch auf die Begrenzung und Abhängigkeit kommunalen Handelns im Bereich des Klimaschutzes durch übergeordnete Gesetzgebung hinzuweisen, z.B. im Bereich der Förderlandschaft, der Ordnungspolitik oder dem Genehmigungsrecht. Hier ist die Stadt Aalen als auch bundesweit alle Kommunen auf die zukünftige Gestaltung der Klimaschutzambitionen auf Landes- und Bundesebene angewiesen. Dies unterstreicht nochmals die Notwendigkeit eines gesamtgesellschaftlichen Ansatzes zum Klimaschutz auch über die Stadt Aalen hinaus.

Fazit und Kernthesen

Die Konzeption einer klimaneutralen Energieversorgung bis 2035 gemäß des Gemeinderatsbeschluss basiert auf folgenden strategischen Zielen:

- Schaffung von Akzeptanz und Gestaltungswillen in Gesellschaft und Wirtschaft für die Transformation der Energieversorgung
- Ganzheitliche und koordinierte Planung der Energieinfrastruktur (Wärmenetze, Stromnetze, Gasnetze) im Kontext der Stadtentwicklung und städtischer Baumaßnahmen

- Umstellung der Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energiequellen
- Ausbau und Erweiterung von Wärmenetzen
- Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung

Zusammenfassend lassen sich die Ergebnisse der Energieleitplanung in zehn Kernthesen formulieren:

- 1 Der Energieleitplan der Stadt Aalen bildet den **ersten Schritt** zur Umsetzung der Klimaneutralität bis 2035.
- 2 Der Energieleitplan bildet die **vorhandenen Energieressourcen** ab als auch einen **möglichen Rahmen** zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2035.
- 3 Der **Industriesektor ist der größte Energieverbraucher** in Aalen und damit besonders bedeutend für die Erreichung der Klimaneutralität.
- 4 Die größten Potenziale in Aalen liegen in der Nutzung **der Solarenergie, der Windkraft, von Abwärme und Umweltwärme**. Aber auch Einsparpotenziale durch **Steigerung der Energieeffizienz** leisten einen Beitrag.
- 5 Das Szenario zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2035 ist technisch machbar, jedoch **herausfordernd** und benötigt eine **gesamtgesellschaftliche Anstrengung**.
- 6 Das Erreichen der Klimaneutralität birgt auch **große Chancen für die Wertschöpfung und Innovationskraft** der Stadt Aalen.
- 7 Eine **koordinierte Planung** der Energieinfrastruktur und **ordnungsrechtliche Vorbereitung** von Umsetzungsmaßnahmen ist notwendig, um **Planungssicherheit** zu geben und das Ziel bis 2035 zu erreichen.
- 8 Unterstützungsmaßnahmen zur **Kommunikation, Einbindung, Beratung und Unterstützung von Bürgern und Wirtschaft** sind notwendig, um Akzeptanz zu schaffen und die Gesellschaft zu aktivieren.
- 9 Die Erreichung der Klimaneutralität erfordert einen **grundsätzlichen Umbau der Energieversorgung und -infrastruktur** im Bereich Wärme, Strom aber auch Mobilität.
- 10 Kommunales Handeln ist auch **von übergeordneten Vorgaben abhängig**, wodurch die Stadt Aalen auf die zukünftige Entwicklung der Klimaschutzpolitik auf Landes- und Bundesebene angewiesen ist.

Abkürzungsverzeichnis

a	annum (Jahr)
AA	Stadt Aalen
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BICO2BW	Bilanzierungstool für Kommunen in Baden-Württemberg
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
°C	Grad Celsius
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq	Kohlenstoffdioxid-Äquivalente
dena	Deutsche Energie-Agentur
€	Euro
EEG	Erneuerbares-Energien-Gesetz
EEQ	Erneuerbare Energiequellen
EH	Effizienzhaus
EKO	Energiekompetenzstelle Ostalb
EnEV	Energieeinsparverordnung
EV	Energiebedarf
FFA	Freiflächenanlage
FFÖ-VO	Freiflächenöffnungsverordnung
Fm	Festmeter
Forst BW	Forst Baden-Württemberg
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GHD	Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GWh	Gigawattstunden
GOA	Gesellschaft im Ostalbkreis für Abfallbewirtschaftung mbH
h	Stunde

ha	Hektar
HAL	Hausanschlussleitung
HH	Haushalte
IHK	Industrie- und Handelskammer
ISONG	Informationssystem oberflächennahe Geothermie Baden-Württemberg
KEA BW	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
KEFF+	Regionale Kompetenzstellen für Ressourceneffizienz
KlimaG BW	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg
kg	Kilogramm
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
LGL	Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
L/W-WP	Luft-Wasser-Wärmepumpe
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
Mio	Millionen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
N	Norden
PtL	Power-to-Liquid
PV	Photovoltaik
PVT	photovoltaisch-thermisch
SR	Sanierungsrate
t	Tonnen
TABULA	Typology Approach for Building Stock Energy Assessment

THG	Treibhausgas
W	Watt
WP	Wärmepumpe
WPG	Wärmeplanungsgesetz
WSchVo	Wärmeschutzverordnung

8 Literaturverzeichnis

- [1] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg,“ 21 09 2022. [Online]. Available: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/klima/klimaschutz-in-baden-wuerttemberg/klimaschutzgesetz/>.
- [2] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Handlungsleitfaden: Kommunale Wärmeplanung,“ 12 2020. [Online]. Available: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/handlungsleitfaden-kommunale-waermeplanung/>.
- [3] Institut für Wohnen und Umwelt, „TABULA WebTool,“ 03 11 2022. [Online]. Available: <https://webtool.building-typology.eu/#bm>.
- [4] KEA Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH, „Neuer Technikkatalog hilft bei der kommunalen Wärmeplanung,“ 04 11 2022. [Online]. Available: <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/technikkatalog>.
- [5] J. S. Puja Singhal, „Wärmemonitor 2018: Steigender Heizenergiebedarf, Sanierungsrate sollte höher sein,“ *DIW Wochenbericht*, Nr. 36, 2019.
- [6] MuP Verlag GmbH, „EU-Gebäuderichtlinie: Sanierungsrate von 3 Prozent,“ 20 12 2021. [Online]. Available: <https://www.immoclick24.de/modernisierung/bauen-im-bestand/eu-gebaeuerichtlinie-sanierungsrate-von-3-prozent/>.
- [7] Deutsche Energie-Agentur GmbH, „Dena.de Publikationsansicht - Broschüre: Energieeffizienz in kleinen und mittleren Unternehmen,“ 12 2015. [Online]. Available: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/1419_Broschuere_Energieeffizienz-in-KMU_2015.pdf. [Zugriff am 21 01 2023].
- [8] Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW), „Energie- und Klimaschutzziele 2030,“ Stuttgart, 2017.
- [9] Stadtverwaltung Aalen, „Entwicklung Abfalldaten,“ 27 11 2023. [Online]. Available: <https://www.aalen.de/entwicklung-abfalldaten.35714.htm>.
- [10] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Faustzahlen,“ 04 11 2022. [Online]. Available: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen/>.
- [11] Stadtverwaltung Aalen, „Aalen in Zahlen,“ 27 11 2023. [Online]. Available: <https://www.aalen.de/aalen-in-zahlen.198950.25.htm>.

- [12] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., „Faustzahlen,“ 27 11 2023. [Online]. Available: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>.
- [13] Umweltbundesamt GmbH, „Klimarelevanz und Energieeffizienz der Verwertung biogener Abfälle,“ 2011. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0353.pdf>.
- [14] Greenhouse Media GmbH, „Ertrag von Solarthermieranlagen,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.energie-experten.org/heizung/solarthermie/wirtschaftlichkeit/ertrag>.
- [15] Europäische Kommission, „European Commission,“ 01 03 2022. [Online]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/.
- [16] Statista GmbH, „Struktur des jährlichen Erdgasverbrauchs in deutschen Haushalten* nach Monaten,“ 2013. [Online]. Available: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/160067/umfrage/verbrauch-von-heizenergie-nach-monaten/>.
- [17] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Energieatlas Baden-Württemberg,“ 17 08 2023. [Online]. Available: <https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/projekte/index.xhtml>.
- [18] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, „Handlungsleitfaden Freiflächensolaranlagen,“ 09 2019. [Online]. Available: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Handlungsleitfaden_Freiflaechensolaranlagen.pdf.
- [19] Kesselheld GmbH, „Tiefenbohrung: Bohrtiefe, Genehmigung und Kosten,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.kesselheld.de/tiefenbohrung/>.
- [20] Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG),“ [Online]. Available: <https://isong.lgrb-bw.de/>. [Zugriff am 27 11 2023].
- [21] Bundesverband Geothermie, „Aquifer,“ 2023. [Online]. Available: <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/a/aquifer.html>.
- [22] Daten: Bundesverband Geothermie, Veröffentl.: Frankfurter Allgemeine Zeitung, „Der heiße Schatz aus der Tiefe,“ 2022. [Online]. Available: https://www.faz.net/aktuell/technik-motor/energie/tiefengeothermie-welches-potential-hat-sie-in-deutschland-18275126/1412733-18275118.html#fotobox_1_8275126.

- [23] Forschungsstelle für Energiewirtschaft, „Regionale Wärmepumpen-Potenziale,“ 17 08 2022. [Online]. Available: <https://waermepumpen-ampel.ffe.de/karte>.
- [24] NIBE Systemtechnik GmbH, „Wärmepumpe & Nachbarn: Dieser Abstand zur Grundstücksgrenze ist Pflicht,“ 17 08 2022. [Online]. Available: <https://www.nibe.eu/de-de/support/artikel/waermepumpe-abstand#bundeslanduebersicht>.
- [25] Stadtwerke Aalen, „Kläranlagen,“ Stadtwerke Aalen, [Online]. Available: <https://www.sw-aalen.de/privatkunden/wasser/abwasser/klaeranlagen>. [Zugriff am 14 12 2023].
- [26] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, „Wasserläufe und Seen,“ 2022. [Online]. Available: <https://www.statistik-bw.de/BevoelkGebiet/GebietFlaeche/GB-Gewaesser.jsp>.
- [27] Statkraft Markets GmbH, „Windpark Waldhausen,“ [Online]. Available: <https://www.statkraft.de/ueber-statkraft/standorte/Deutschland/waldhausen-windpark/>. [Zugriff am 23 01 2024].
- [28] Energie Baden-Württemberg AG, „Windpark Aalen-Waldhausen,“ [Online]. Available: <https://www.enbw.com/erneuerbare-energien/windenergie/windpark-aalen-waldhausen/>. [Zugriff am 23 01 2024].
- [29] Wikimedia Foundation Inc., „Wikipedia - Windpark Ebnat-Ochsenberg,“ [Online]. Available: https://de.wikipedia.org/wiki/Windpark_Ebnat-Ochsenberg. [Zugriff am 23 01 2024].
- [30] Bundesnetzagentur, „Wasserstoff-Kernnetz,“ [Online]. Available: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>. [Zugriff am 11 12 2023].
- [31] Tagesschau, „Welche Förderungen es noch gibt - und welche nicht,“ 11 12 2023. [Online]. Available: <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/verbraucher/foederung-kredite-zuschuessehaus-wohnen-100.html>.
- [32] ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, „Teilbericht - Klimaschutzpotenziale in Kommunen,“ Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2022.
- [33] Bundesministerium für Wohnen, Bauen und Stadtentwicklung, „Weg frei für eine klimafreundliche und bezahlbare Wärmeversorgung,“ 17 11 2023. [Online]. Available: <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/11/wpg.html>.
- [34] Stadtverwaltung Aalen, „EKO - EnergiekompetenzOSTALB e.V. - Energie- und Klimaschutzberatung des Ostalbkreises,“ 11 12 2023. [Online]. Available: <https://www.aalen.de/beratung.35639.25.htm>.

- [35] Bundesnetzagentur, „Wasserstoff-Kernnetz,“ Bundesnetzagentur, 15. 11. 2023. [Online]. Available: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Wasserstoff/Kernnetz/start.html>. [Zugriff am 13. 12. 2023].
- [36] Umweltbundesamt, „Gesellschaftliche Kosten von Umweltbelastungen,“ [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/umwelt-wirtschaft/gesellschaftliche-kosten-von-umweltbelastungen#klimakosten-von-treibhausgas-emissionen>. [Zugriff am 20. 12. 2023].
- [37] ifeu, „Energie- und CO₂-Bilanzierungstool Baden-Württemberg BICO₂BW,“ 2019. [Online]. Available: https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Kommunaler_Klimaschutz/Angebote/Gebrauchsanweisung_BICO2BW_V2.9.pdf.
- [38] Stadtverwaltung Aalen, „Statistiken von Gesamtstadt,“ 24. 11. 2023. [Online]. Available: <https://www.aalen.de/bevoelkerungsentwicklung-2022.174011.htm>.
- [39] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, „Daten- und Kartendienst der LUBW,“ [Online]. Available: https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/projekte/pages/map/default/index.xhtml?mapId=5538276e-c126-42da-8706-339ba90a7ee7&repositoryItemGlobalId=.Energieatlas+Baden-W%C3%BCrttemberg.Wind.Anlagen+und+Potenziale.wind_ermittelte_pot_flaechen.layer&mapSrs=EPSG. [Zugriff am 27. 11. 2023].