



ebök Gesellschaft mbH

Schellingstraße 4/2
72072 Tübingen

Tel. 0 70 71 93 94 0
mail@eboek.de
www.eboek.de

Stadt Ulm

Kommunaler Wärmeplan

2023

Erstellt im:	Mai 2023
Im Auftrag der:	Universitätsstadt Ulm, Hauptabteilung Stadtplanung, Umwelt, Baurecht
Projektleitung:	Marc-André Claus, B. Sc.
Inhaltliche Bearbeitung:	Marc-André Claus, B. Sc. Sebastian Gallery, B. Sc. Benedikt Weinmann Holger Zimmermann, M. Sc.



Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	1
1 Einleitung und Aufgabenstellung	6
2 Grundlagen und Methodik	7
2.1 Datenschutz	7
2.2 Randbedingungen für die Umsetzung	7
2.3 Akteure und Beteiligung	9
2.4 Projektablauf	10
2.5 Datengenauigkeit und -fehler	12
2.6 Erhebungen Bestandsanalyse.....	12
2.6.1 Das Untersuchungsgebiet.....	12
2.6.2 Baualter und Siedlungsentwicklung	13
2.6.3 Bezeichnungen für Energie und Wärme.....	14
2.6.4 Bestehende Wärmeversorgungsstruktur	15
2.6.5 Kennwerte für Bedarfsermittlung.....	16
2.6.6 Erhebung erneuerbarer Energien im Ist-Zustand	18
2.7 Erhebungen Potenziale	19
2.7.1 Einsparpotenzial energetische Sanierung	19
2.7.2 Wärmebedarf Wohnungsneubau	20
2.7.3 Entwicklung von Eignungs- und Fokusgebieten	21
2.7.4 Allgemeine Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft	23
2.7.5 Bildung Energieträgermix Zielzustand.....	24
2.7.6 Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmenutzung	27
3 Bestandsanalyse	30
3.1 Gemeindestruktur.....	30
3.2 Wärmeversorgungsstruktur	31
3.2.1 Wärmeerzeugerstruktur	32
3.2.2 Gas- und Wärmenetzinfrastruktur	36
3.3 Wärmebedarf und Wärmedichte	36
3.4 Energiebilanz	40
3.5 Treibhausgasbilanz	43
4 Potenziale	45
4.1 Entwicklung des Wärmebedarfs	45
4.2 Eignungs- und Fokusgebiete Fernwärme	47
4.3 Solarenergie auf Freiflächen	49
4.3.1 Solarthermie-Freiflächenanlage	50
4.3.2 PV-Freiflächenanlage	51
4.4 Solarenergie auf Dächern und Fassaden	53
4.5 Abwasserwärmenutzung	55

4.5.1	Abwasserwärme im Kanal	55
4.5.2	Abwasserwärme nach Klärwerk.....	57
4.6	Feste Biomasse / Holz	59
4.7	Flusswasserwärme	60
4.8	Grundwasser	63
4.9	Erdwärmesonden.....	64
4.10	Erdkollektoren / Agrothermie.....	65
4.11	Außenluft in Verbindung mit Wärmepumpen.....	67
4.12	Abwärme aus industriellen Prozessen	68
4.13	Biogas.....	69
4.14	Power to Gas	69
4.15	Windkraftanlagen	71
4.16	Externe klimaneutrale Stromerzeugung	72
4.17	Rolle der Gasnetze	73
4.18	Rolle Kraft-Wärme-Kopplung	74
4.19	Fazit / Zusammenfassung Potenziale	74
5	Zielszenario	76
5.1	Voraussetzungen und Annahmen	76
5.2	Zielszenario 2030.....	77
5.3	Zielszenario 2040.....	80
5.4	Energiebilanz und Treibhausgasemissionen Zielszenario	83
6	Maßnahmenkatalog.....	85
6.1	Begriffe und Definitionen.....	85
6.2	Übergeordnete Maßnahmen	86
6.2.1	Netzwerkbildung.....	86
6.2.2	Beratung, Förderung und Organisation.....	87
6.2.3	Sanierung und Gebäude.....	88
6.2.4	Dezentrale Versorgung und kleine Netze.....	90
6.3	Maßnahmen der SWU	91
6.3.1	Allgemeine Maßnahmen SWU.....	91
6.3.2	Projektbezogene Maßnahmen SWU.....	93
6.4	Maßnahmen der FUG	98
6.4.1	Allgemeine Maßnahmen FUG	98
6.4.2	Projektbezogene Maßnahmen FUG	100
7	Monitoring und Controlling	102
8	LITERATUR.....	104
9	ANHANG	106
9.1	Steckbriefe der Stadtteile	106
9.2	Anhang Karten.....	106

9.3 THG-Faktoren nach KEA-Technikkatalog.....	106
---	-----

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand.....	1
Abb. 2: Kartenausschnitt: Eignungs- und Fokusgebiete 2030 und 2040.....	3
Abb. 3: Entwicklung THG-Emissionen nach Energieträger bis 2040.....	4
Abb. 4: Projektphasen der KWP-Erstellung.....	10
Abb. 5: Kartenausschnitt: Einteilung der Baublöcke nach Zeiträumen der Siedlungsentwicklung.....	13
Abb. 6: Verteilung der beheizten Gebäude auf Zeiträume der Siedlungsentwicklung.....	14
Abb. 7: Bilanzgrenzen und Bezeichnungen im Energiefluss bis zur Nutzwärme im Gebäude.....	15
Abb. 8: Der Potenzialbegriff.....	19
Abb. 9: Optionen Wärmeversorgung Ulms im Zielszenario.....	25
Abb. 10: Beheizte Gebäude nach Anzahl, Fläche, Sektor und Nutzungsart.....	30
Abb. 11: Baublöcke nach Stadtteilen in Ulm, ALKIS-Daten-Stand 2019.....	31
Abb. 12: Energieträgerverteilung im Ist-Zustand bezogen auf den Endenergiebedarf der Gebäude.....	32
Abb. 13: Vergleich: Heizwärmebedarf Ulm und Deutschland bezogen auf Endenergie.....	33
Abb. 14: Kartenausschnitt: vorherrschender Energieträger und Alter der Feuerstätten pro Baublock.....	34
Abb. 15: Verteilung der Feuerstätten nach ihrem Baualter.....	35
Abb. 16: Verteilung der Feuerstätten nach ihrer Anzahl und Leistung.....	35
Abb. 17: Kartenausschnitt: Absoluter Wärmebedarf (Erzeugernutzwärmeabgabe) nach Baublock.....	37
Abb. 18: Kartenausschnitt: Spezifischer Wärmebedarf (Erzeugernutzwärmeabgabe) nach Baublock.....	38
Abb. 19: Kartenausschnitt: Blockweise Wärmedichte (Erzeugernutzwärmeabgabe).....	39
Abb. 20: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand.....	40
Abb. 21: Vergleich: Endenergiebedarf nach Sektoren in Ulm und Deutschland.....	41
Abb. 22: Endenergiebedarf nach Nutzung, Energieträger und Anwendung im Ist-Zustand.....	42
Abb. 23: THG-Bilanz im Ist-Zustand.....	43
Abb. 24: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand.....	44
Abb. 25: Entwicklung des Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs (ENW) je nach Sanierungsrate.....	45
Abb. 26: Kartenausschnitt: Eignungs- und Fokusgebiete 2030.....	47
Abb. 27: Kartenausschnitt: Eignungs- und Fokusgebiete 2040.....	47

Abb. 28: Entwicklung des Fernwärmebedarfs (FUG) nach Eignungsgebieten (Endenergie, gebäudebezogen).....	48
Abb. 29: Entwicklung des Fernwärmebedarfs (SWU) nach Eignungsgebieten (Endenergie, gebäudebezogen).....	48
Abb. 30: Grundsatzbeschluss Freiflächen-PV, Fachbereichsausschuss Stadtentwicklung, Bau und Umwelt, Mai 2022	49
Abb. 31: Eignungsklassen Solarenergie auf Dachflächen; eigene Darstellung nach [LUBW DF 2022]	53
Abb. 32: Abwasserwärmetauscher im Kanal [UHRIG].....	55
Abb. 33: Abwasserwärmetauscher – Beispiele für Bauformen [UHRIG].....	55
Abb. 34: Abschätzung der Wärmeentzugsleistung aus Abwasserkanälen (Datenquelle: EBU).....	56
Abb. 35: Vorliegende Ablauftemperaturen nach dem Klärwerk Steinhäule.....	57
Abb. 36: Vorliegende Abflussmengen als Jahresdauerlinie am Klärwerk Steinhäule.....	58
Abb. 37: Potenzial Abwasserwärme: thermische Gesamtleistung Wärmepumpe nach Klärwerk.....	58
Abb. 38: Potenzial Abwasserwärme: lieferbare Wärmemenge Wärmepumpe nach Klärwerk.....	59
Abb. 39: Flusswasser: Jahresdauerlinien, Abflussmenge und Temperaturverlauf.....	61
Abb. 40: Potenzial Flusswasserwärme: thermische Gesamtleistung Wärmepumpe	62
Abb. 41: Potenzial Flusswasserwärme: lieferbare Wärmemenge Wärmepumpe	62
Abb. 42: Hydrogeologische Übersichtskarte mit Schutzgebieten nach [ISONG].....	64
Abb. 43: Geothermisches Potenzial mit Schutzgebieten nach [ISONG]	65
Abb. 44 Beispielhafte Darstellung Agrothermie, © Doppelacker GmbH [BMWI-09/2019].....	66
Abb. 45: Ausschnitt: Ausschlussbereiche Windkraft (blau) [2023-01PA- 1318]	72
Abb. 46: Energieträgerverteilung in der Fernwärme 2030	77
Abb. 47: Energieträgerverteilung der Erzeugernutzwärmeabgabe dezentral 2030	78
Abb. 48: Gegenüberstellung Wärmebedarf Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergie im Jahr 2030.....	79
Abb. 49: Energieträgerverteilung in der Fernwärme in 2040.....	80
Abb. 50: Energieträgerverteilung der Erzeugernutzwärmeabgabe dezentral in 2030.....	81
Abb. 51: Gegenüberstellung Wärmebedarf Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergie im Jahr 2040.....	82
Abb. 52: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträger bis 2040	83
Abb. 53: Entwicklung THG-Emissionen nach Energieträger bis 2040	84

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Projektablauf mit wesentlichen Terminen	10
Tab. 2: Bedarfskennwerte Erzeugernutzwärmeabgabe für Heizwärme in Wohngebäuden.....	17
Tab. 3: spezifischer Wärmebedarf (Erzeugernutzwärmeabgabe)	37
Tab. 4: Endenergieeinsatz für Wärmeversorgung der Gebäude nach Anwendung und Energieträgern	42
Tab. 5: Entwicklung des Wärmebedarfs (Erzeugernutzwärmeabgabe) bis 2030 / 2040	46
Tab. 6: Ergebnisse Interessenbekundungsverfahrens Freiflächen PV-Anlagen Ulm	51
Tab. 7: Gegenüberstellung Wärme aus Solarenergie mit PV vs. Solarthermie.....	53
Tab. 8: Potenziale aus Abwasserkanälen.....	56
Tab. 9: Potenziale aus Abwasserkanälen.....	63
Tab. 10: Strombedarf für Wärmepumpen dezentral 2030 / 2040	68
Tab. 11: Entwicklung Endenergiebedarf und Anteil Fernwärme bis 2040	83
Tab. 12: Strombedarf für Wärmepumpen zentral & dezentral 2030 / 2040	84

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dem vorliegenden Kommunalen Wärmeplan erfüllt die Stadt Ulm die entsprechende Verpflichtung aus dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg.

Ist-Zustand der Wärmeerzeugung und Nutzung

Für das Stadtgebiet Ulms wurden die Wärmebedarfe nach Gebäudetyp, Energieträger, Anwendungen und Nutzungssektoren wie folgt erhoben und bilanziert (Datengrundlage 2019):

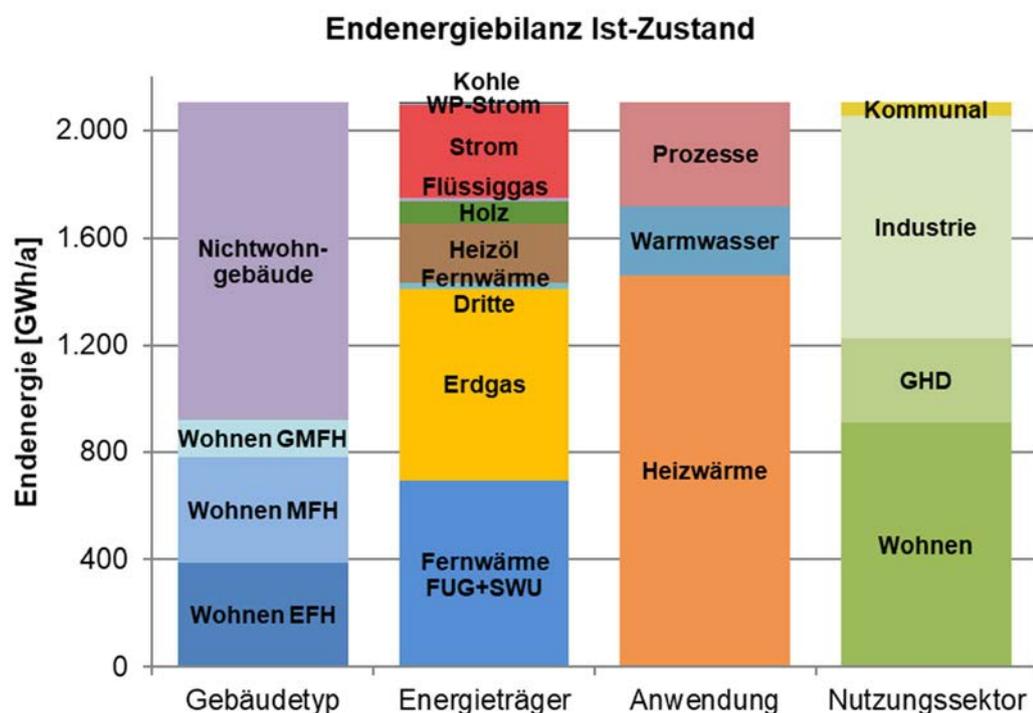


Abb. 1: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand

Daraus ergibt sich:

- Wärmebedarf der Nichtwohngebäude und für Heizwärme dominieren.
- Innerhalb der Nichtwohngebäude dominiert der Industriesektor
- Der Energiebedarf wird zum größten Teil aus Fernwärme (FUG + SWU + Dritte) und Erdgas gedeckt (34,1 % und 34,0 %).
- Rund 38 % des derzeitigen Endenergiebedarfs wird aus erneuerbaren Energien, Systemen mit regenerativen Quellen oder Wärmenetzen gedeckt.
- Die Wärmeerzeugung in den bestehenden Wärmenetzen aller Betreiber inklusive teilweise geschätzter Leitungs- und Erzeugungsverluste benötigt

derzeit etwa 860,8 GWh/a Endenergie. Davon stammen bereits etwa 62,7 % aus regenerativen Quellen.

- Die Fernwärme der FUG hat mit rund 94,3 % den größten Anteil an der Wärmeversorgung durch Wärmenetze. Die SWU folgen mit 2,2 %, der Rest verteilt sich auf kleinere Netze einzelner Betreiber und einzelne Wärmeinseln im Contracting.
- Für den gesamten Endenergiebedarf (Lieferung an Gebäude) wurden 2.106 GWh/a Endenergie ermittelt.

Bestehende Potenziale

Die erhobenen lokalen Potenziale unterscheiden sich stark hinsichtlich der Qualität, der dafür verfügbaren Datenquellen und der Belastbarkeit der zur Abschätzung notwendigen Annahmen. Zu beachten ist, dass die Potenziale ggf. untereinander konkurrieren und nicht technisch oder wirtschaftlich gleichwertig erschlossen werden können. Die benannten Potenziale stellen Ausbau-Potenziale dar, bereits erschlossene Anteile sind nicht enthalten. Der Nutzung eines jeden genannten Potenzials muss eine umfangreiche Prüfung / Machbarkeitsstudie vorangestellt werden.

- **Einsparung durch Sanierung:** Es wurde ein langfristiges Einsparpotenzial von 40,4 % ermittelt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Sanierungsrate von 1,5 %/a ergeben sich Einsparungen bis 2030 von 127 GWh/a (7,9 %) und bis 2040 von 243 GWh/a (15 %), die jedoch von den Neubautätigkeiten bis 2040 teilweise wieder konterkariert werden.
- **Solare Wärme auf Dachflächen:** Das aktuelle Potenzial beläuft sich unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes auf 94 GWh/a, außerhalb der Eignungs- oder Fokusgebiete der Fernwärme auf 35 GWh/a.
- **Solare Wärme auf Freiflächen:** Solarthermie-Freiflächenanlagen in der Nähe zu Wärmeabnehmern oder Heizzentralen stellen in Verbindung mit Speichern eine leicht zu integrierende regenerative Wärmequelle für Wärmenetze dar. Insgesamt wurden neun Gebiete in Ulm für eine konkretere Machbarkeitsstudie und Flächensuche identifiziert.
- **Abwasserwärme im Kanal:** An vier Standorten (in den Hauptsammlern von Einsingen, Wiblingen, Söflingen und der Oststadt) ergibt sich ein in Summe Potenzial von rund 43 GWh/a.
- **Abwasserwärme nach Klärwerk:** Die Abkühlung des gereinigten Abwassers nach dem Klärwerk Steinhäule bietet unter den angenommenen Rahmenbedingungen ein Potenzial von 140 – 186 GWh/a.
- **Flusswasserwärme:** Das an vier Abschnitten (Donau auf Höhe Wiblingen, Iller auf Höhe Wiblingen, Donau+Iller auf Höhe Stadtmitte, Blau auf Höhe Söflingen) gemessene Potenzial beläuft sich auf rd. 740 GWh/a

- **Grundwasserwärme:** Nördlich von Wiblingen wegen Wasserschutzgebiet nicht erlaubt, ansonsten grundsätzlich überall möglich, vor allem im Donautal und dem Einzugsgebiet der Blau ist der Grundwasserstand hoch / geeignet.
- **Geothermie / Erdwärmesonden:** Nördlich von Wiblingen wegen Wasserschutzgebiet nicht erlaubt, ansonsten Nutzung grundsätzlich möglich und von [ISONG] als „effizient“ eingestuft. Jedoch sind Einschränkungen bei Bohrungen zu erwarten. Allein im dezentralen Bereich liegt ein technisches Potenzial von 145 GWh/a (lieferbare Wärmemenge nach Wärmepumpe) vor.
- **Abwärme:** Angaben von Unternehmen per Fragebogen benennen ein Potenzial von 13 GWh (gemessen) und 4,4 GWh (geschätzt), das näher auf technische und wirtschaftliche Nutzbarkeit hin untersucht werden muss.

Aufbau und Erweiterung von Wärmenetzen

Im Rahmen des KWP wurden anhand der erhobenen Daten und in Abstimmung mit den Energieversorgern Eignungs- und Fokusgebiete für den Aufbau, die Verdichtung und Erweiterung von Wärmenetzen festgelegt. Die gesamten Karten befinden sich im Anhang.

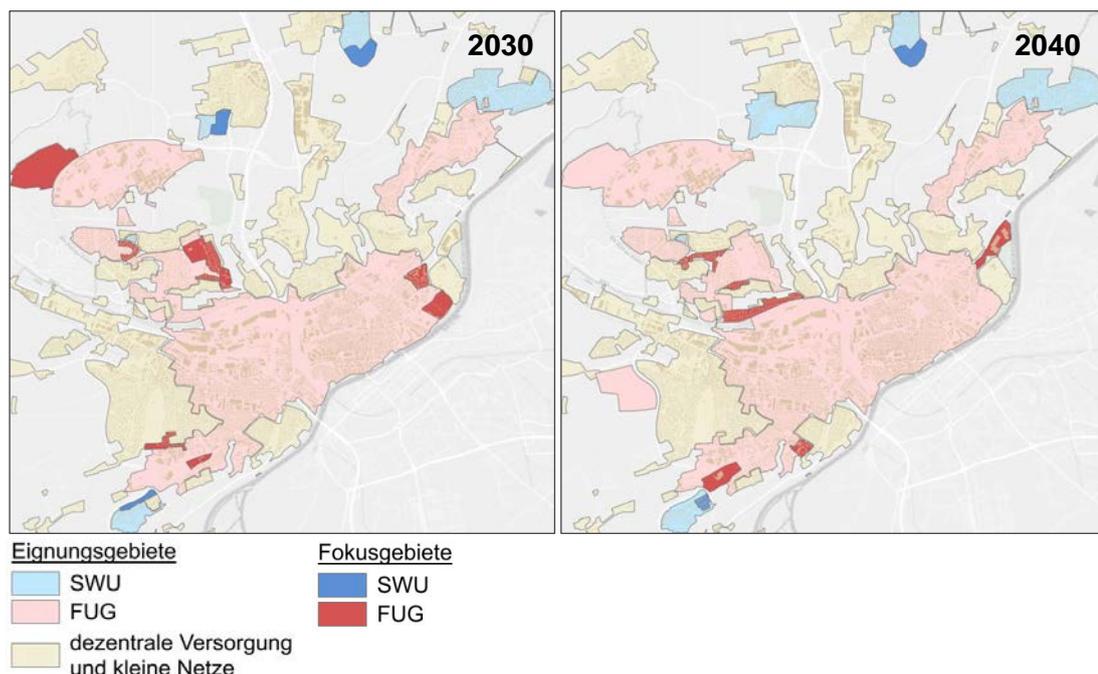


Abb. 2: Kartenausschnitt: Eignungs- und Fokusgebiete 2030 und 2040

In allen Eignungsgebieten könnte unter Berücksichtigung der Bedarfsenkung durch Sanierungen insgesamt eine mögliche Deckung des Endenergiebedarfs der Gebäude bis 2030 von 47,8 % (797,6 GWh/a) durch Fernwärme erreicht werden. Bis 2040 könnte eine Deckung von 58,7 % (835,1 GWh/a) erreicht werden.

Für den Netz-Ausbau / -Erweiterung und vor allem den -Neubau in den Eignungsgebieten müssen folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Konkretere Prüfung der Umsetzbarkeit, z. B. durch geförderte „integrierte Quartierskonzepte“ oder Machbarkeitsstudien nach BEW
- Konkrete Planung und Umsetzung von Ausbaustufen und Zentralen
- Begleitende Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung, um notwendige Anschlussquoten im Bestand zu erreichen.

Zielszenario 2030 / 2040

Unter Berücksichtigung der mit der Verwaltung sowie den Energieversorgern SWU und FUG abgestimmten Voraussetzungen und Annahmen für das Zielszenario ergibt sich eine **Reduktion von Treibhausgasemissionen von 40,7 % bis 2030 und 76,8 % bis 2040.**

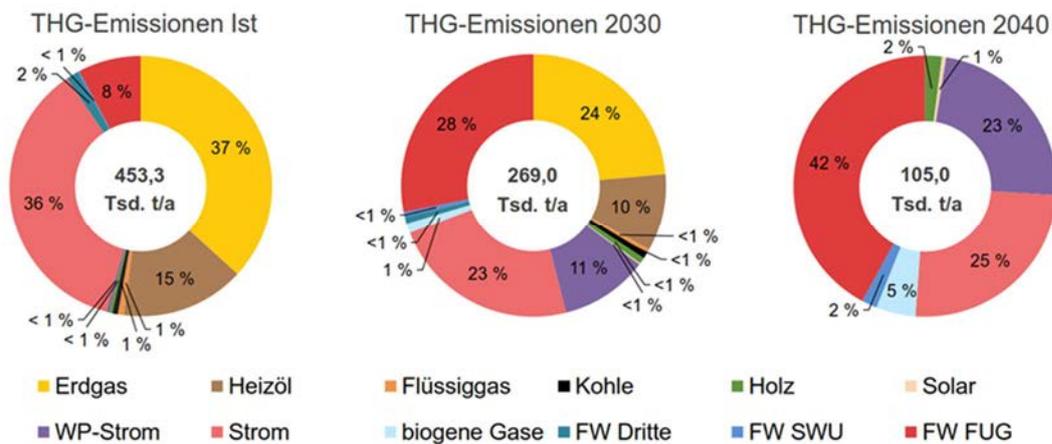


Abb. 3: Entwicklung THG-Emissionen nach Energieträger bis 2040

Fazit / Kernthesen

Die Konzeption einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Kontext der übergeordneten politischen Vorgabe zur Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2040 beruht auf drei strategischen Zielen:

1. Ehrgeizige Einsparungen und Steigerung der Effizienz in der Wärmenutzung
2. Umstellung der Wärmeerzeugungsanlagen auf erneuerbare Energiequellen
3. Aufbau und Erweiterung von Wärmenetzen

Auch bei vollständiger Ausschöpfung aller bestehenden Potenziale bleibt Ulm, um die Klimaneutralität zu erreichen von äußeren Entwicklungen und Ressourcen abhängig:

- Für die Steigerung der Energieeffizienz im Bestand bestehen Hemmnisse (wie z. B. Ressourcen- und Handwerker-mangel), deren Ursachen durch die Kommune nur in geringem Maße oder indirekt beeinflusst werden können.
- Holz als Brennstoff wird in Zukunft sehr stark nachgefragt, während die Nutzung durch Gesetzgebung und Förderrichtlinien mittelfristig stärker reglementiert werden wird.

- Aus erneuerbaren Energien hergestellte brennbare Gase (v. a. Wasserstoff) sind auf lange Sicht nicht aus überregionalen Netzen und für Heizzwecke von Wohngebäuden verfügbar. Die lokale Herstellung in dafür ausreichenden Mengen ist aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nicht realistisch.
- Durch die Transformation hin zu einer stärker strombasierten Wärmeerzeugung nimmt der Einfluss des Treibhausgas-Faktors von Strom auf die Nachhaltigkeit der Wärmeerzeugung immer mehr zu. Die notwendige Menge an klimaneutralem Strom kann jedoch nicht vollständig innerhalb des Stadtgebiets erzeugt werden

Wegen der räumlichen Verteilung, der Kleinteiligkeit und den saisonalen Schwankungen der nachhaltigen lokalen Wärmequellen sind Wärmespeicher und Wärmenetze von besonderer Bedeutung für die Erreichung der Klimaneutralität Ulms.

Die Realisierung weiterer Wärmenetze in den Teilorten sowie die Erweiterung und Verdichtung bestehender Netze in der Kernstadt ist mit den vorhandenen Ressourcen der SWU sowie der FUG und der Stadtverwaltung eine Herausforderung. Dafür ist kurzfristig ein immenser Einsatz für Kommunikation, Planung und Umsetzung erforderlich.

Allgemein wird die Gewinnung von Solar- und Umweltwärme sowie der Ausbau der Fernwärme und die Errichtung der dafür notwendigen Speicher und Heizzentralen die Stadtgesellschaft fordern. Hier sind Flächen zu finden, auf denen die entsprechenden Anlagen zur Strom- oder Wärmegewinnung sowie die Zentralen und Wärmespeicher errichtet werden können. Für die Akzeptanz sollten alle Betroffenen frühzeitig in die Umsetzung des Wärmeplans miteinbezogen werden.

Die künftige Struktur der Wärmeerzeugung wird einen Rückgang von Feuerstellen und eine starke Verbreitung elektrisch betriebener Wärmepumpen, sowohl in dezentralen Anlagen als auch als Groß-Wärmepumpen in Wärmenetzen, mit sich bringen. Das Stromnetz der Zukunft muss sich dabei bereits den Herausforderungen aus der Elektro-Mobilität, der allgemein ansteigenden Stromnutzung und der Umstellung industrieller Prozesse auf Strom stellen. Zusätzlich soll perspektivisch aus Strom regenerativ erzeugter Wasserstoff / Methan hergestellt werden, der voraussichtlich für die Mobilität und industrielle (Wärme-)Prozesse von großer Bedeutung sein wird.

Die Erzeugung von Strom aus lokalen erneuerbaren Quellen spielt daher für die Wärmewende eine sehr große Rolle, um einerseits den Bedarf der direkten Wärmeerzeugung zu decken und andererseits Überschüsse für die Erzeugung von z. B. Wasserstoff zu generieren. Lokale Potenziale, die möglichst ausgeschöpft werden sollten, bestehen in der Nutzung von Photovoltaik auf Dächern und Freiflächenanlagen sowie der Errichtung von Windkraftanlagen.

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Für eine erfolgreiche Energiewende müssen alle Bereiche des Energieverbrauchs angegangen werden, bislang sind hauptsächlich im Strombereich größere Erfolge erzielt worden. Damit auch die Wärmewende gelingt, müssen lokale Potenziale erhoben und ausgeschöpft werden. Dafür hat Baden-Württemberg mit der Novellierung seines Klimaschutzgesetzes Ende 2020 als erstes Bundesland eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung für große Kreisstädte und Stadtkreise eingeführt, die Eingang in das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW) vom 7. Februar 2023 gefunden hat. Die Stadt Ulm mit ihren 126.949 Einwohnern (Stand: 31.12.2021) ist somit verpflichtet, bis Ende 2023 einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen. Als Maßnahme der Ulmer Klimaschutzaktivitäten wurde dieser bereits frühzeitig abgestimmt und im Frühjahr 2021 beauftragt.

Der kommunale Wärmeplan (KWP) soll in Form eines übergeordneten Planungsinstrumentes die Basis für eine Strategie zur langfristig klimaneutralen Wärmeversorgung des Gebiets der Kommune bis zum Jahr 2040 bilden. Der KWP nennt dazu die Potenziale und Wärmebedarfe der Stadt sowie Eignungsgebiete für z. B. den Fernwärmenetzausbau. Er kann die Grundlage zur Auswahl von Stadtquartieren für die Durchführung gezielter Entwicklungskampagnen bilden, die im Rahmen des KfW-Programms 432 (Integrierte Quartierskonzepte) gefördert werden können. Darüber hinaus soll er für Gebäudeeigentümer und Energieversorger eine Orientierung zur Realisierung klimaneutraler Wärmeversorgungssysteme darstellen.

Speziell die Fernwärme spielt in Ulm bereits heute eine entscheidende Rolle für die Ulmer Klimaschutzaktivitäten. Diese hat frühzeitig mit einer Transformation auf klimafreundliche Energieträger begonnen und die Wärmewende vorgedacht. Daran soll nun angeknüpft, das Fernwärmenetz ausgebaut und die Transformation zur Klimaneutralität vollendet werden. Für die auch in Zukunft voraussichtlich noch dezentral zu beheizenden Gebäude soll ebenfalls ein Weg zur Klimaneutralität aufgezeigt werden.

Über einen Zwischenstand für das Jahr 2030 ist das klimaneutrale Zielszenario 2040 zu entwickeln. Der KWP ist als lebendiger Plan zu verstehen, der laufend fortgeführt und laut KlimaG BW im Jahr 2030 aktualisiert werden soll.

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse und Empfehlungen des kommunalen Wärmeplans Ulm zusammen.

2 Grundlagen und Methodik

2.1 Datenschutz

Durch das Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg wurde die rechtliche Grundlage geschaffen, eine möglichst hohe Güte der kommunalen Wärmepläne zu erreichen. Nach § 7e [KSG BW 2022] bzw., seit der Novellierung des Gesetzes zum Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg, nach § 33 [KlimaG BW 2023] dürfen dafür in einer bisher nicht möglichen Detailtiefe gebäudescharfe Daten von Wohn- und Nichtwohngebäuden bei z. B. Bezirksschornsteinfegern, Energieversorgungsunternehmen oder der Industrie erhoben werden.

Entsprechend hoch ist die Bedeutung des personenbezogenen Datenschutzes im kommunalen Wärmeplan. Nach den oben genannten Paragraphen sind die Städte zum Schutz der Daten nach Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) verpflichtet.

Umgesetzt wird diese Pflicht wie folgt:

- Es wurden mit den Lieferanten und Bearbeitern personenbezogener Daten Verträge nach DSGVO geschlossen
- Für die Veröffentlichung der Ergebnisse wurden die gebäudescharfen Daten zu Baublöcken (kleinste Einheit der kleinräumigen Gliederung von Kommunen) aggregiert, siehe dazu Abb. 11. Vorgabe: mindestens fünf Gebäude bilden einen Baublock. Falls die existierenden Baublöcke weniger als fünf Gebäude beinhalteten, wurden sie mit anderen Baublöcken zusammengelegt.
- Löschung der gebäudescharfen Daten nach Abschluss des Projektes oder spätestens am 31. Dezember 2023

2.2 Randbedingungen für die Umsetzung

Die Umsetzung der Ergebnisse und Maßnahmen des kommunalen Wärmeplans unterliegt vielen äußeren Einflüssen, die die Stadt Ulm nur in sehr geringem Maße beeinflussen kann. Dazu gehören die Entwicklung der Energiepreise, die Kostenentwicklung für Investitionen und die Verfügbarkeit von Ressourcen zur Umsetzung baulicher Maßnahmen. Weitere Randbedingungen werden durch das Land und den Bund im Kontext des Ordnungsrechts und der Förderkulisse festgelegt:

- Verschärfung der Neubauanforderungen; Pflicht zur Nutzung von Solarenergie (in Baden-Württemberg bereits gültig)

- Anteil von mindestens 65 % erneuerbarer Energien in neuen Heizungsanlagen im Gebäudebestand, voraussichtlich ab 2024
- Bundesgesetz zur Kommunalen Wärmeplanung mit Vorgaben zu Transformationsplänen und Anteilen erneuerbarer Energien in Wärmenetzen
- Angepasste Fördersätze in der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) und Bonus für die Modernisierung der energetisch schlechtesten Gebäude
- Förderung für Machbarkeitsstudien, Transformationspläne und Optimierung bestehender Wärmenetzen; Konzeption, Planung und Umsetzung neuer Wärmenetze inklusive kalter Nahwärme durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- Bestehende Förderprogramme des Bundes zur energetischen Quartiersentwicklung und Maßnahmen zur Akteursbeteiligung und Öffentlichkeitsarbeit (KfW-Programm 432)

Der Prozess zur Erreichung der Klimaneutralität erfordert eine Exit-Strategie aus Öl und Erdgas, die von einer allgemeinen Bedarfsenkung und dem Ausbau von Wärmenetzen begleitet wird. Sowohl Wärmenetze als auch verbleibende dezentrale Heizungsanlagen müssen in Zukunft mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Dabei sollten zuerst lokale Potenziale ausgeschöpft werden können. Die Stadt Ulm kann dazu mit eigenen administrativen Maßnahmen auf äußere Rahmenbedingungen reagieren, soweit das rechtlich und finanziell möglich ist.

Für die administrative Begleitung von Seiten der Stadt ist die Umsetzung der Energie- und Wärmewende eine herausragende Aufgabe der Stadtentwicklung. Die notwendige Transformation voranzutreiben und Ulm an ein sich veränderndes Klima anzupassen sind recht neue Aufgaben der Stadtverwaltung. Diese werden hauptsächlich von den folgenden Abteilungen betreut:

- Hauptabteilung Stadtplanung, Umwelt, Baurecht (SUB)
Entwicklung und Koordination der strategischen Wärmeplanung und die Aufstellung und Umsetzung integrierter energetischer Quartierskonzepte
- Gebäudemanagement (GM)
Betreuung und Begleitung energetischer Maßnahmen der kommunalen Gebäude

Wichtige Akteure für die Aufgabe der Wärmenetzentwicklung und -transformation liegt sind die regionalen Energieversorger Fernwärme Ulm GmbH (FUG) und Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm (SWU).

2.3 Akteure und Beteiligung

Für die Erarbeitung des KWP ist die Identifizierung wesentlicher Akteure und deren angepasste Beteiligung in allen Projektphasen unerlässlich. Insbesondere zur Datenerhebung, Bewertung des Ist-Zustands und der bestehenden Potenziale sowie der abgestimmten Entwicklung des Zielszenarios und der dazu führenden Maßnahmen mit Zeithorizonten und Prioritäten kann nur auf diese Weise eine trag- und umsetzungsfähige Wärmeplanung erstellt werden.

Wesentliche Akteure beim KWP Ulm sind:

- Vertreter der Stadtverwaltung, insbesondere:
 - Hauptabteilung Stadtplanung, Umwelt, Baurecht (SUB), Abteilung Strategische Planung (SUB II)
 - Zentrales Gebäudemanagement (GM)
 - Für GIS: Hauptabteilung Verkehrsplanung und Straßenbaum Grünflächen, Vermessung (VGV)
 - Abteilung Umweltrecht und Gewerbeaufsicht (SUB V)
- Energieversorger und Netzbetreiber: Fernwärme Ulm GmbH (FUG) und Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm (SWU)
- Regionale Energieagentur Ulm (REA)
- Entsorgungs-Betriebe der Stadt Ulm (EBU) und Zweckverband Klärwerk Steinhäule (ZVK)
- Verwalter / Betreiber großer oder energetisch bedeutender Immobilienbestände: Wohnbaugenossenschaften / -gesellschaften, Großverbraucher aus GHDI, öffentliche Gebäude der Stadt und des Landkreises etc.
- Weitere Vertreter:innen der Öffentlichkeit und Politik, vertreten durch den Klimaschutzbeirat Ulm (politische Fraktionen des Ulmer Gemeinderats, BUND, Fridays for Future, Lokale Agenda, Hochschule Ulm, Jugend aktiv in Ulm, Scientists for Future)

Ein wichtiger Aspekt für eine erfolgreiche Umsetzung des KWP ist die langfristige Vernetzung von Akteuren zur Koordination der laufenden Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung als gemeinsame strategische Planungsgrundlage. Dafür müssen geeignete Gremien, Verantwortlichkeiten und Beteiligungsformate entwickelt und abgestimmt werden.

2.4 Projektablauf

Als Maßnahme der Ulmer Klimaschutzaktivitäten wurde der Kommunale Wärmeplan Ulm bereits frühzeitig abgestimmt und im Frühjahr 2021 beauftragt.

Nachfolgend sind die drei Projektphasen der KWP-Erstellung mit ihren jeweils wichtigsten Inhalten dargestellt:

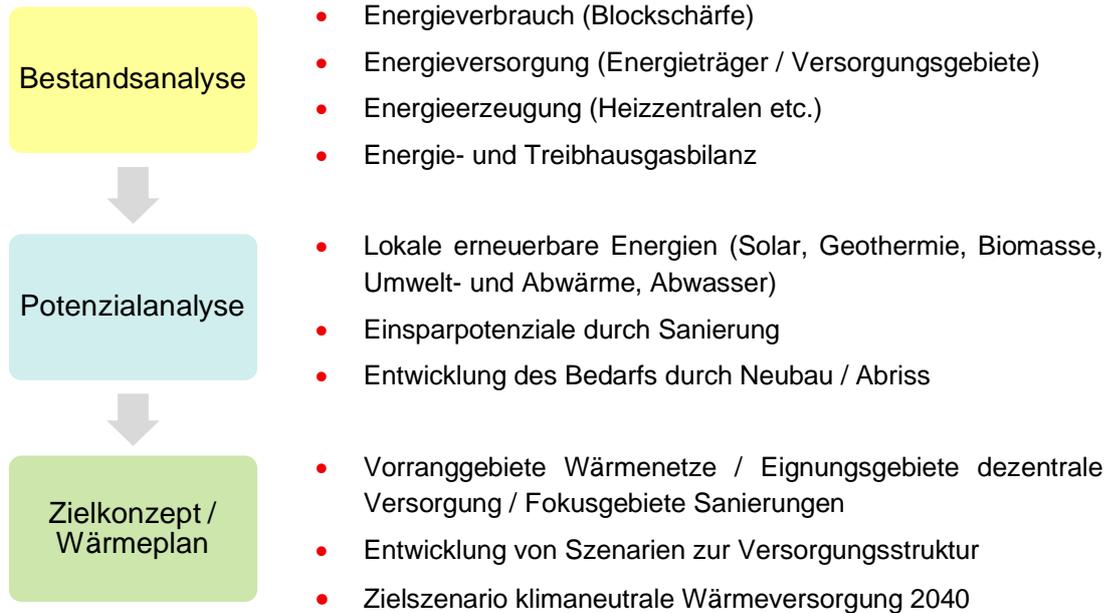


Abb. 4: Projektphasen der KWP-Erstellung

Seit Beginn wurden im Rahmen des Projektmanagements und der Akteursbeteiligung verschiedene Abstimmungen und Veranstaltungen durchgeführt:

Tab. 1: Projektablauf mit wesentlichen Terminen

Datum und Inhalte
08.04.2021 – Kick-Off des KWP Motivation der Stadt Ulm beim KWP, Einstieg in den KWP, Organisation der Akteursbeteiligung
27.04.2021 – Projektauftritt mit SUB II und FUG und SWU Vorstellung Inhalte und Ablauf des KWP, Vorstellung und Ziele der SWU/FUG Abstimmung zu Schnittstellen und Beteiligung
27.05.2021 – Abstimmungstermin DonautalConnect Vorstellung Projekte KWP Ulm und DonautalConnect und Abstimmung von Schnittstellen mit SUB II, HS-Aalen und ebök
08.10.2021 – Abstimmung Wohnbaugesellschaften I Vorstellung KWP und Datenanfrage bei Ulmer Heimstätte und Ulmer Wohnungs- und Siedlungs-Gesellschaft mbH (UWS)

28.10.2021 – Abstimmung Wohnbaugesellschaften II Vorstellung KWP und Datenanfrage bei Vonovia, Bau- und Siedlungsgenossenschaft Aufbau eG, FLÜWO Bauen Wohnen eG Regionalbüro
23.02.2022 – Vorstellung Entwurf der Ist-Analyse Methodik und erste Ergebnisse Ist-Analyse mit SUB II
04.04.2022 – Abschluss Ist-Analyse, Einstieg Potenzial-Analyse Präsentation der Ergebnisse der Ist-Analyse, erste Abstimmungen zu Annahmen zwischen SUB II, FUG und SWU für Potenzialanalyse, Vorgehensweise und Inhalte
26.04.2022 – 1. Vorstellung im Klimaschutzbeirat Beteiligung des Klimaschutzbeirates, Vorstellung der Ist-Analyse und erste Ausblicke in die Potenziale
29.04.– 04.08.2022 – Vorbereitung des Workshops zu Potenzialen und Eignungsgebieten Insgesamt sieben Vorbereitungstermine, je drei mit SWU und FUG mit Beteiligung von SUB und REA, einer mit nur mit SUB. Annahmen zu Potenzialen, Basis für Zielszenarien, Diskussion Problemstellungen EE
19.+20.09.2022 – Workshop Teil 1, Potenziale und Eignungsgebiete Abgleich, Abstimmung und gemeinsame Erarbeitung von Eignungs- und Fokusgebieten für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen mit SUB II, SWU, FUG, REA
20.10.2022 – Workshop Teil 2a, Potenziale und Eignungsgebiete Tag 1 und 2 Abstimmung und Festlegung von Eignungs- und Fokusgebieten für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen mit SUB II, SWU, FUG, REA
02.11.2022 – Zwischenstandsbericht Präsentation der Zwischenergebnisse vor Baubürgermeister Herrn von Winning
07.12.2022 – Workshop Arbeitsgruppe KWP SWU/FUG SUBII Vorstellung "endgültiger" Eignungs- und Fokusgebiete Fernwärme SWU und FUG, Diskussion Potenziale von EEs
10.01.2023 – Workshop Teil 2b Finalisierung der Eignungs- und Fokusgebiete, Keimzellen städtischer Gebäude und Wärmeinseln
17.02.2023 – 2. Vorstellung im Klimaschutzbeirat Beteiligung des Klimaschutzbeirates, Vorstellung der Potenziale und Maßnahmen
27.06.2023 – Gemeinderatstermin Abschlusspräsentation des KWP

Während der Bearbeitung ergaben sich aus externen Prozessen Einflüsse auf die Erstellung des KWP. So standen zum Beispiel die standardisierten Ausgaben aus Kheftbüchern als bedeutende Quelle erst ab August 2021 zur Verfügung. Auch in der Zeit danach herrschten bei einigen Bezirksschornsteinfegermeistern verständliche Bedenken zum Datenschutz, die dank des Landesinnungsverbands der Schornsteinfeger ausgeräumt werden konnten. Letztlich sorgte das für eine Verzögerung bei der Datenaufnahme von rund acht Monaten. Ein weiteres Beispiel ist die landesweit einheitliche Studie zu Potenzialen aus Geothermie mit Erdsonden in Bestandsgebieten, die erst ab Dezember 2022 verfügbar war.

2.5 Datengenauigkeit und -fehler

Die gebäudescharfe Datenerhebung und -bearbeitung, die aufgrund des § 7e [KSG BW 2022] bzw. des § 33 [KlimaG BW 2023] möglich war, suggerieren eine hohe Genauigkeit – leider unterliegen auch diese gebäudescharfen Daten gewissen Fehlern. Einige Angaben in den Quellen waren in ihrer originalen Absicht teils informell und werden jetzt zu anderen Zwecken verwendet. Im Laufe der Erarbeitung wurden die Fehler identifiziert und wenn möglich korrigiert. Es muss allerdings davon ausgegangen werden, dass gewisse Fehler nicht korrigierbar verbleiben. Typische Fehlerarten und -quellen waren:

- Falsche Zuordnung der Adressen in den ALKIS-Daten (z. B. falsche Straße bei Eckgebäuden)
- Falsche Bezugsadresse z. B. der Heizungsanlagen oder Adressen der Firmensitze / der Gebäudeeigentümer:innen
- Ungenügende Adressangaben z. B. nicht existente Adresse, Adresse außerhalb des Gemeindebezirks oder falsche Bezeichnung (z. B. Liegenschaft „XYZ-Schule“ statt Straßenadresse)
- Falsche Leistungsdaten in den Kehrbüchern
- Fehlende Zuordnung von Mitversorgern (Versorgung von mehreren Gebäuden durch eine gemeinsame Heizungsanlage)
- Stockwerksanzahl und dadurch ermittelte beheizte Gebäudefläche
- Unbekannte Energieträger: Gebäude, die anhand ihrer Nutzungsart als beheizt angenommen werden müssen, bei denen jedoch keine Informationen zum Energieträger vorlagen (siehe dazu auch Kap. 2.6.4).

2.6 Erhebungen Bestandsanalyse

2.6.1 Das Untersuchungsgebiet

Die Stadt Ulm umfasst eine Fläche von 11.868 ha und ist in 18 Stadtteile eingeteilt (siehe auch Abb. 11). Die amtliche Einwohnerzahl Ulms beläuft sich auf 126.949 Personen (Stand: 31.12.2021). Ulm ist die größte Stadt des Regierungsbezirks Tübingen und der Region Donau-Iller.

Das größte Industrie- und Gewerbegebiet Ulms ist das Donautal. Mit seinen rund 20.000 Beschäftigten in ca. 200 Unternehmen ist es ein wirtschaftliches Herzstück der Region und prägt den Energieverbrauch der Stadt.

Ein weiteres besonderes Stadtgebiet ist am nördlichen Eselsberg mit den Einrichtungen der Universität, des Universitätsklinikums und vieler namhafter Unternehmen in der Wissenschaftsstadt (Science Park I und II), wie z. B. Daimler AG, Nokia und Siemens. Während der Erstellung des KWP wurde der dritte Teil des Science Parks erschlossen.

2.6.2 Baualter und Siedlungsentwicklung

Eine wichtige Grundlage für die Abschätzung des Wärmebedarfs eines Gebäudes ist sein Baualter, in der Stadt Ulm lagen dazu allerdings keine flächendeckenden Informationen vor. Für die Einteilung wurde daher auf die baublockscharfe Siedlungsentwicklung der Stadt Ulm zurückgegriffen, die von der Stadt zur Verfügung gestellt wurde (siehe für einen Kartenausschnitt Abb. 5, Gesamtkarte im Anhang).

Die Zeiträume der Siedlungsentwicklung beschreiben, wann ein Baublock erschlossen und bebaut wurde. Gebäude in Baublöcken mit den gleichen Zeiträumen der Siedlungsentwicklung wurden somit i. d. R. zur gleichen Zeit errichtet. Einzelne Gebäude können jedoch später errichtet worden sein oder nachträglich abgerissen und durch ein neues ersetzt worden sein. In diesen Fällen wurde die Annahme getroffen, dass diese Aktivitäten für die Gebäude gleichen Typs in Gebieten mit gleichen Zeiträumen der Siedlungsentwicklung in ähnlichem Umfang vorgekommen sind und die Gebäude somit dennoch vergleichbar sind.

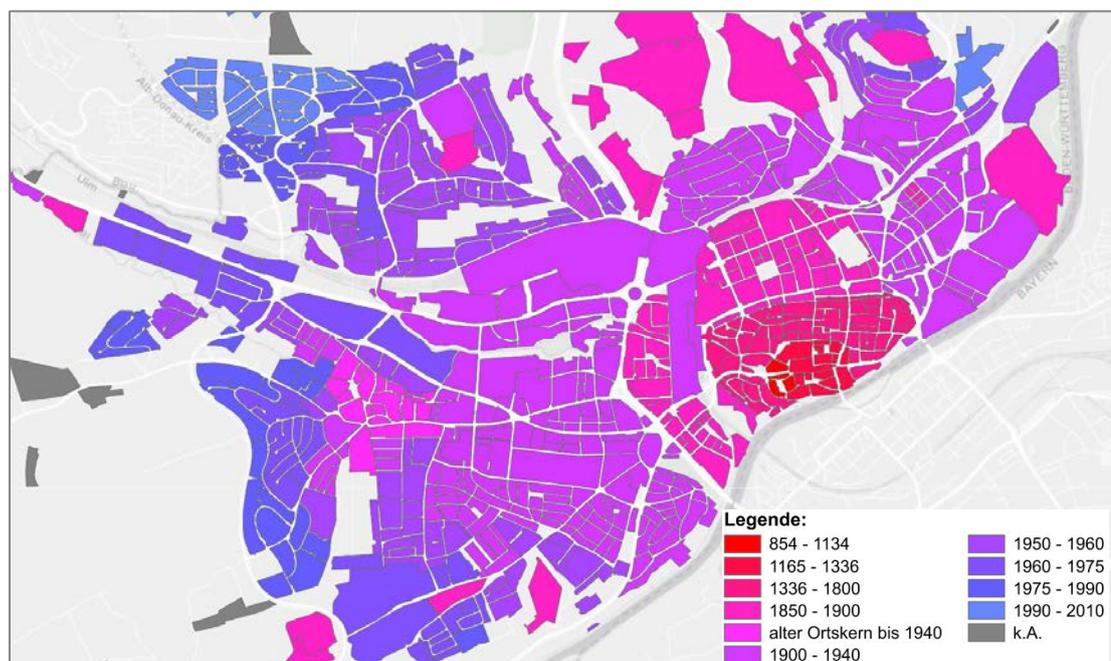


Abb. 5: Kartenausschnitt: Einteilung der Baublöcke nach Zeiträumen der Siedlungsentwicklung

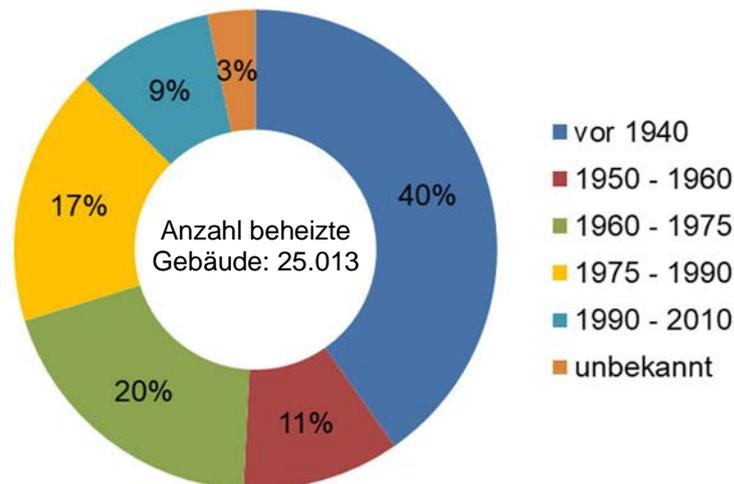


Abb. 6: Verteilung der beheizten Gebäude auf Zeiträume der Siedlungsentwicklung

2.6.3 Bezeichnungen für Energie und Wärme

Im Rahmen des KWP werden folgende Begriffe für Energie und Wärme verwendet:

Primärenergie: Energieform, die noch keinem Umwandlungs- oder Transformationsprozess unterzogen wurde (Erdgas, Erdöl, Kohle, Uran, Solarstrahlung, Wind...)

Endenergie: Energie, die an das Gebäude übergeben und i. d. R. über Zähler oder Messeinrichtungen abgerechnet wird (Erdgas, Heizöl, Holzpellets, Fernwärme, Strom...)

Erzeugernutzwärme: Wärme, die nach dem Wärmeerzeuger oder der Übergabestation im Gebäude nutzbar ist. Der Quotient aus Erzeugernutzwärme und Endenergie entspricht dem Wirkungsgrad des Wärmeerzeugers.

Nutzwärme: Wärme, die für einen Nutzen aufgewendet wird, z. B. für die Raumheizung, warmes Wasser oder für Prozesse. Die Differenz zwischen Erzeugernutzwärme und Nutzwärme entspricht den Wärmeverlusten für Speicherung und Verteilung.

In Abb. 7 sind die Bilanzgrenzen und die Bezeichnungen im Energiefluss von der Primärenergie bis zur Nutzwärme im Gebäude dargestellt.

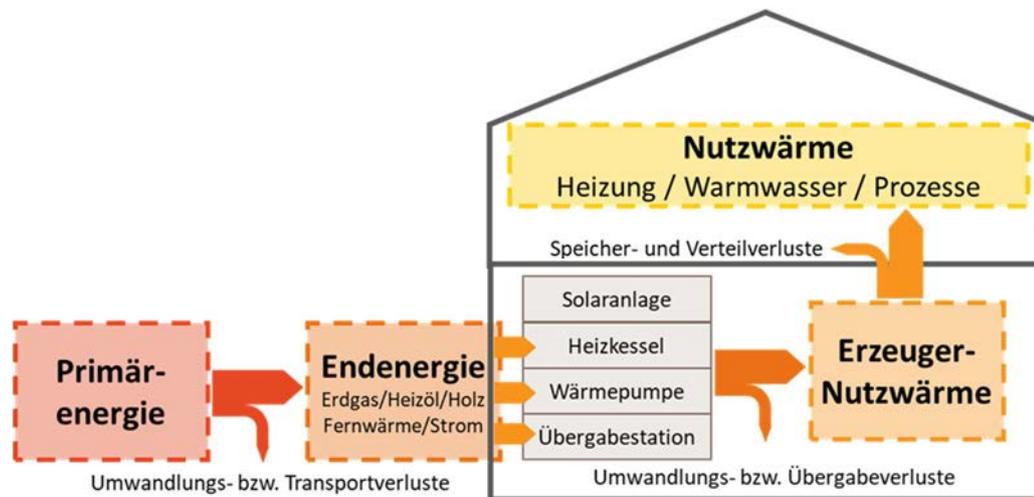


Abb. 7: Bilanzgrenzen und Bezeichnungen im Energiefluss bis zur Nutzwärme im Gebäude

Bei Endenergie und Wärme wird zusätzlich zwischen Verbrauchs und Bedarfswerten unterschieden.

Verbrauchswerte sind Energiemengen, die über einen definierten Zeitraum gemessen und gegebenenfalls einer Witterungskorrektur unterzogen wurden.

Bedarfswerte sind Energiemengen, die z. B. anhand von Kennwerten oder mit einem bestimmten Berechnungsverfahren berechnet werden.

2.6.4 Bestehende Wärmeversorgungsstruktur

Für die Erfassung der bestehenden Struktur der Wärmeversorgung wurden folgende Grundlagen und Quellen verwendet:

- Adressbezogene Kkehrbuchdaten zu Feuerstellen: Baujahr, Leistung, Energieträger, Art der Feuerstelle (z. B. KWK-Anlage, Brennwert, Standard...) und Art der Verteilung (Zentral- oder Einzelraumheizung) der Bezirksschornsteinfegermeister
- Zählerbezogene Angaben zu Verbräuchen an Fernwärme (FUG und SWU) mit Adresse der Liegenschaft
- Zählerbezogene Angaben zu Gas- und Wärmestromverbräuchen (SWU) mit Adresse der Liegenschaft
- Befragungen im Sektor GHDI. In Zusammenarbeit mit dem SUB II wurden anhand der Größe und des Energieverbrauchs die relevanten Unternehmen in Ulm ausgewählt und kontaktiert. Insgesamt 39 Fragebögen wurden

beantwortet. Diese enthielten Fragen zur Energieverbräuchen im Ist-Zustand und zu Abwärmepotenzialen.

- Angaben der Stadt zu den größeren bekannten Biogasanlagen
- Angaben der Stadt zu kommunalen Gebäuden
- Angaben der Verwalter von Gebäudebeständen (Wohnbaugesellschaften, Kirchen, Land, Bund) über Energieverbräuche und beheizte Wohnflächen
- Marktstammdatenregister mit Angaben zu KWK-Anlagen pro Postleitzahl
- Angaben zu bestehenden Solarthermieanlagen pro Postleitzahl

Die in unterschiedlichen Formaten und Qualitäten vorliegenden Quellen wurden jeweils aufbereitet und in das GIS-System (Basis: ALKIS-Daten und Block-einteilungen der Stadt) zur weiteren Auswertung in die KWP integriert. Bei den Angaben aus den Kkehrbüchern zur Art der Feuerstelle wurde nach der anzunehmenden Verwendung unterschieden:

- Raumwärme (z. B. Kamin, Außenwandheizer)
- Trinkwarmwasser (z. B. Warmwasserboiler, Durchlauferhitzer)
- Kombi, d.h. Raumwärme und Warmwasser (z. B. Heizkessel, KWK-Anlagen)
- Sonstige / Prozesswärme (alle anderen wie z. B. Destillen, Schmelzöfen)

Bei Stromheizungen (hauptsächlich Nachtspeicheröfen) oder auch strombetriebenen Wärmepumpen wurden die der SWU bekannten Anlagen erfasst, dabei handelt es sich um die Anlagen, die einen Nachtspeicher- oder Wärmepumpen-Stromtarif beim Versorger haben. Alle Anlagen jedoch, die statt über einen der genannten Stromtarife über den üblichen Haushaltsstrom mitversorgt werden, sind nicht eindeutig und vollständig zuzuordnen. In diesen Fällen ergab sich die Zuweisung deshalb im Wesentlichen aus nach Nutzungsart anzunehmender Beheizung und trotz der Auswertung aller anderen oben genannten Quellen weiterhin unbekanntem Energieträger. Somit ist bei den Angaben zum Strombedarf im KWP die größte Unsicherheit enthalten.

2.6.5 Kennwerte für Bedarfsermittlung

Für Gebäude, für die keine vollständigen Verbrauchsangaben vorlagen, wurde der Wärmebedarf anhand von Kennwerten abgeschätzt. Die betrifft vor allem Gebäude mit den nicht leitungsgebundenen Energieträgern Heizöl, Flüssiggas oder Holz.

Wohngebäude

1. Jedes Wohngebäude wurde einem Zeitraum der Siedlungsentwicklung und einer Gebäudeklasse (Einfamilienhaus EFH, Mehrfamilienhaus MFH, große Mehrfamilienhäuser GMFH) zugeordnet. Dabei wurde unterschieden, ob das Gebäude freistehend ist oder einseitig bzw. zweiseitig an ein anderes angebaut (z. B. einseitig angebautes EFH: EFH-1)
2. Für jeden Wohngebäudetyp wurde mit den Gebäuden, bei denen alle vollständigen Verbrauchsangaben vorlagen, anhand der witterungsbereinigten Erzeugernutzwärmeabgabe (ENW) und der jeweiligen Energiebezugsfläche (EBF) ein Kennwert für den mittleren spezifischen Verbrauch je m² EBF ausgerechnet. Dabei wurden Ausreißer und nicht plausible Werte aussortiert.
3. Die sich daraus ergebende Kennwertetabelle für den Heizwärmebedarf (s. u.) wurde anschließend auf alle Wohngebäude angewandt, für die kein Verbrauchswert vorlag.

Tab. 2: Bedarfskennwerte Erzeugernutzwärmeabgabe für Heizwärme in Wohngebäuden

	EFH-0	EFH-1	EFH-2	MFH-0	MFH-1	MFH-2	GMFH-0	GMFH-1	GMFH-2
vor 1940	162	140	132	117	101	99	85	83	80
1950–1960	163	164	112	121	122	83	80	78	76
1960–1975	161	168	157	118	125	110	109	100	95
1975–1990	146	150	134	103	95	90	101	98	94
1990–2010	90	99	81	69	67	62	66	63	60
ab 2010	66	56	50	66	62	58	55	52	50

Ergänzt wurden diese Kennwerte durch den Trinkwarmwasserbedarf (22 kWh/m² EBF bei EFH und 26 kWh/m² EBF bei MFH und GMFH) bezogen auf ENW.

Nichtwohngebäude

Der Verbrauch von Nichtwohngebäuden wird in der Regel mehr von der Nutzung als von der Baualtersklasse bestimmt. Zudem lag keine statistisch ausreichend große Anzahl von Verbrauchswerten für Nichtwohngebäude der gleichen Nutzung vor, um nach der gleichen Methode wie bei den Wohngebäuden verfahren zu können. Für die Nichtwohngebäude, für die kein eindeutiger Verbrauchswert vorlag, wurde deshalb auf die Kennwerte nach VDI 3807 Teil 2 [VDI 3807-2] zurückgegriffen (Mittelwert je m² NGF nach Nutzungsart). Diese wurden für die Verwendung auf die Erzeugernutzwärmeabgabe umgerechnet.

2.6.6 Erhebung erneuerbarer Energien im Ist-Zustand

Solarthermie-Anlagen

Gebäudescharfe Verbrauchsdaten für Wärme aus Solarthermieanlagen lagen für den KWP nicht vor. Zur Abschätzung der installierten Kollektorflächen konnte auf die Datenbank Solaratlas.de [BSW_2022] zurückgegriffen werden. Diese Internetseite vom Bundesverband Solarwirtschaft e. V. stellt Daten zu Solarthermieanlagen zur Verfügung, die über das Marktanreizprogramm (MAP) für solarthermische Anlagen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wurden (bis zur Änderung der Förderung im Jahr 2020). Verfügbar sind die Summen der Kollektorflächen je Postleitzahlengebiet, nicht geförderte Anlagen sind nicht aufgeführt.

Photovoltaik-Anlagen

Die Stromerzeugung durch PV-Anlagen lag nicht im Fokus des KWP, da es dabei primär um die Wärmeerzeugung und -deckung geht. Jedoch ist die Abschätzung der vorhandenen PV-Anlagen eine relevante Grundlage zur Abschätzung des PV-Ausbaupotenzials, um die zukünftig verstärkt auf Strom basierende Wärmeversorgung mit klimaneutralem und lokal erzeugtem Strom decken zu können.

Neben den stadt eigenen Anlagen, deren Kenndaten direkt von der Stadt übermittelt wurden, konnte bei Photovoltaik vor allem auf das Marktstammdatenregister zurückgegriffen werden. Hier finden sich Angaben zu Peak-Leistungen und Kollektorflächen je Anlage, jedoch ohne Adressbezug, sodass eine Verortung im Rahmen des KWP nicht möglich war. Weitere Hinweise gibt die Website Wattbewerb.de, auf der die installierte Leistung pro Einwohner Ulms notiert ist.

Biogas

Anzahl und Größe der bekannten Biogasanlagen im Stadtgebiet wurden von der Stadtverwaltung zur Verfügung gestellt. Einige der Anlagen speisen ihre Wärme bereits in das Fernwärmenetz der Fernwärme Ulm GmbH (FUG) ein und sind somit im Wärmemix der Fernwärme der FUG aggregiert.

Holz

Bestehende Holzverbrennungsanlagen konnten den Schornsteinfegerdaten und den Angaben der FUG für die Fernwärme entnommen werden (siehe auch Kap. 2.6.4).

Geothermie

Angaben zu bestehenden geothermischen Anlagen wurden von der Stadt zur Verfügung gestellt. Es konnte allerdings nur die Anzahl der Anlagen benannt werden, nicht jedoch die Leistung oder der Wärmeertrag.

2.7 Erhebungen Potenziale

Bei der Betrachtung von Potenzialen muss beachtet werden, dass nicht alle theoretisch existierenden Potenziale auch realistisch erschließbar sind. Werden die diversen technischen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen berücksichtigt, grenzt sich das theoretische Gesamtpotenzial im Laufe der detaillierteren Untersuchungen und nachfolgenden Planungen immer weiter auf das erschließbare Potenzial ein. Im Rahmen des KWP wurde in enger Abstimmung mit der Stadt sowie mit den Energieversorgern versucht, diese Eingrenzung der Potenziale soweit möglich bereits vorzunehmen. Aufgrund der Flughöhe / Genauigkeit des KWP ist dies jedoch nicht bei allen Potenzialen möglich und erfordert teilweise weiterführende Untersuchungen.

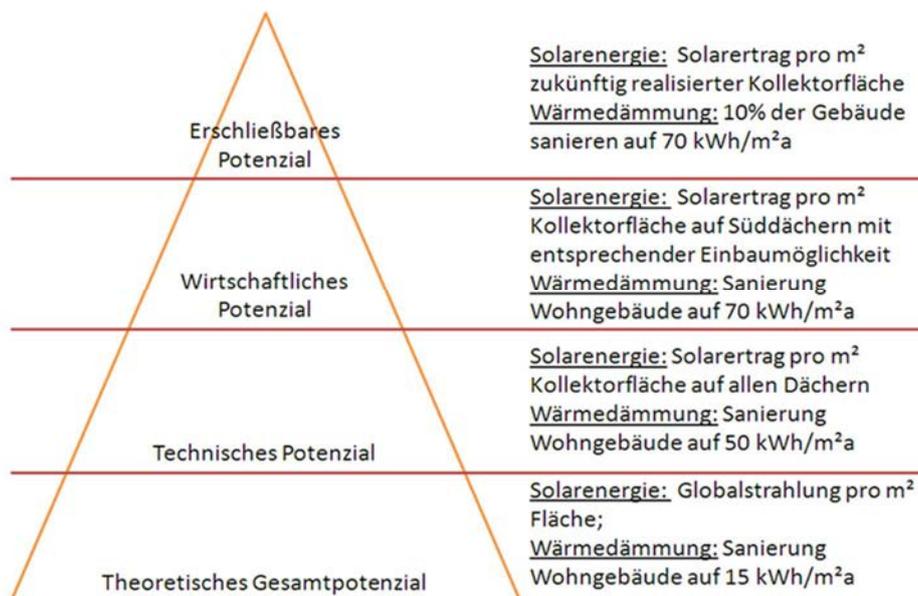


Abb. 8: Der Potenzialbegriff

2.7.1 Einsparpotenzial energetische Sanierung

Wohngebäude

Die Grundlagen für die Ermittlung des Einsparpotenzials durch energetische Sanierung bei Wohngebäuden bilden die Kennwerte für den Heizwärmebedarf des Ist-Zustandes (siehe Kap. 2.6.5). Davon abgeleitet wurde eine nach Baualter der Wohngebäude eingeschätzte statistisch mögliche Einsparung. Für Wohngebäude entspricht das im Mittel einem Bedarf nach dem Förderstandard „Effizienzhaus 55“ der KfW. Dies geschah in Anlehnung an die Energieverbrauchswerte nach Alters-

klassen nach einer energetischen (Voll-)Sanierung, wie sie im Leitfaden der KEA [KEA_2020] nach der Untersuchung [BMW_i_2014] dargestellt sind. Gebäude mit Denkmalschutz wird dabei eine geringere erreichbare Einsparung zugewiesen. Mit Hilfe des aktuellen Wärmebedarfs der Gebäude wurde ein derzeitiger Sanierungsstand abgeleitet. Lag der Bedarf eines Gebäudes bereits so nah an seinem Zielwert, dass eine wirtschaftliche Sanierung als unwahrscheinlich angenommen werden muss oder gar bereits unter dem Zielwert – war das Gebäude also bereits saniert, wurde dieses Gebäude als nicht mehr „sanierungsfähig“ definiert. Für den Rest ergab die Sanierung auf den Zielwert das Potenzial.

Nichtwohngebäude

Die Grundlagen für die Ermittlung des Einsparpotenzials bei Nichtwohngebäuden sind die Richtwerte des Wärmebedarfs nach Gebäudenutzung aus der [VDI 3807-2]. Aus der Differenz aus Richtwert und Mittelwert nach VDI 3807 Teil 2 ergibt sich der zugehörige Reduktionsfaktor für die Heizwärme der Gebäude. Die Entwicklung des Prozesswärmebedarfs ist jedoch schwer abzuschätzen. In nicht geringem Umfang hängt mit der Entwicklung der wirtschaftlichen Lage und der Marktsituation zusammen, die im KWP nicht adäquat beurteilt werden können. Daher wurde angenommen, dass die Betriebe Ulms einem wirtschaftlichen Wachstum unterliegen, welches eine Erhöhung des Prozessenergiebedarfs zur Folge hat und in gleichem Maße die Effizienz der Prozesse gesteigert werden und somit im Mittel keine Bedarfssteigerung der Prozessenergie stattfindet.

Sanierungsrate

Die berechneten Einsparungen sind als technisch-wirtschaftliches Potenzial zu verstehen und zeigen einen Zielzustand nach Sanierung aller sanierungsfähigen Gebäude auf. In welchem Rahmen und in welchem Zeitraum dieses Einsparpotenzial erschlossen wird, hängt von der erreichbaren Sanierungsrate ab. Daher wurde mit Vertretern der Verwaltung und der Energieversorger die Höhe einer angesetzten Sanierungsrate für Ulm diskutiert.

Der Begriff Sanierungsrate ist nicht klar definiert. Im KWP Ulms entspricht sie dem Anteil der sanierungsfähigen Gebäude (siehe oben) an der Gesamtheit der beheizten Bestandsgebäude, die innerhalb eines Jahres im Mittel auf ihre jeweiligen Zielwerte saniert werden.

2.7.2 Wärmebedarf Wohnungsneubau

Auf Grundlage der aus der Stadtplanung erhaltenen Angaben zu vorgesehenen weiteren Erschließungen / Verdichtungen der Bebauung (siehe auch Flächennutzungsplan der Stadt Ulm) wurden deren anzunehmende Wärmeverbräuche

abgeschätzt. Berücksichtigt wurden Gebiete, für die eine Lokalisierung mit Zuweisung einer Baulandfläche, das Jahr der angestrebten Realisierung und Angaben zur vorgesehenen Anzahl von Wohneinheiten vorlagen. Für das Zielszenario wurden diese Gebiete als Baublöcke in das GIS integriert. Folgende Annahmen wurden dabei für die Ermittlung der beheizten Flächen und des Energiebedarfs getroffen:

- Mittlere Wohnfläche EFH: 157 m²
- Mittlere Wohnfläche MFH / GMFH: 78 m²/Wohneinheit
- Gebäudeenergiestandard: im Mittel EffH55 nach KfW

2.7.3 Entwicklung von Eignungs- und Fokusgebieten

Für die Wärmeversorgungsstruktur im Zielzustand wurden Eignungs- und Fokusgebieten für die zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung ermittelt. Dabei wurden die Gebiete zunächst bezüglich zentraler Wärmeversorgungen untersucht und bei Nichteignung den dezentralen Versorgungsgebieten zugeteilt.

Eignungsgebiete werden als Gebiete definiert, die sich aus heutiger Sicht bis 2030 bzw. 2040 (zumindest anteilig) für eine zentrale / dezentrale Wärmeversorgung eignen und dahingehend untersucht werden sollten.

Fokusgebiete werden definiert als Eignungsgebiete mit höherer Priorität, deren Untersuchung / Versorgungsumstellung entweder bereits geplant ist, bereits stattfindet oder bei einer zukünftigen Untersuchung Vorrang haben soll.

Es ist denkbar, dass sich im KWP als Eignungs- oder Fokusgebiet definierte Gebiete bei einer näheren Untersuchung als unwirtschaftlich oder technisch zu problematisch für eine zentrale Wärmeversorgung herausstellen und sich deshalb ihre Bewertung im Rahmen der nachfolgenden Umsetzungsphase ändert.

Es gilt zudem: Aus der Definition als Eignungs- oder Fokusgebiet ergeben sich weder Verpflichtungen für die Energieversorger noch ein Anspruch der Gebäudeeigentümer:innen an einen Anschluss oder einer Untersuchung der Gebäude in diesen Gebieten. Vielmehr bildet die Einteilung in Eignungs- und Fokusgebiete eine Berechnungsgrundlage für den Zielzustand und dient als Grundlage für die empfohlenen Maßnahmen (siehe dazu Kap. 6).

Fernwärme-Eignungs- und Fokusgebiete

Folgenden Kriterien sind für die Eignung als Vorranggebiet für die Versorgung mittels Wärmenetzen maßgeblich:

- Ausreichend hohe Energiebedarfsdichte im Baublock (als Flächendichte; Energiebedarf pro Hektar)

- Hoher Anteil an fossil versorgten Heizungen und Zentralheizungen im Gebiet
- Heutige Altersstruktur der installierten Feuerungsstätten und ein daraus abgeleiteter anzunehmender Erneuerungsbedarf bis 2030 / 2040
- Geeignete Topografie, keine steilen Anstiege, keine Querungen von geografischen Hindernissen wie z. B. Bahnlinien oder großen Straßen
- Verfügbarkeit von (regenerativen) Energiequellen oder Versorgungstechniken, die der dezentralen Versorgung nicht oder nur in geringerer Effizienz zur Verfügung stehen
- Verfügbarkeit von Aufstellflächen für zentrale Wärmeerzeuger
- Gebietsbezogene Restriktionen, beispielsweise Wasserschutzgebiete etc.
- Vorhandene Großverbraucher / kommunale Liegenschaften als Ankernutzer

Die genannten Kriterien wurden zusammengestellt und in einem intensiven Beteiligungsprozess gemeinsam mit der Fernwärme Ulm GmbH (FUG), den Stadtwerken Ulm/Neu-Ulm (SWU) und der Stadtverwaltung in mehreren Workshops diskutiert. Ergebnisse dieser Workshops waren Festlegungen für Eignungs- und Fokusgebiete der Wärmenetze der FUG und der SWU. Außerdem wurde jedem Eignungs- und Fokusgebiet eine anzunehmende / anzustrebende Ziel-Versorgungsquote zugewiesen, die beschreibt, wie viel der im Gebiet benötigten Wärme bis 2030 / 2040 über Fernwärme gedeckt werden kann. In der Regel wird im Gebäudebestand keine 100 %-Deckung erreicht werden können. Der verbleibende Anteil, der nicht über Fernwärme gedeckt werden kann, wurde den dezentralen Gebieten zugeordnet.

Ob ein (Teil-)Netz wirtschaftlich betrieben werden kann, hängt von einer Reihe Faktoren wie die real erreichte Anschlussdichte, Anschlussgeschwindigkeit sowie maßgeblich von Kostenfaktoren im Leitungsbau ab. Letztere sind gekoppelt an die (notwendige) Materialität der Wärmeleitung, die Komplexität des Netzes und die (Wiederherstellungs-) Kosten der Oberfläche. Dies zu spezifizieren ist Aufgabe der Umsetzungsplanung.

Dezentrale Eignungsgebiete

Baublöcke und Ortsteile, die sich aufgrund der oben dargestellten Kriterien voraussichtlich nicht für ein Wärmenetz eignen, werden auch im Zielszenario durch dezentrale Systeme versorgt. Für diese Gebiete sollen ebenfalls Optionen für eine klimagerechte Wärmeversorgung dargestellt werden.

Mit inbegriffen sind hier Möglichkeiten für kleinere Wärmeverbände / Wärmenetze („Wärmeinseln“), z. B. ausgehend von Gebäuden im kommunalen Besitz, zwischen benachbarten Mehrfamilienhäusern oder zwischen Liegenschaften mit Synergien aus unterschiedlichen Nutzungsarten, wie etwa Wohnnutzung und gewerbliche Nutzung mit Abwärme oder KWK-Anlagen.

2.7.4 Allgemeine Rahmenbedingungen für die Energieversorgung der Zukunft

Eine zentrale Voraussetzung für den sinnvollen Einsatz vieler erneuerbarer Energieträger ist die Verringerung des Energieverbrauchs durch Modernisierungsmaßnahmen und Effizienzsteigerungen. Je weniger Energiebedarf auf einem möglichst niedrigem Temperaturniveau durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden muss, desto geringer ist der technische und wirtschaftliche Aufwand für die Gewinnung, Speicherung und Verteilung. Je mehr Energie aus lokalen Quellen gewonnen werden kann, umso geringer ist der volkswirtschaftliche Aufwand für Gewinnung, Transport, Lagerung oder Speicherung aus überregionalen Quellen.

Im Gegensatz zu heutigen fossilen Energieträgern wie Gas und Heizöl sind erneuerbare Energien nicht zeitlich konstant und über eine überregional ausgebaute Infrastruktur verfügbar. Auch auf absehbare Zeit werden leitungsgebundene erneuerbare Energieträger wie grüner Wasserstoff, synthetische Kraftstoffe oder biogene Gase voraussichtlich nicht in vergleichbarer Weise zur Verfügung stehen. Die Transformation der heutigen Wärmeherzeugung und Nutzung bis 2030 / 2040 erfordert daher in aller Regel kombinierte Systeme mit großen Speicherkapazitäten. Einerseits werden dadurch zeitliche Schwankungen in der Verfügbarkeit der jeweiligen Quellen gegenüber dem Bedarf aus der Nutzung aufgefangen, andererseits können Vor- und Nachteile verschiedener Technologien zur Wärmegewinnung aus erneuerbaren Quellen möglichst zielführend kombiniert werden.

Für die **dezentrale Versorgung** ist durch die aktuellen Rahmenbedingungen in den nächsten Jahren eine starke Verschiebung von fossil betriebenen Feuerstellen zu Wärmepumpen und Holzheizungen zu erwarten. Langfristig könnte die Verwendung von Holz in kleinen dezentralen Feuerungsanlagen durch den Gesetzgeber voraussichtlich jedoch eingeschränkt werden. Auf EU-Ebene gab es Anfang 2023 bereits entsprechende Diskussionen im Rahmen der neuen Erneuerbaren-Energien-Richtlinie. Die europäischen Wälder stehen aufgrund der Klimaveränderungen, Dürre, Hitze und Waldbränden immer mehr unter Belastung. Zudem soll der Wald zukünftig als CO₂-Senke eine größere Bedeutung bekommen und das daraus gewonnene Holz vermehrt im Holzbau Anwendung finden.

Die angestrebte langfristige Transformation der Stromerzeugung in Deutschland zu einem klimaneutralen Strom-Erzeugungsmix und die Verfügbarkeit von strombetriebenen Wärmepumpen stellen einen wesentlichen Baustein der Wärmewende dar. Dadurch wird allerdings gerade in der Heizperiode, also zu Zeiten mit verringerter Erzeugung aus erneuerbaren Quellen, der Strombedarf stark ansteigen. Zugleich erhöht sich die Belastung der Strominfrastruktur etwa durch den angestrebten Ausbau der Elektro-Mobilität oder die Umstellung vieler Prozesse in der Industrie von fossilen Energieträgern auf Strom.

Um den durch die zu erwartende Verdrängung von bisherigen Feuerstellen durch Wärmepumpen stark steigenden Strombedarf in der Heizperiode abzufedern, sollten vor allem effizientere Wärmepumpensysteme in Verbindung mit Quellen wie PVT-Anlagen (Photovoltaik-thermische-Solaranlagen, gekühlte Photovoltaikanlagen, deren Abwärme zusätzlich genutzt werden kann), industrielle Abwärme oder Erdwärme beworben und gefördert werden. In vielen Fällen wird es sinnvoll sein, diese Quellen zentral zu erschließen und ggf. als „kalte Nahwärme“ an die Abnehmer für die Nutzung mit dezentralen Wärmepumpen zu verteilen. Die in der Anschaffung günstigeren aber gerade zur Heizperiode ineffizienteren dezentralen Außenluft-Wärmepumpen sollten v. a. in Neubauten oder ehrgeizig sanierten Gebäuden zum Einsatz kommen, sofern keine anderen Quellen zur Verfügung stehen. Bei der Erarbeitung der Potenziale und der Zielbilanz wurde von aktuell üblichen Jahresarbeitszahlen der Wärmepumpen ausgegangen. Die technologische Entwicklung im Bereich der Wärmepumpen schreitet jedoch stetig voran. Es ist daher anzunehmen, dass die zukünftigen Jahresarbeitszahlen den Einsatz von Luft-Wärmepumpen attraktiver machen könnten.

Nicht zuletzt bedeutet der Einsatz erneuerbarer Energieträger immer einen Flächenverbrauch für z. B. Holz / Biomasse, Solarthermie- oder Photovoltaikanlagen, Agro- / Geothermieflächen, große Wärmespeicher etc. Gerade in Städten aber auch überregional bedeutet die Transformation der Wärmeerzeugung eine Verschärfung der Konkurrenz in der Flächennutzung für z. B. Baugebiete, die Naherholung oder Maßnahmen der Klimafolgenanpassung.

Eine Stadt wie Ulm wird aufgrund der ihr zur Verfügung stehenden Flächen immer auf die Lieferung externer Energieträger angewiesen sein, um ihren Energiebedarf zu decken. Durch die Stadt selbst können die Voraussetzungen zur Klimaneutralität durch Maßnahmen zur Bedarfsenkung und Effizienzsteigerung sowie zur Transformation der Wärmeversorgung durch den Ausbau von Wärmenetzen und die Nutzung möglichst vieler lokaler Energiequellen geschaffen bzw. unterstützt werden.

2.7.5 Bildung Energieträgermix Zielzustand

Für die Auswahl von Wärmequellen abhängig vom Bedarf und den zur Verfügung stehenden Potenzialen wurde analog zum in Abb. 9 dargestellten Schema vorgegangen. Die leeren Kacheln stellen Versorgungsmöglichkeiten dar, welche für diese Wärmedichte / diesen Bedarf nicht angesetzt wurden / nicht sinnvoll sind.

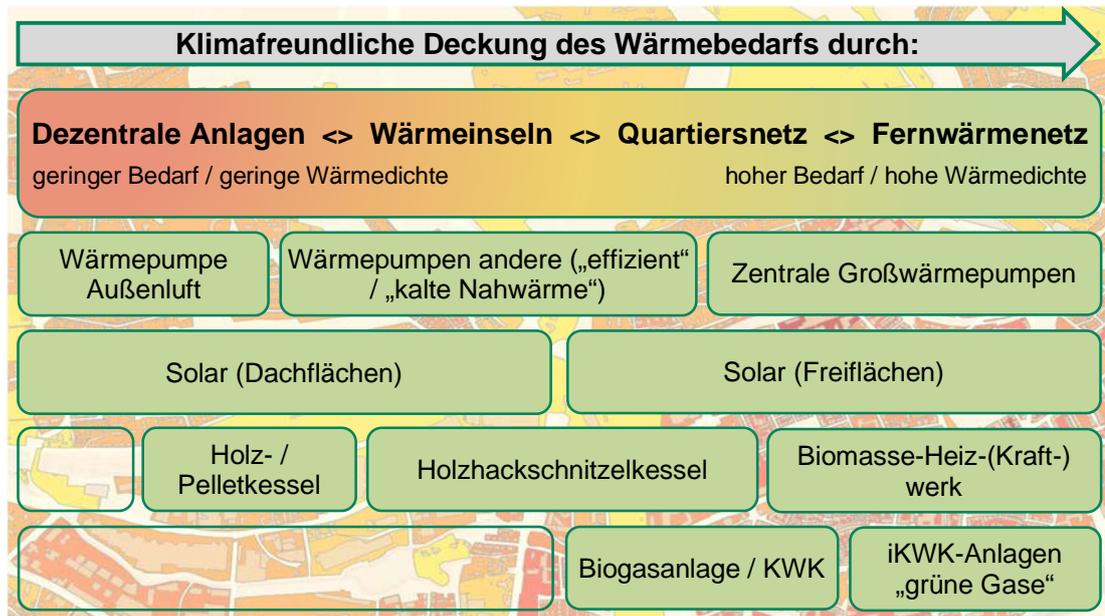


Abb. 9: Optionen Wärmeversorgung Ulms im Zielszenario

Energieträgermix der Wärmenetze

Für die Baublöcke, die eine Zuordnung zu einem Fernwärme-Eignungs- oder Fokusgebiet erhalten haben (siehe Kap. 2.7.3), ergibt sich unter Berücksichtigung der jeweiligen zu erwartenden Versorgungsquote ein Energiebedarf für 2030 / 2040. Ein Faktor für die Ermittlung des Energieträgermixes für 2030 / 2040 dieser Fernwärmegebiete waren lokalisierte Standorte für mögliche Zentralen:

- Nähe zu bestehenden oder bereits geplanten Zentralen
- Größere kommunale Liegenschaften mit bestehenden Zentralen und Kapazitäten für eine Ausdehnung in den Bestand.
- Neubaugebiete als mögliche Ausgangspunkte einer erweiterten Quartiersversorgung durch Ausdehnung des Netzes in den angrenzenden Bestand.
- Lagen mit räumlichem Potenzial, d. h. Flächen für solare Freiflächenanlagen, Erdkollektoren / Agrothermie, und Groß-Wärmespeicher (i. d. R. entsprechend geeignete Randlagen)
- Nähe zu bestehenden Netzen / Wärmeinseln, die sich für eine Erweiterung eignen würden.

Letztlich wurde der zu erwartende Energieträgermix bis 2030 / 2040 in Abstimmung mit den Energieversorgern festgelegt. Weitere wichtige Parameter dabei waren:

- Bestehender Energieträgermix bei Erweiterung oder Transformation eines bestehenden Netzes

- Bereits geplante Anpassungen der Wärmeerzeuger- / Wärmespeicherstruktur der Netzgebiete
- Lage und damit verbundene flächige Potenziale (z. B. Freiflächensolarthermie)
- Abstimmung zu erwarteter Entwicklung des Wasserstoffanteils an der Wärmeerzeugung bis 2030 / 2040

Energieträgermix der dezentralen Versorgung

Als Grundlagen für die Festlegung eines dezentralen Energieträgermixes im Zielzustand wurden pro Baublock folgende Kriterien gebildet und berücksichtigt:

- Übernahme bereits heute durch Wärmenetze oder regenerative Quellen wie Holz oder Umweltwärme gedeckter Anteile für das Zielszenario
- Potenzial zur Wärmeerzeugung im Baublock aus Solarenergie (Solarthermie oder Photovoltaik mit Heizstab) außerhalb von Fernwärmeeignungsgebieten
- Potenziale für Wärmepumpen mit effizienteren Quellen als Außenluft (JAZ = 4,0) als stufenförmig erhöhter Anteil an der Deckung des noch verbleibenden Bedarfs im Baublock für folgende gewichtete Quellen (max. jedoch 30 %):
 - Nicht verortete Nutzung von Technologien wie Eisspeicher in Verbindung mit Außenluft, PVT oder andere (z. B. Abluft-Wärmepumpen)
 - Erdwärmesonden: innerhalb von Erdwärme-Potenzialgebieten, lockere Bebauung, wenig Versiegelung / viele Freiflächen
 - Erdwärmekollektoren: Randlage / lockere Bebauung, wenig Versiegelung / viele Freiflächen
 - Abwärme / Abwasser: Liegenschaften mit Abwärmepotenzial im Baublock oder einem geeigneten Abwasserkanal
 - Grundwasserwärme: außerhalb von Wasserschutzgebieten bei vermutetem hohem Grundwasserspiegel
- Zuweisung des verbleibenden Deckungsanteils auf Wärmepumpen mit Außenluft und verringerter Effizienz, d. h. geringerer Jahresarbeitszahl (JAZ = 2,5) und erhöhtem Strombedarf.
- Trotz langfristig zu erwartender politischer Einschränkungen bei der Verwendung von Holz ist kurzfristig jedoch aus Mangel an Alternativen mit einem Anstieg des Holzanteils am dezentralen Energieträgermix zu rechnen. Für das Zielszenario wurde deshalb insgesamt ein geringer Anstieg angesetzt.
- Industrielle Großverbraucher wurden abhängig von der Höhe heutiger Gasverbräuche und der Nutzungsart pauschal auf grüne Gase bzw. Wasserstoff (lokale Verbrauchsschwerpunkte) oder Strom umgestellt.

2.7.6 Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmenutzung

Solarenergie auf Freiflächen

Neben den Ergebnissen des Interessenbekundungsverfahrens der Stadt Ulm zur Flächensuche für Photovoltaik-Freiflächenanlagen wurden die im September 2022 veröffentlichten Planhinweiskarten der Regionalverbände zu PV-Freiflächen herangezogen (siehe Abb. 30; veröffentlicht auf <https://regionen-bw.de/>). Darin finden sich weitergehende Flächenausweisungen im gesamten Stadtgebiet, die noch auf ihre tatsächliche Verfügbarkeit zu prüfen sind.

Solarenergie auf Dachflächen

Für die Potenzialanalyse wurden die Daten der aktuellen Erhebung des LUBW für Potenziale der Solarenergie auf Dachflächen herangezogen [LUBW DF 2022].

Dabei wurden für Ulm nur die Dachflächen berücksichtigt für die gilt:

- Dachfläche nach [LUBW DF 2022] für eine solare Nutzung geeignet
- Gebäude liegt außerhalb von Fernwärmeeignungsgebieten bzw. innerhalb, wenn unter Berücksichtigung der erwartbaren Versorgungsquote auch langfristig nicht über Fernwärme versorgt
- Gebäude steht nicht unter Denkmalschutz und liegt außerhalb von Gebieten mit denkmalpflegerischem Ensembleschutz.

Je nach Nutzungsart, Wärmebedarf und Größe der solar geeigneten Dachfläche wurde ein realisierbares Potenzial an im Gebäude nutzbaren Wärmeerträgen festgelegt. Die relevanten Größen waren dabei u. a. der Trinkwarmwasserverbrauch der Gebäude sowie die aktuell marktüblichen Kenndaten von PV- / bzw. Solarthermie-Anlagen.

Bei Solaranlagen zur Wärmebereitstellung wurde dabei eine Deckung des Trinkwarmwasserbedarfs von 50 % angesetzt.

Bei Solaranlagen zur Stromerzeugung wurde eine Vollbelegung der geeigneten Dachflächen unter Berücksichtigung üblicher Abzüge für z. B. Kamin, Dachfenster, Lüftungsanlagen oder Aufzugsschächte angenommen.

Abwasserwärme

Im Kanal

Die Datengrundlagen wurden von den Entsorgungsbetrieben der Stadt Ulm (EBU) bereitgestellt. Diese umfassten GIS-Daten des Kanalnetzes, gefiltert auf Kanäle mit min. DN 600 und Trockenwetterabfluss von min. 15 l/s.

Folgende Annahmen wurden für die Berechnung der Potenziale getroffen:

- Einsatz der Wärmepumpe nur in der Heizperiode (Vollbenutzungsstunden 1.800)
- Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ): 4
- Abkühlung des Abwassers im Mittel (Delta T): 3 K

Nach Klärwerk

Die Datengrundlage wurde vom Zweckverband Klärwerk Steinhäule zur Verfügung gestellt. Folgende Annahmen wurden für die Berechnung der Potenziale angesetzt:

- ganzjähriger Einsatz der Wärmepumpe als Grundlast (Vollbenutzungsstunden: 6.000 h/a)
- Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ): 4

Flusswasserwärme

Die Potenzialabschätzung bezog sich auf die Donau, Iller und Blau. Die Iller mündet südlich der Weststadt, die Blau wenig später auf der Höhe der Stadtmitte in die Donau. Daraus ergeben sich vier Flussabschnitte, die in ihrer Abflussmenge und Temperatur unterschieden werden müssen:

1. Donau auf Höhe Wiblingen, vor Illermündung in Donau
2. Iller auf Höhe Donau, vor Illermündung in Donau
3. Donau nach Illermündung auf Höhe Adenauerbrücke, vor Blaumündung in Donau
4. Blau vor Blaumündung in die Donau

Der Flussabschnitt nach Mündung aller Flüsse wird nicht berücksichtigt, da der Einfluss der Blau (durch seine geringe Wassermenge) auf das Wärmepotenzial der Donau als vernachlässigbar gering angenommen wurde.

Die Angaben / Messdaten zur Abwassertemperatur sowie Abflussmenge wurden folgenden Quellen entnommen:

- Flussabschnitt 1 & 4: Daten- und Kartendienst der LUBW (<https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/>)
- Flussabschnitt 2 & 3: Bayerisches Landesamt für Umwelt (www.gkd.bayern.de)

Für die Messstelle der Blau lagen keine Wassertemperaturmessungen vor, hier wurde für die Potenzialabschätzung die Annahme getroffen, dass eine ähnliche Abkühlung wie bei den anderen Flussabschnitten möglich ist.

Die Kalkulation erfolgt über die Ermittlung der minimalen Abflussmenge, einer angenommenen technisch machbaren Entnahmemenge und der Abkühlung des Flusswassers. Folgende technische Parameter wurden dabei angesetzt:

- ganzjähriger Einsatz der Wärmepumpe als Grundlast (Vollbenutzungsstunden: 6.000 h/a), mit Ausnahme des Kernwinters mit besonders tiefen Wassertemperaturen
- Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe (JAZ): 4
- Zur Abkühlung entnommene Wassermenge: 5 % der Abflussmenge des jeweiligen Flussabschnittes, die zu 90 % des Jahres nie unterschritten wird

Grundwasser

Die Angaben zur Untergrundbeschaffenheit, grundwasserführenden Schichten und zur Lage von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten wurde dem Informationssystem oberflächennahe Geothermie [ISONG] entnommen.

Geothermie

Grundlage für die Potenzialabschätzung von Erdwärmesonden zur Nutzung von Geothermie bildeten die Daten von [ISONG]. Hierzu wurden die Karten zur geothermischen Effizienz sowie zur Entzugsleistungen bei verschiedenen Bohrtiefen ausgewertet. Vorhandene Wasser- und Heilquellenschutzgebiete bildeten Ausschlusskriterien für die Geothermie-Eignungsgebiete.

Pro Baublock wurde die Verfügbarkeit von Geothermiepotenzialen sowie die technische Machbarkeit der Hebung dieser Potenziale anhand der ISONG-Daten, der Topografie, der Gebäudegröße und der Bebauungsdichte qualitativ eingeschätzt.

Abwärme

Für die potenzielle Nutzung von Abwärme aus industriellen Prozessen wurden für Feuerstellen die Verbrauchsdaten und Leistungsangaben aus den Kkehrbüchern ausgewertet. Dadurch konnten geeignete Liegenschaften / Akteuren herauskristallisiert werden. In Zusammenarbeit mit der Abteilung SUB II wurde über Fragebögen Kontakt aufgenommen, um die Verfügbarkeit und ein anzunehmendes Potenzial einschätzen zu können. Insgesamt 39 Fragebögen wurden beantwortet.

3 Bestandsanalyse

3.1 Gemeindestruktur

Insgesamt wurden in den ALKIS-Daten 25.013 Gebäude als beheizt identifiziert. Davon werden 21.510 hauptsächlich als Wohngebäude und 4.326 hauptsächlich als Nichtwohngebäude genutzt. Die insgesamt beheizte Fläche beläuft sich auf rund 11,7 Mio. m² (Energiebezugsfläche EBF).

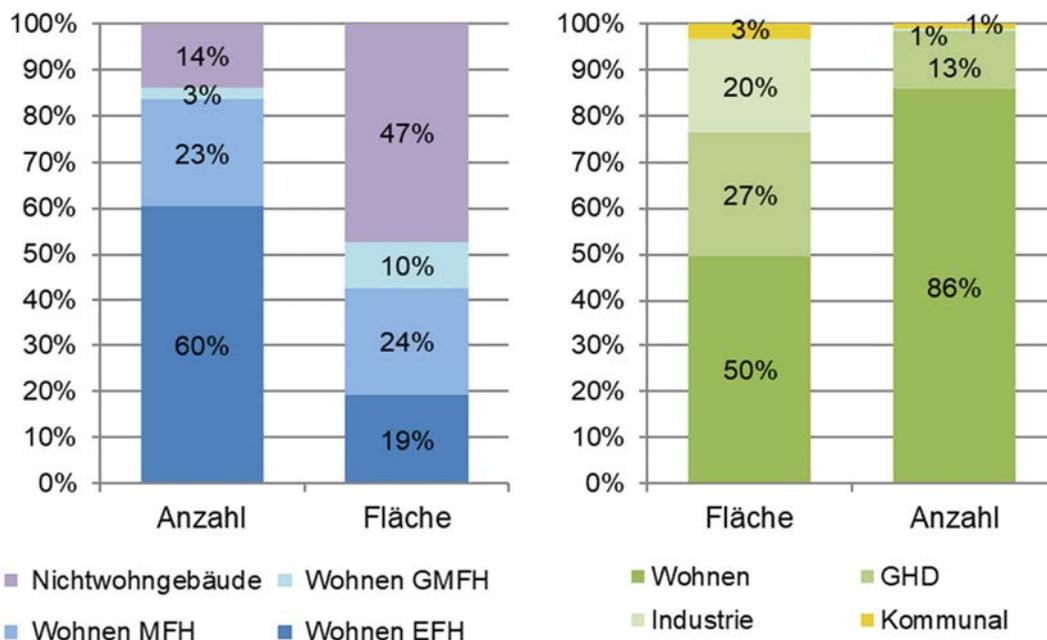


Abb. 10: Beheizte Gebäude nach Anzahl, Fläche, Sektor und Nutzungsart

Nachfolgend in Abb. 11 sind die Baublöcke dargestellt, die für die Aggregation der Daten (aus Datenschutzgründen; siehe 2.1) verwendet wurden. Diese sind farblich ihren jeweiligen Stadtteilen zugeordnet, die die Grundlage für die Steckbriefe des Maßnahmenplans bilden.

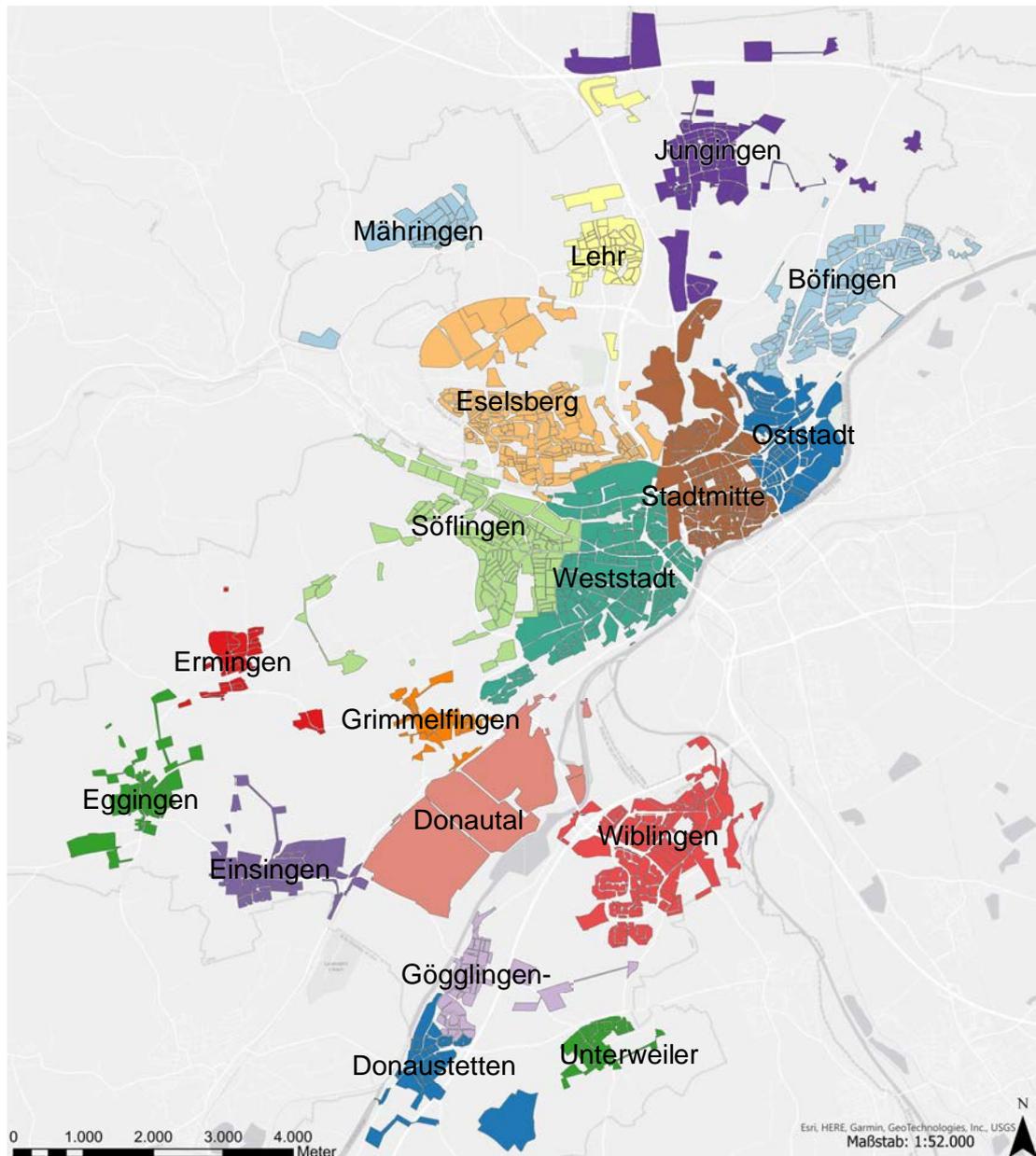


Abb. 11: Baublöcke nach Stadtteilen in Ulm, ALKIS-Daten-Stand 2019

3.2 Wärmeversorgungsstruktur

Im Rahmen des KWP wurden umfangreiche Daten zu Energieträgern und der Art der Wärmeversorgung gesammelt, aufbereitet und ausgewertet. Karten mit Verteilungen von Energieträgern, bestehenden Wärmenetzen oder dem Baualter von Feuerstätten befinden sich im Anhang.

3.2.1 Wärmeerzeugerstruktur

Energieträgerverteilung

Derzeit werden im Stadtgebiet bereits 39 % des Gesamtwärmebedarfs (Heizwärme HW + Trinkwarmwasserwärme TWW + Prozessenergie und Sonstige) aus Fernwärmenetzen oder erneuerbaren Energieträgern gedeckt. Der Anteil der heute noch dezentral und fossil betriebenen Wärmeerzeuger (61 %) stellt für die Erreichung der Klimaneutralität das entscheidende Handlungsfeld dar. In den Steckbriefen pro Stadtteil (Kap.9.1) sind diese Anteile pro Stadtteil aufgeführt. Zudem findet sich im Anhang eine Karte mit der Energieträgerverteilung pro Baublock.

Energieträgerverteilung Ist-Zustand

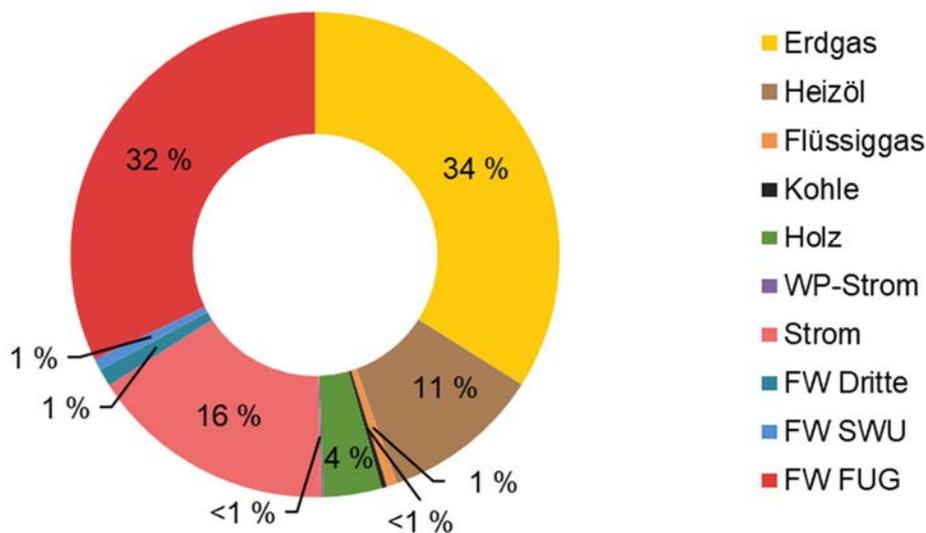


Abb. 12: Energieträgerverteilung im Ist-Zustand bezogen auf den Endenergiebedarf der Gebäude

Den größten Deckungsanteil am Endenergiebedarf der Gebäude haben Wärmenetze (Summe aller Betreiber) gemeinsam mit Erdgas.

Aus den **bestehenden Wärmenetzen** aller Betreiber werden derzeit etwa 717 GWh/a Wärme an die Gebäude geliefert. Inklusive geschätzter Leitungs- und Erzeugungsverluste werden dafür rund 861 GWh/a Endenergie benötigt. Davon stammen bereits heute etwa 62,7 % aus regenerativen Quellen. Die Fernwärme der FUG hat mit rund 94,3 % mit Abstand den größten Anteil an der Wärmeversorgung durch Wärmenetze. Die SWU folgen mit 2,2 %. Weitere kleinere Netze verschiedener Betreiber, teils im Contracting betrieben, haben einen Anteil von 3,5 %. Rund 90,8 % der Wärme in den Wärmenetzen wird hocheffizient mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erzeugt. Dabei wird sowohl Wärme als auch Strom erzeugt.

Der endenergiebezogene **Deckungsanteil von Strom (+ WP-Strom)** ist mit etwa 16,5 % als recht hoch einzustufen. Hierbei soll angemerkt werden, dass die Zuweisung dieses Energieträgers mit der größten Unsicherheit behaftet ist (siehe auch Kap. 2.5 und Kap. 2.6.4). Die Aufteilung des benötigten Stroms auf die dafür verwendeten Technologien ist nur teilweise möglich. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Anteil von Wärmepumpen im Ist-Zustand eine eher untergeordnete Rolle spielt und der größte Teil des verwendeten Stroms in Nachtspeicheröfen oder Direktheizungen eingesetzt wird. Insgesamt sind rund 500 Gebäude bekannt, die mit Wärmepumpen beheizt werden. Davon verwenden rund die Hälfte als Wärmequellen entweder Erdwärmesonden oder Grundwasser. Der Rest setzt Luft-Wasser-Wärmepumpen ein. Es ist davon auszugehen, dass weitere Luft-Wasser-Wärmepumpen in Ulm eingesetzt werden, die jedoch über den Haushaltsstrom laufen, anstatt über einen Wärmepumpenstromtarif und daher nicht erkannt werden konnten.

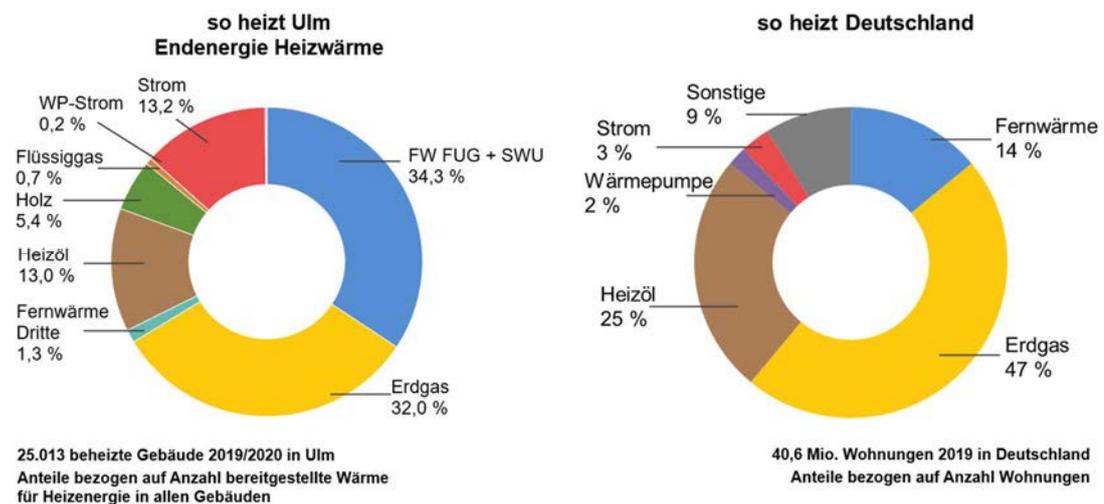


Abb. 13: Vergleich: Heizwärmebedarf Ulm und Deutschland¹ bezogen auf Endenergie

Wird beim Energieverbrauch nur der Endenergiebedarf zur Deckung der Heizwärme (Raumwärme) betrachtet, so wird der größte Teil bereits heute durch Fernwärmenetze (hier die Wärmenetze der FUG und der SWU zusammengefasst) gedeckt, dicht gefolgt von Erdgas. Im Vergleich zum deutschen Durchschnitt ist der Fernwärmeanteil des Heizenergiebedarfes in Ulm überproportional hoch, der Heizöl-Anteil im Verhältnis um einiges geringer. Jedoch muss beachtet werden, dass bei der Gegenüberstellung nicht die gleiche Datenbasis verglichen werden konnte. Während bei den Daten Deutschlands nur die Energieträger zur Beheizung der Wohnungen betrachtet werden, sind bei den Daten Ulms die Energieträger zur Beheizung aller Gebäude enthalten.

¹ Quelle für Deutschland: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 02/2023

Die Abb. 14 zeigt als Kartenausschnitt (Gesamtkarte im Anhang) den vorherrschenden Energieträger pro Baublock / den Energieträger mit dem größten Deckungsanteil im Ist-Zustand im jeweiligen Baublock. Hauptsächlich durch fossile Energieträger oder Strom versorgte Baublöcke zeigen Handlungsschwerpunkte auf.

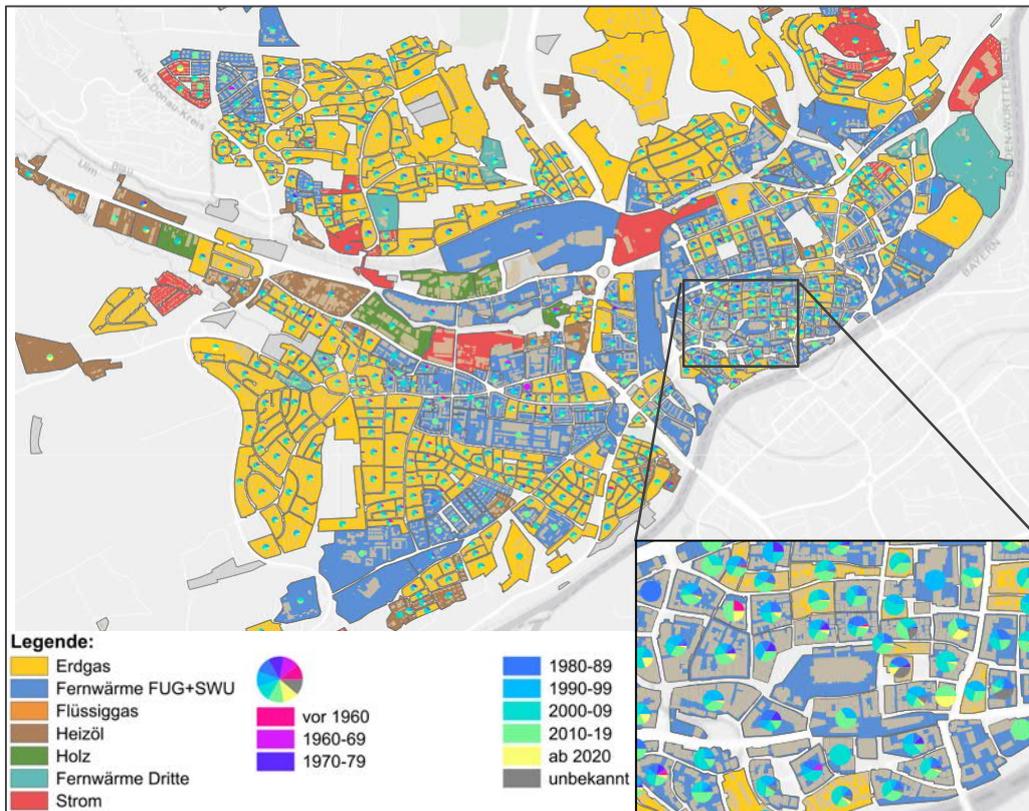


Abb. 14: Kartenausschnitt: vorherrschender Energieträger und Alter der Feuerstätten pro Baublock

Feuerstätten – Auswertung der Kkehrbücher

Nach Auswertung der Schornsteinfegerdaten und der darin enthaltenen Bualter der Feuerstätten im Stadtgebiet ist anzunehmen, dass bis 2030 etwa Zweidrittel der Feuerstätten erneuert werden müssen (Bualter vor 2010).

Abb. 15 zeigt die Verteilung der Bualter der Feuerstätten in Ulm. Im Kartenausschnitt Abb. 14 ist die räumliche Verteilung der Bualter der Feuerstätten zu sehen. Die Gesamtkarte befindet sich im Anhang.

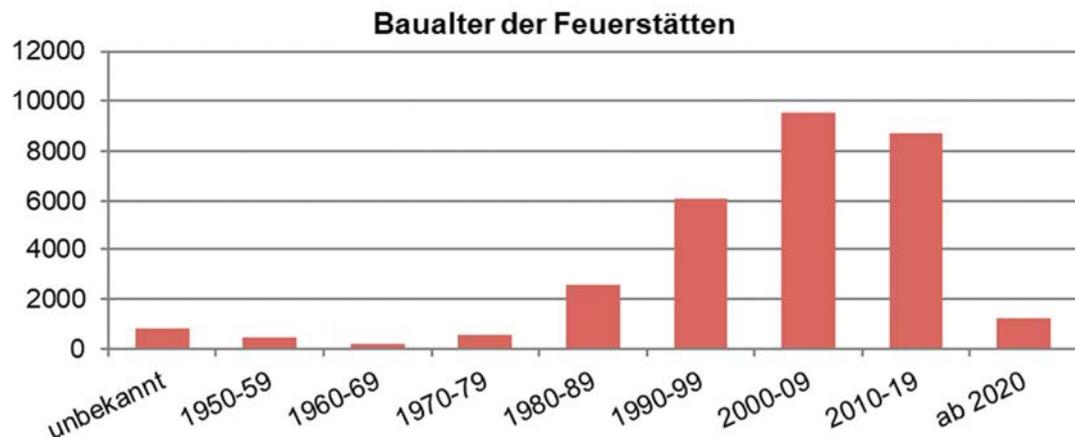


Abb. 15: Verteilung der Feuerstätten nach ihrem Bualter

Die Wärmeerzeuger in Ulm sind sowohl nach installierter Leistung als auch nach der Anzahl hauptsächlich Heizkessel. Erwartungsgemäß stellen sie im Verhältnis zur Anzahl einen größeren Anteil an der insgesamt installierten Leistung – insgesamt über 50 % der gesamten installierten Heizleistung.

Drei Gruppen dominieren (Raum-, Kombiwasser- und Umlaufwasserheizer), deren Anteil nach Anzahl nahezu identisch groß ist, die jedoch bei der Leistung knapp von den Umlaufwasserheizern angeführt werden.

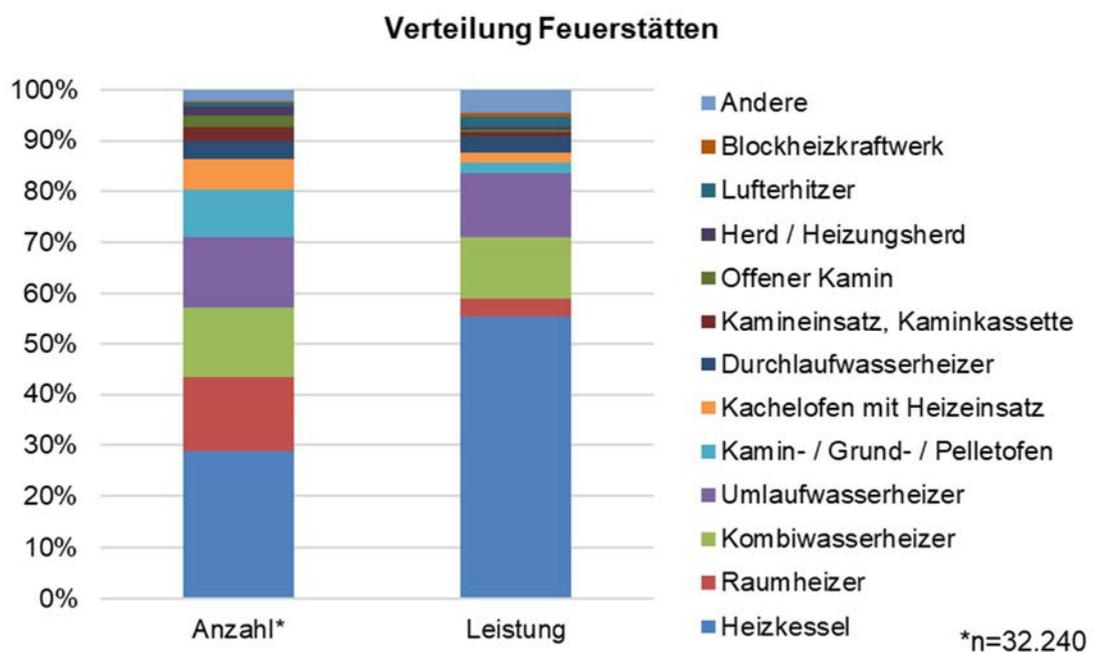


Abb. 16: Verteilung der Feuerstätten nach ihrer Anzahl und Leistung

Nicht verortete Energieträger

Die bestehenden **Solaranlagen (Solarthermie & PV)** konnten im Rahmen des KWP nicht gebäudescharf erhoben werden. Auch liegen keine Verbrauchsdaten / Erzeugungsdaten der installierten Anlagen vor. Die einzigen Datenquellen, die Aussagen über die installierten Anlagen treffen, sind nur pro Postleitzahl vorhanden.

Im Stadtgebiet Ulm sind nach Angaben von Solaratlas.de derzeit auf 1.500 Gebäuden Solarthermieanlagen mit einer Kollektorfläche von 13.760 m² installiert.

Nach Angaben des Marktstammdatenregisters sind derzeit auf rund 2.700 Gebäuden PV-Anlagen mit insgesamt rund 246.600 Modulen und einer Leistung von 64.000 kW_p installiert. Die Website Wattbewerb.de gibt zudem für Ulm eine installierte Leistung von 581 W_p pro Einwohner:in an.

3.2.2 Gas- und Wärmenetzinfrastruktur

Die Versorgungsinfrastruktur in Ulm ist gut ausgebaut. Dies trifft vor allem auf die zentrumsnahen Stadtteile zu, in denen die Gebäude neben dem Gasnetz auch Zugriff auf das Wärmenetz der FUG haben. Außerdem baut die SWU zunehmend eigene Nahwärmenetze aus. Zum Datenstand des KWPs (2019/2020) sind in Ulm 5.699 Gebäude über die Fernwärmenetze aller Versorger und 12.570 Gebäude über Gas versorgt. Hierbei sind über benachbarte Gebäude mitversorgte Gebäude mitinbegriffen.

Die FUG hat den größten Anteil an den fernwärmeversorgten Gebäuden und versorgt insgesamt 4.682 Gebäude mit Wärme (davon 79 % Wohngebäude und 21 % Nichtwohngebäude). Das entspricht laut Angaben der Stadt rund 63.000 Wohneinheiten. Weitere 910 Gebäude werden über das Wärmenetz der SWU versorgt (davon 99 % Wohngebäude und 1 % Nichtwohngebäude). Zudem werden weitere 113 Gebäude über eigene kleinere Wärmenetze oder im Contracting versorgt (davon 55 % Wohngebäude und 45 % Nichtwohngebäude).

Vor allem bei den Netzen der FUG und der SWU ist in letzter Zeit – auch während der KWP-Erstellung – die Zahl der angeschlossenen Gebäude stets angewachsen. Die dazugekommenen Anschlüsse werden im Rahmen des KWP im ersten Zwischenschritt (im Zeitraum bis 2030) berücksichtigt.

3.3 Wärmebedarf und Wärmedichte

Im Ist-Zustand mit Basisjahr 2019/2020 wird im Stadtgebiet Ulm 1.991 GWh/a an Wärme (Erzeugernutzwärmeabgabe) benötigt. Der überwiegende Teil davon geht mit

69 % auf die Beheizung der Gebäude zurück. Der Trinkwarmwasserbedarf hat einen Anteil von 12 % und der Wärmebedarf für Prozesswärme und Sonstiges in der Industrie und dem Gewerbe-Handel-Dienstleistungs-Sektor (GHD) hat einen Anteil von 19 %.

In Abb. 17 ist der Wärmebedarf pro Baublock dargestellt. Dadurch können Verbrauchsschwerpunkte in der Stadt erkannt werden. Diese bilden eine Grundlage für die Identifizierung von möglichen Ankernutzern für beispielsweise Fernwärmenetze. Wenige Ankernutzer innerhalb eines Wärmenetzes, die große Mengen an Wärme abnehmen, erhöhen i. d. R. die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes. Die Gesamtkarte des absoluten Wärmebedarfs pro Baublock befindet sich im Anhang.

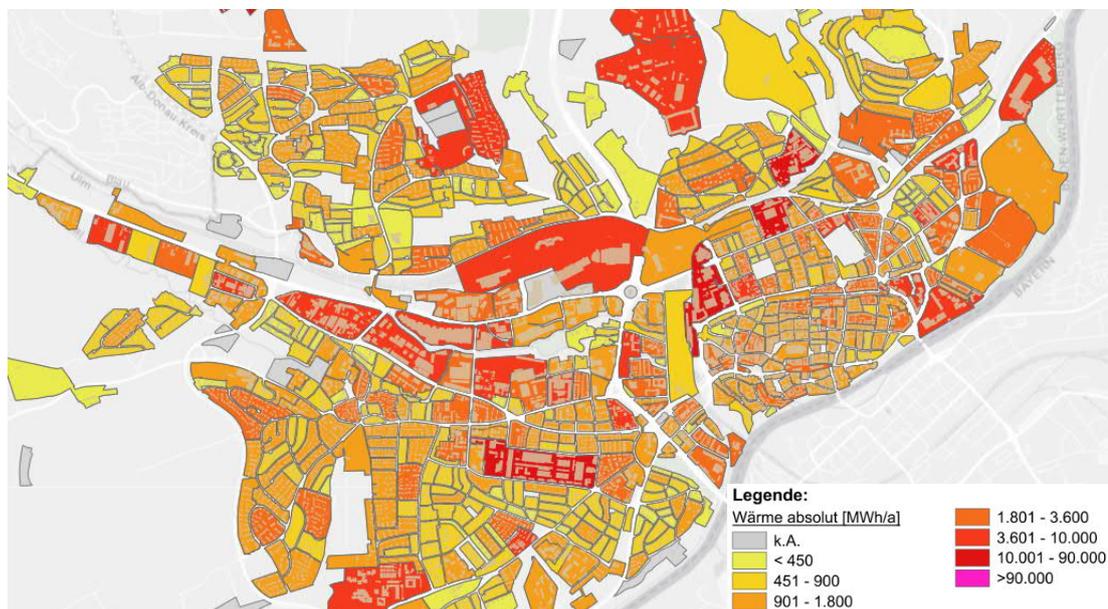


Abb. 17: Kartenausschnitt: Absoluter Wärmebedarf (Erzeugernutzwärmeabgabe) nach Baublock

Der stadtweite Mittelwert beim flächenspezifischen Gesamtwärmeverbrauch beträgt 170,5 kWh/(m²a). Hier liegt der Wert für die Nichtwohngebäude mit 205 kWh/(m²a) deutlich höher als der der Wohngebäude mit 139,4 kWh/(m²a). Die Differenz kommt vor allem durch die Prozesswärme zustande. Aufgeteilt auf die Anwendungsbereiche stellt sich der spezifische Wärmebedarf wie folgt dar:

Tab. 3: spezifischer Wärmebedarf (Erzeugernutzwärmeabgabe)

	Heizwärme [kWh/m ² a]	Trinkwarm- wasser [kWh/m ² a]	Prozesse [kWh/m ² a]	Gesamt [kWh/m ² a]
Wohngebäude	114,6	24,7	0	139,4
Nichtwohngebäude	121,0	17,2	66,8	205,0
Gesamt	117,6	21,2	31,7	170,5

Betrachtet man die Verteilung der spezifischen Wärmebedarfe im Stadtgebiet auf Blockebene (siehe Abb. 18), so können Aussagen zum energetischen Zustand der Gebäude getroffen werden. Je höher der blockweise spezifische Wärmebedarf, umso geringer ist im Mittel die energetische Qualität der dort vorhandenen Gebäude und desto höher ist i. d. R. der Sanierungsbedarf. Die Gesamtkarte des spezifischen Wärmebedarfs pro Baublock befindet sich im Anhang.

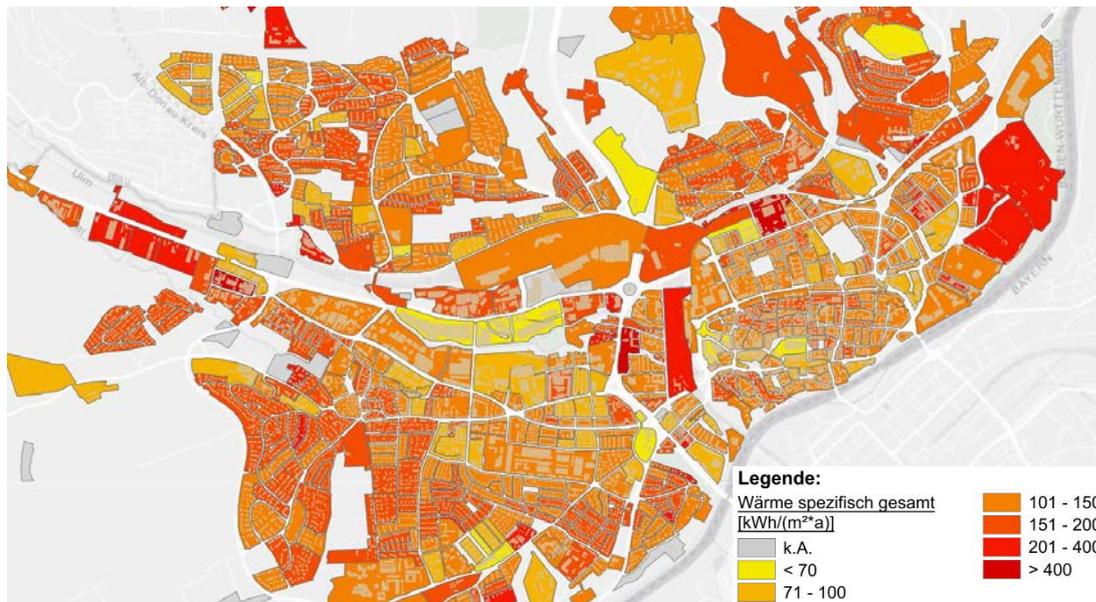


Abb. 18: Kartenausschnitt: Spezifischer Wärmebedarf (Erzeugernutzwärmeabgabe) nach Baublock

Die Abb. 19 stellt die Wärmebedarfsdichte pro Hektar Baublockfläche dar. Diese bildet eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen und damit für die Ermittlung von Eignungsgebieten für Wärmenetze.

Je mehr Energie auf kleiner Fläche und damit i. d. R. über kurze Fernwärmeleitungslängen geliefert werden kann, umso geringer sind die netzbezogenen Wärmeverluste und die Investitionskosten für die Leitungserschließung eines Gebietes pro gelieferte Wärmemenge. Diese Betrachtung dient als Erstbeurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Netzes und muss in jedem Fall durch weitere Betrachtungen ergänzt werden. Dazu gehören beispielsweise die Oberflächenbeschaffenheit und damit verbundene Kosten der Wiederherstellung der Oberfläche nach Leitungsverlegung, der zur Verfügung stehende Platz im Untergrund zur Leitungsverlegung oder der Aufwand für notwendige Querungen von Straßen, Brücken oder Schienen

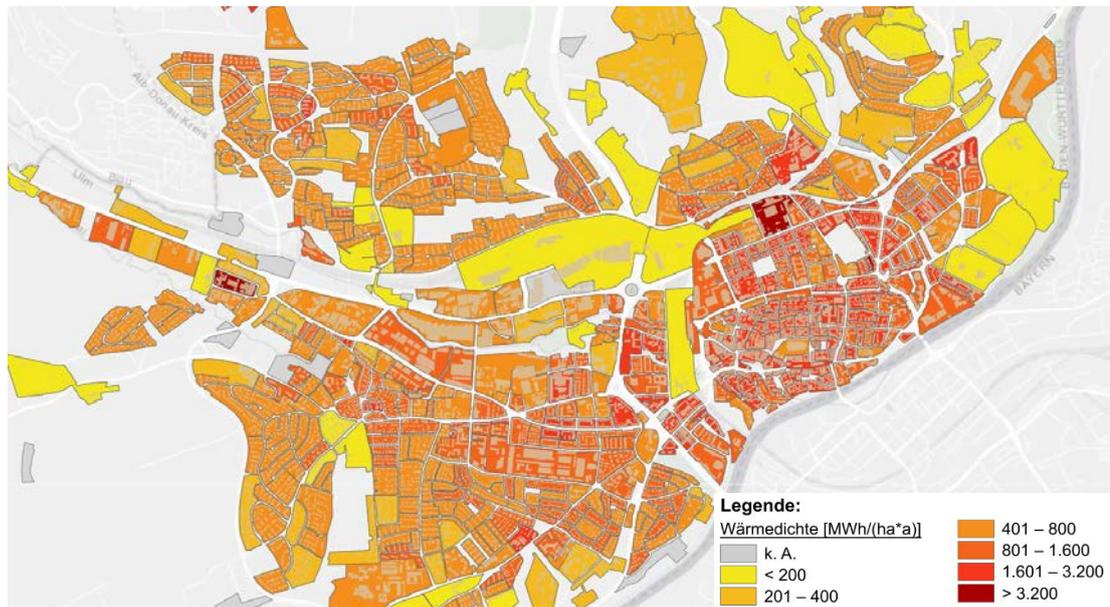


Abb. 19: Kartenausschnitt: Blockweise Wärmedichte (Erzeugernutzwärmeabgabe)

3.4 Energiebilanz

Endenergie und Erzeugernutzwärmeabgabe

Während bei dem gebäudebezogenen Wärmebedarf die Erzeugernutzwärme – also die für Wärmenutzungen im Gebäude benötigte Wärme – relevant ist, ist für die Energie und THG-Bilanz die Endenergie die relevante Größe. Diese berücksichtigt neben dem Energiebedarf auch die Technologie, die die Wärme erzeugt / übergibt und die damit verbundenen Erzeuger- oder Übergabeverluste. Für eine nähere Definition siehe Kap. 2.6.3. Dadurch unterscheidet sich der gebäudebezogene Erzeugernutzwärmebedarf der Stadt Ulm mit 1.991 GWh/a vom Endenergiebedarf mit 2.106 GWh/a.

Die im Ist-Zustand ermittelte Endenergiebilanz mit Aufteilung des Endenergiebedarfs auf die Gebäudetypen, Energieträger, Anwendungsbereiche und Nutzungssektoren stellt sich wie folgt dar:

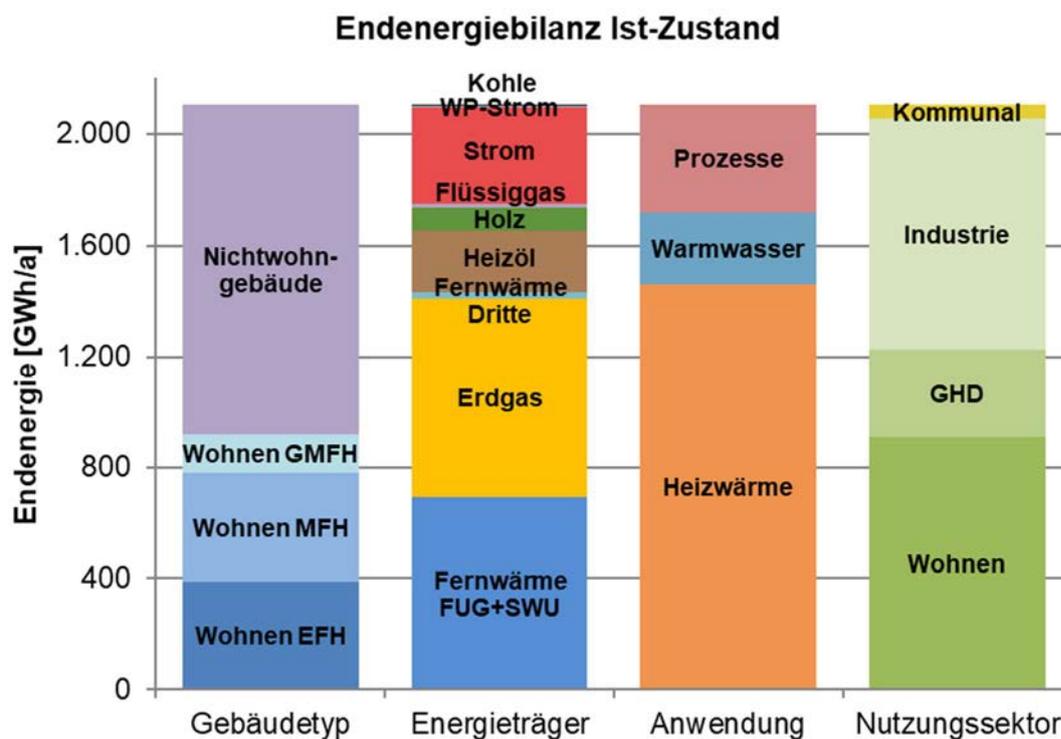


Abb. 20: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand

Die Nichtwohngebäude haben mit 56 % den größten Anteil am Endenergiebedarf. Der Bedarf für Wohngebäude unterteilt sich in 19 % für Mehrfamilienhäuser (MFH), 18 % für Einfamilienhäuser (EFH) und 7 % für große Mehrfamilienhäuser (GMFH), was in etwa auch dem Verhältnis des Flächenanteils am Gebäudebestand entspricht (siehe Kap. 3.1, Abb. 10).

Die Wärme wird mit 69 % überwiegend für die Raumwärme benötigt. Auf die Wärme zur Trinkwarmwasserbereitung entfallen 12 % und auf Prozesswärme 19 % des Bedarfs. Bei den Energieträgern hat die Fernwärme aller Betreiber (FUG + SWU+ Dritte) sehr knapp vor Erdgas den größten Anteil am gebäudebezogenen Endenergiebedarf (34,1 % zu 34,0 %).

Bezogen auf die Nutzungssektoren hat der Wohnsektor mit 43 % den größten Anteil. Der Rest unterteilt sich in die Sektoren Industrie und Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) sowie Kommunal, in dem alle Gebäude unabhängig von Ihrer Nutzung zusammengefasst sind, die in kommunaler Hand sind.

Vergleicht man den Endenergiebedarf nach Sektoren in Ulm mit dem deutschen Durchschnitt (Quelle: Zahlen für Deutschland: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen 02/2023), erkennt man eine sehr starke Ähnlichkeit. Im bundesdeutschen Wert sind die kommunalen Gebäude jedoch in den anderen Sektoren integriert, während sie beim KWP Ulm getrennt erfasst wurden. Ihr Anteil beträgt in Ulm 3 %.

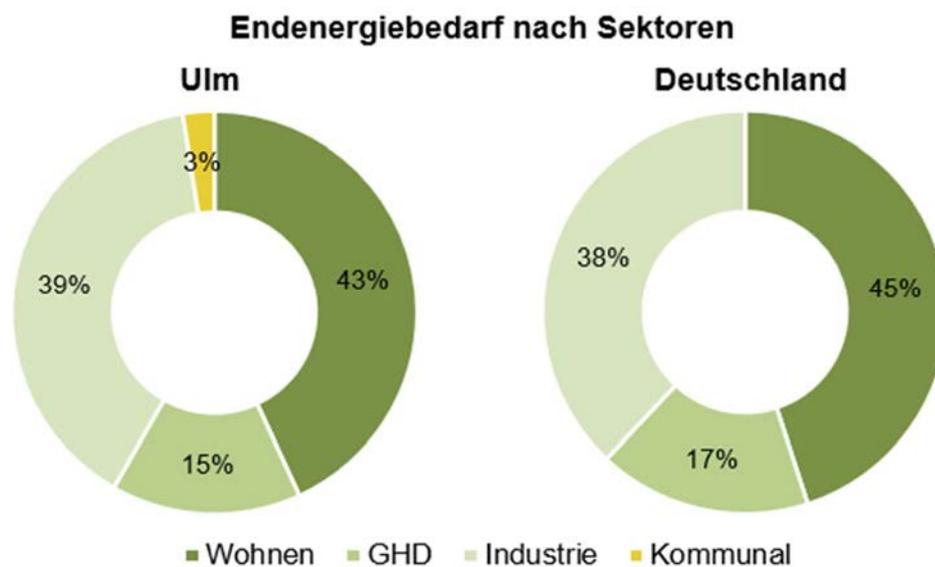


Abb. 21: Vergleich: Endenergiebedarf nach Sektoren in Ulm und Deutschland

Für den Ist-Zustand wurden die Endenergiebedarfe nach Anwendung und Energieträger wie folgt ermittelt:

Tab. 4: Endenergieeinsatz für Wärmeversorgung der Gebäude nach Anwendung und Energieträgern

Energieträger	Heizwärme MWh/a	Warmwasser MWh/a	Prozesse MWh/a	Summe MWh/a	Anteil
Fernwärme FUG+SWU	501.121	111.814	79.410	692.344	33 %
Erdgas	466.981	79.129	169.918	716.028	34 %
Fernwärme Dritte	19.647	4.081	1.220	24.949	1 %
Heizöl	189.154	25.479	8.114	222.746	11 %
Holz	78.352	2.827	0	81.179	4 %
Flüssiggas	9.991	3.415	1.041	14.446	1 %
Abwärme	0	0	0	0	0 %
Strom	192.267	30.983	120.935	344.185	16 %
WP-Strom	2.330	734	0	3.064	0 %
Kohle	136	13	7.086	7.236	0 %
Summe	1.459.978	258.476	387.724	2.106.178	100 %

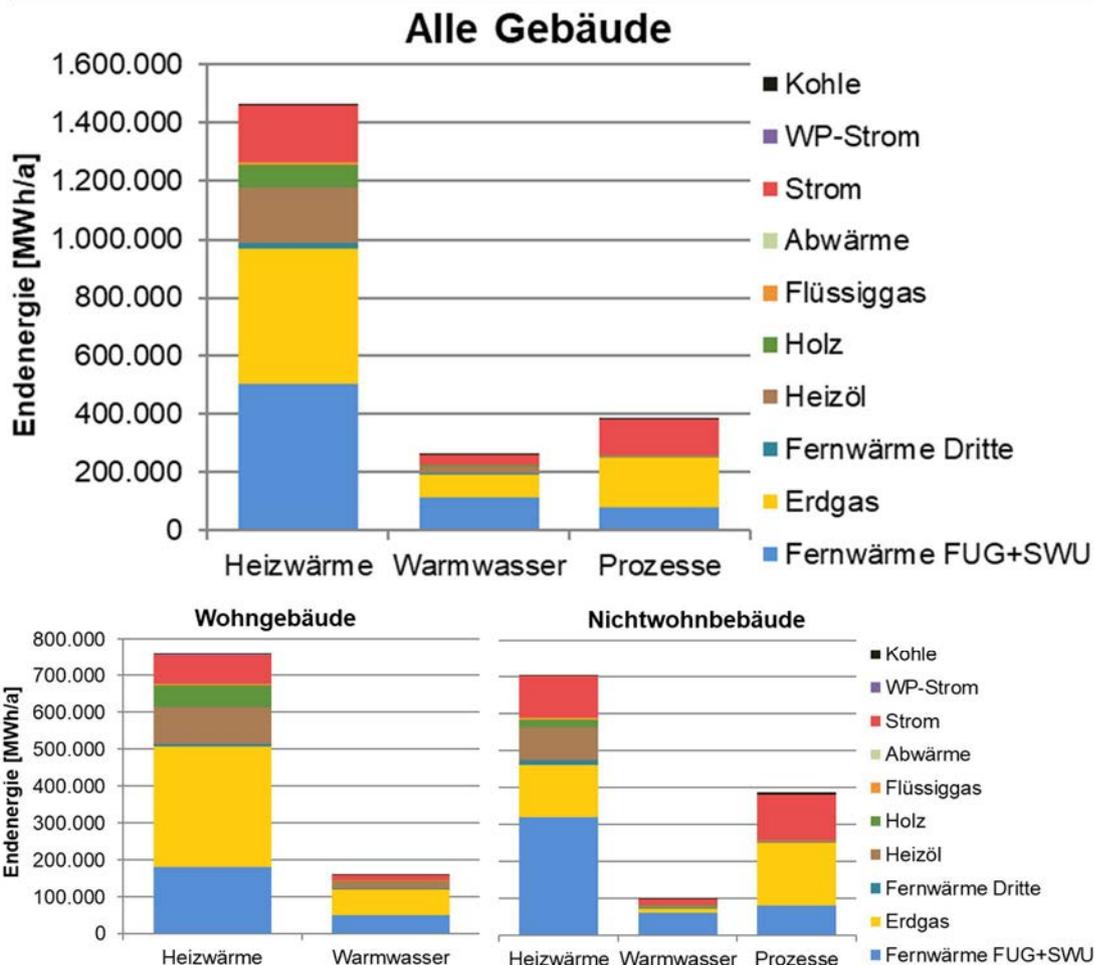


Abb. 22: Endenergiebedarf nach Nutzung, Energieträger und Anwendung im Ist-Zustand

3.5 Treibhausgasbilanz

Die für die einzelnen Anwendungsbereiche und Energieträger anzusetzende Endenergie bildet die Basis für die Bilanzierung der Treibhausgasemissionen (THG). Durch die Wärmenutzung in Ulm werden derzeit 453 Tsd. t/a an Treibhausgasen (CO₂-Äquivalenten, inkl. Vorketten und Netzverlusten der Wärmenetze) verursacht. Dabei verschieben sich die Anteile hin zu den ökologisch schlechter bewerteten Energieträgern.

Die größten Anteile an den THG-Emissionen haben Erdgas und Strom, dessen Anteil gegenüber seinem endenergiebezogenen Anteil stark gestiegen ist. Die erneuerbaren Energien und die Fernwärme, die bereits heute einen hohen Anteil erneuerbarer Energien enthält, werden ökologisch besser bewertet, sodass ihr Anteil an den gesamten Emissionen abnimmt. Speziell der hohe erneuerbare Anteil der FUG-Fernwärmeerzeugung (Alt-Holz, Müllverbrennung und Biogas) ist hier von großer Bedeutung.

Pro Kopf ergeben sich in Ulm THG-Emissionen von 3,57 tCO_{2-äqu.}/a für die endenergiebezogene Wärmeversorgung.

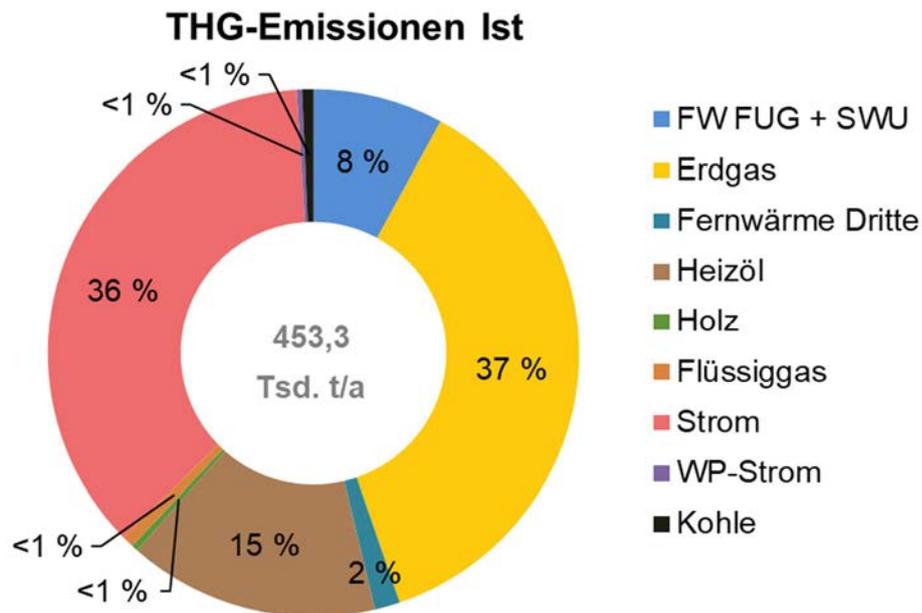


Abb. 23: THG-Bilanz im Ist-Zustand

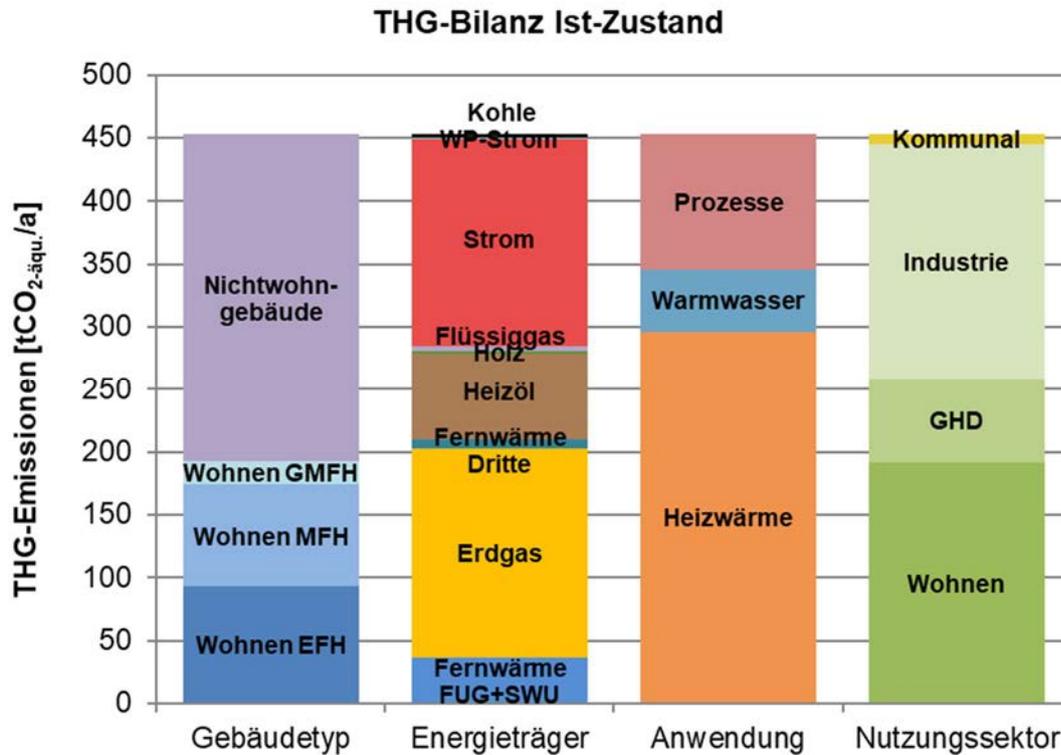


Abb. 24: Bilanzierung des Endenergiebedarfs für Wärmeerzeugung im Ist-Zustand

Bei der Bilanzierung der THG-Emissionen ergeben sich gegenüber der Bilanzierung des Energiebedarfs bei der Betrachtung des Gebäudetyps, der Anwendung sowie des Nutzungssektors nur kleine Änderungen. Vor allem der Anteil der Prozesswärme steigt leicht an, was an den dort in Bezug auf ihre klimaschädliche Wirkung schlechter bewerteten Energieträgern liegt (vor allem an dem höheren Stromanteil). Wesentliche Änderungen ergeben sich hingegen bei der Bilanzierung nach Energieträger. Der Anteil der Fernwärme nimmt aufgrund ihres bereits hohen erneuerbaren Anteils stark ab, dafür steigen die Anteile der fossilen Energien, vor allem von Strom an. Letztlich hat Strom gemeinsam mit Erdgas den größten Anteil an den Treibhausgasemissionen im Stadtgebiet. Dadurch ist der Einfluss des bundesdeutschen Strommixes auf die THG-Emissionen Ulms eine äußerst bedeutende Größe, auf die die Stadt so gut wie keinen Einfluss hat.

Auch wird durch die THG-Bilanz die spezielle Rolle der Fernwärme in der Stadt Ulm verdeutlicht. Der bereits heute große Deckungsanteil von 34 % am Endenergiebedarf und die hohe Energieeffizienz sowie der hohe erneuerbare Anteil an der Wärmeerzeugung (speziell beim Fernwärmenetz der FUG) sorgen für eine starke Reduktion der THG-Emissionen gegenüber einer Wärmeversorgung durch fossile Energien. An das bereits Geleistete soll deshalb im Rahmen des Zielszenarios angeknüpft und die Versorgungsquote der Fernwärme erhöht werden.

4 Potenziale

4.1 Entwicklung des Wärmebedarfs

Einsparung durch Sanierung

Die Steigerung der Effizienz in der Wärmenutzung durch energetische Sanierung stellt ein bedeutendes Potenzial dar, das für Ulm jedoch nur über einen langen Zeitraum vollständig auszuschöpfen ist (siehe Abb. 25). Insgesamt wurde ein langfristiges Einsparpotenzial von 40,4 % ermittelt. Um die Einsparungen bis 2030 / 2040 zu ermitteln, muss die bis dahin anzunehmende Sanierungsrate berücksichtigt werden.

Im Rahmen der Akteursbeteiligung wurden sowohl für den Wohnsektor als auch für die Nichtwohngebäude erhöhte Sanierungsrate von 1,5 % abgestimmt. Die im bundesweiten Durchschnitt derzeit erreichte Sanierungsrate im Bestand liegt bei ca. 1 %. Für Ulm liegen keine eigenen Daten vor, die eine eigene Bestimmung ermöglichen würden. Für die Definition der „Sanierungsrate“ siehe Kap. 2.7.1)

Unter Berücksichtigung der Sanierungsrate von 1,5 %/a, ergibt sich ein Einsparpotenzial durch Effizienzmaßnahmen bis 2030 von 127 GWh/a (7,9 %) und bis 2040 von 243 GWh/a (15 %).

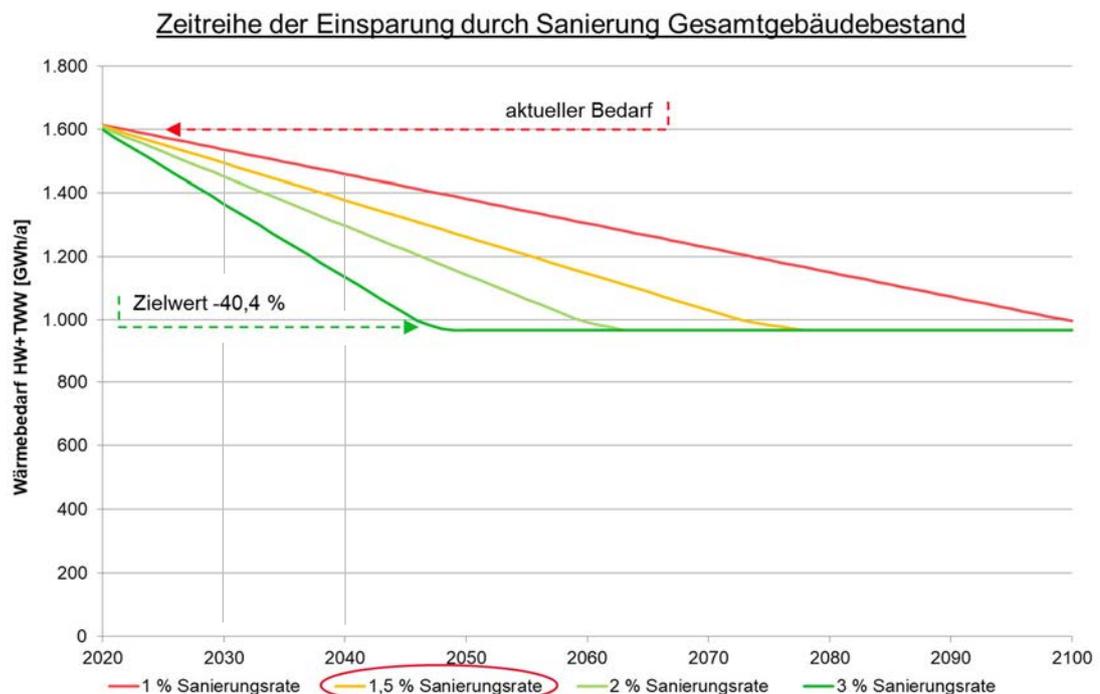


Abb. 25: Entwicklung des Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs (ENW) je nach Sanierungsrate

Mehrbedarf durch Neubauten

Für die bereits geplanten oder als Potenzial ausgewiesenen Neubaugebiete der Stadt Ulm wurden auf Basis vorliegender grober Angaben zu Nutzungen und Flächen sowie des Förderstandards „Effizienzhaus 55“ der KfW die für das Zielszenario anzunehmenden Wärmebedarfe geschätzt. Insgesamt würde sich der Wärmebedarf durch Neubauten um etwa 41 GWh/a bis 2030 und 78 GWh/a bis 2040 erhöhen.

Die Stadt Ulm wird allerdings alle künftigen Neubaugebiete nur noch über eine treibhausgas-effiziente und nachhaltige Energieversorgung realisieren. Dies soll über eigens erstellten Energiekonzepte sichergestellt werden. Siehe Ulmer Gemeinderat [GD 227/22] vom 29.06.2022.

Veränderung des Wärmebedarfs

Letztlich ergibt sich ausgehend vom Ist-Zustand durch Sanierungsbemühungen trotz der Neubautätigkeiten in Ulm eine Reduzierung des Heizwärme- und Trinkwarmwasserbedarfs (bezogen auf Erzeugernutzwärmeabgabe) von 5,4 % bis 2030 und 10,2 % bis 2040.

Insgesamt ergeben sich dadurch folgende Wärmebedarfe:

Tab. 5: Entwicklung des Wärmebedarfs (Erzeugernutzwärmeabgabe) bis 2030 / 2040

Wärmebedarf	Ist-Zustand	2030	2040
Gesamt	1.991 GWh/a	1.905 GWh/a	1.826 GWh/a
Heizwärme + TWW	1.622 GWh/a	1.535 GWh/a	1.456 GWh/a
Prozesse / Sonstiges	370 GWh/a	370 GWh/a	370 GWh/a

Um diese Werte zu erreichen, ist eine Erhöhung der jährlichen Sanierungsrate notwendig. Der Einfluss der Neubauten auf den Gesamtenergiebedarf sollte durch ehrgeizige Energiestandards möglichst geringgehalten werden.

4.2 Eignungs- und Fokusgebiete Fernwärme

Die in mehreren Workshops gemeinsam mit den Hauptakteuren festgelegten Eignungs- und Fokusgebiete für Fernwärme sind in Abb. 26 anhand eines Kartenausschnitts beispielhaft dargestellt. Die Gesamtkarte befindet sich im Anhang.

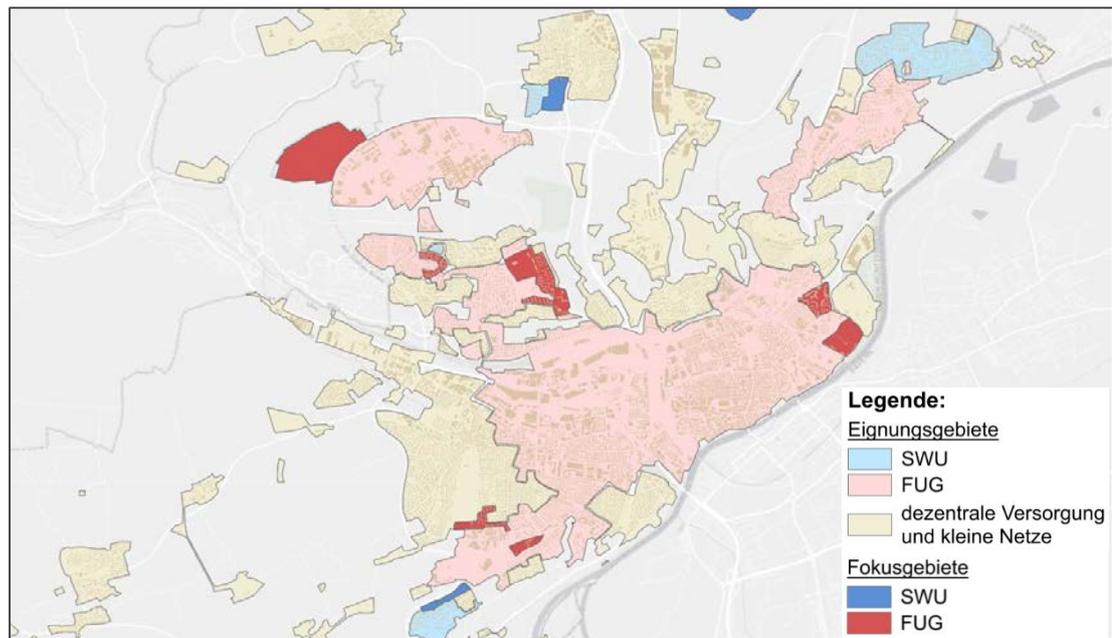


Abb. 26: Kartenausschnitt: Eignungs- und Fokusgebiete 2030

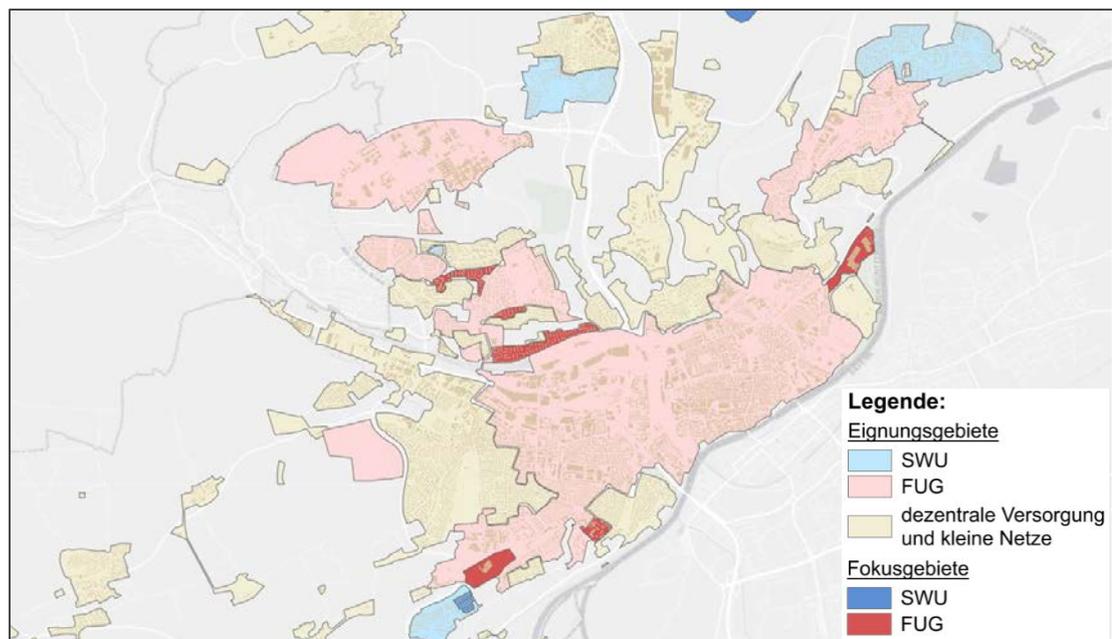


Abb. 27: Kartenausschnitt: Eignungs- und Fokusgebiete 2040

Unter Berücksichtigung der im Abstimmungsprozess festgelegten Versorgungsquoten pro Fernwärme-Eignungsgebiet und der zu erwartenden Entwicklung des Wärmebedarfs (siehe Kap. 4.1) ergeben sich die nachfolgend dargestellten Änderungen des Wärmebedarfs in den Eignungsgebieten bis 2040 (Endenergiebezug der Gebäude) aufgeteilt nach den Fernwärmelieferanten FUG und SWU. In einigen Gebieten verringert sich der Fernwärmebedarf voraussichtlich durch Sanierung stärker als er durch Zubau ansteigt.

Entwicklung Fernwärmebedarf nach Eignungsgebieten FUG

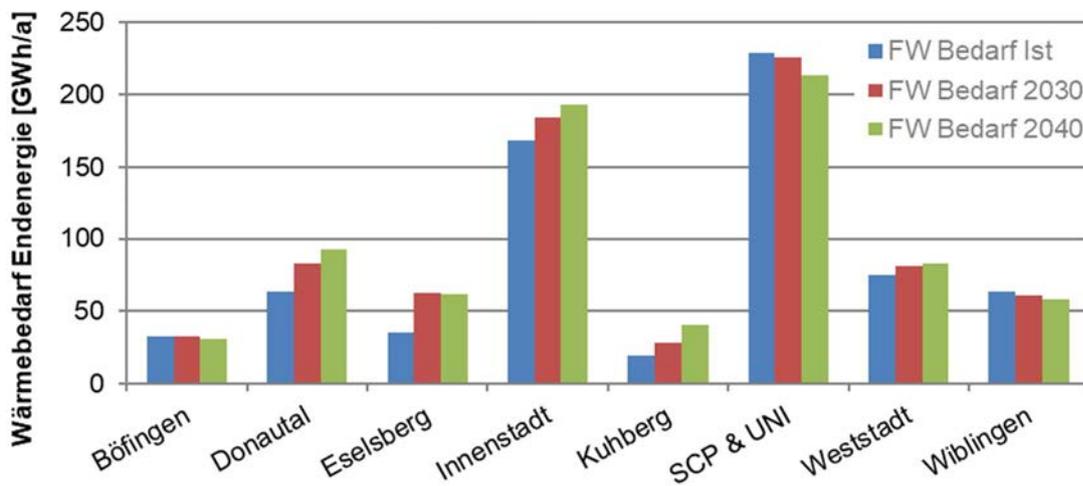


Abb. 28: Entwicklung des Fernwärmebedarfs (FUG) nach Eignungsgebieten (Endenergie, gebäudebezogen)

Entwicklung Fernwärmebedarf nach Eignungsgebieten SWU

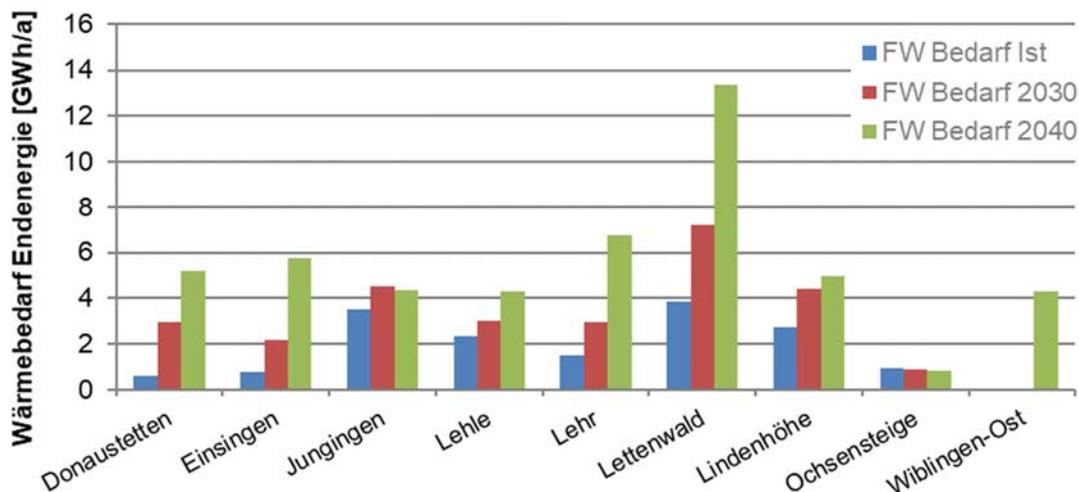
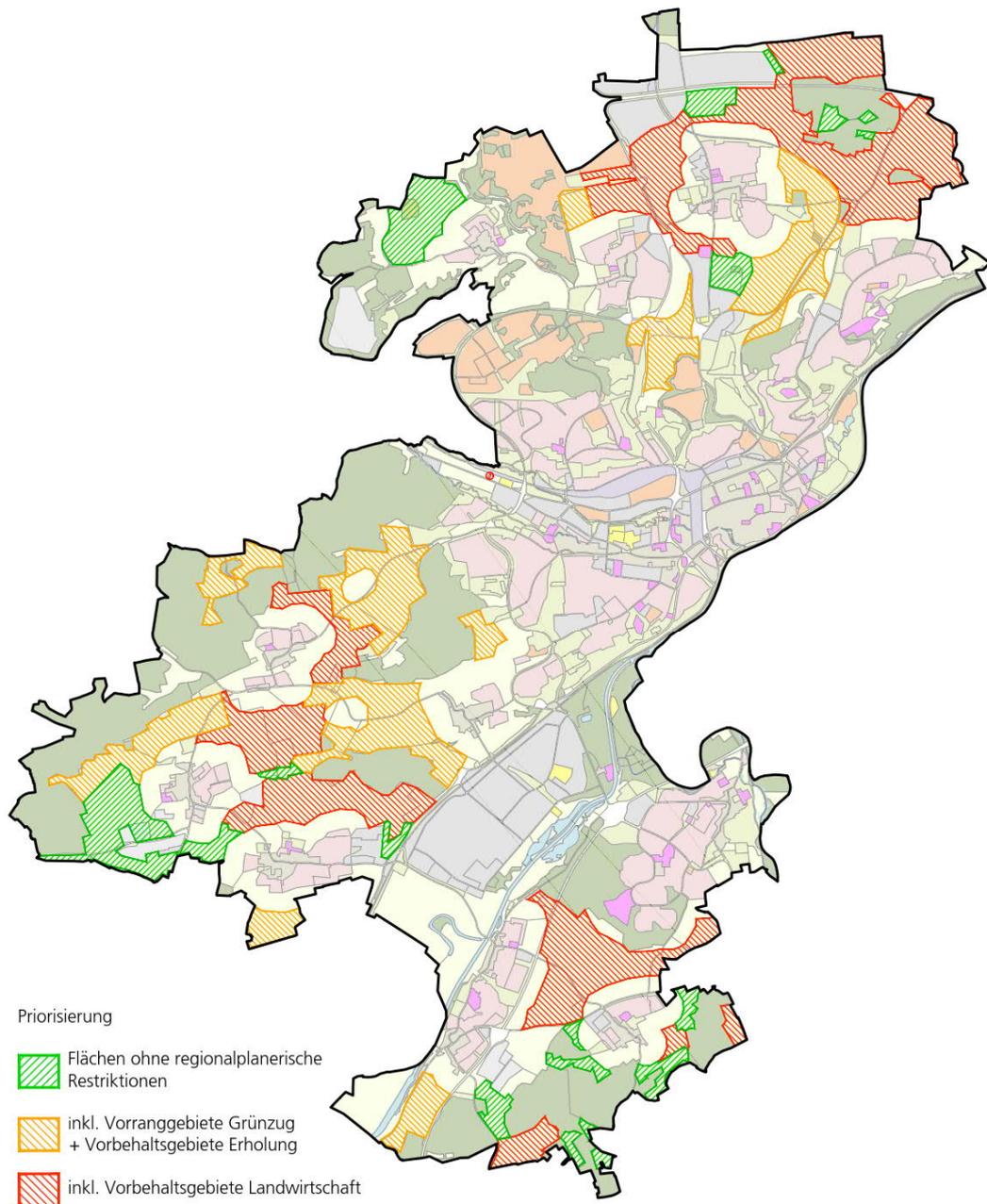


Abb. 29: Entwicklung des Fernwärmebedarfs (SWU) nach Eignungsgebieten (Endenergie, gebäudebezogen)

4.3 Solarenergie auf Freiflächen

Die im September letzten Jahres veröffentlichten Planhinweiskarten der Regionalverbände, welche die für Solarenergie grundsätzlich geeigneten Flächen zeigen, wurden von der Stadt Ulm bereits verfeinert und die Flächen priorisiert:



Nachbarschaftsverband Ulm April 2022, ohne Maßstab

Abb. 30: Grundsatzbeschluss Freiflächen-PV, Fachbereichsausschuss Stadtentwicklung, Bau und Umwelt, Mai 2022

4.3.1 Solarthermie-Freiflächenanlage

Große Solarthermieanlagen in Verbindung mit Speichern stellen wegen der erreichbaren hohen Temperaturen eine leicht zu integrierende regenerative Quelle für Fernwärmenetze dar. Mit Wärmepumpen kann auch außerhalb Zeiten hoher Sonneneinstrahlung und somit geringerer Vorlauftemperaturen der Solarthermieanlage weitere Wärme aus dem System entnommen werden.

Für diese Anlagen müssen geeignete Standorte gefunden werden, die nicht nur eine günstige Orientierung aufweisen, sondern idealerweise ohne Konkurrenz zu anderen Nutzungen verwendet werden können.

Speziell für die Transformation, die Erweiterung und den Neubau von Wärmenetzen der SWU kann die Solarthermie einen klimaneutralen Beitrag zur Wärmeerzeugung der Netze liefern. Der für die Solarthermie erreichbare Deckungsanteil hängt von der verfügbaren Aufstellfläche, von Höhe und Verlauf des Bedarfs im Netz sowie einem für höhere Anteile notwendigen (Groß-)Wärmespeicher ab.

Dafür sollen im Rahmen der Umsetzung des Kommunalen Wärmeplans für folgende Fernwärme-Eignungsgebiete der SWU Flächenprüfungen stattfinden (weitere Informationen können den Stadtteil-Steckbriefen entnommen werden):

- Donaustetten
- Einsingen
- Jungingen
- Lehle
- Lehr
- Lettenwald
- Lindenhöhe
- Ochsensteige
- Wiblingen-Ost

Insgesamt müssten für die in Abstimmung mit den SWU festgelegten solaren Anteilen im Zielzustand rund 9 ha Solarthermie-Freifläche ermittelt werden.

Zur Flächenermittlung sollten Flächen in direkter Nähe zu Abnehmern oder potenziellen Wärmezentralen gefunden werden. Dazu sollte auch eine Abstimmung mit den von der priorisierten Planhinweiskarten der Regionalverbände für PV-Freiflächen erfolgen (siehe Abb. 30). Darin finden sich weitergehende Flächenausweisungen im gesamten Stadtgebiet, die bei günstiger Lage auch für große Solarthermie-Anlagen genutzt werden könnten.

4.3.2 PV-Freiflächenanlage

Der Gemeinderat Ulm hat am 24.05.2022 in einer Sitzung des Fachbereichsausschusses Stadtentwicklung, Bau und Umwelt beschlossen, in den nächsten Jahren vermehrt auf die Freiflächen-Photovoltaik zu setzen und diese durch eine Ausbauoffensive zu stärken. Dabei wurden folgende Ziele beschlossen:

- Ausbau der Photovoltaik auf insgesamt 200 MW_p bis zum Jahr 2030
- davon ca. 30 % als Freiflächen-PV

Dafür wurde bereits parallel zum KWP von der Stadt ein Interessenbekundungsverfahren durchgeführt, um eine Fläche von mindestens 50 ha zu finden, die nach anschließender Prüfung in den Flächennutzungsplan der Stadt Ulm aufgenommen werden soll.

Folgende Ergebnisse der Flächensuche wurden bereits im Gemeinderat Ulm präsentiert [GD 155/23]:

Tab. 6: Ergebnisse Interessenbekundungsverfahrens Freiflächen PV-Anlagen Ulm

Nr.	Bezeichnung	Größe in ha	MW _p
1	Solarpark Ulm	11,7	9,9
2	PV-Park Erdbeerhecke	8,0	6,8
3	B10 Ulm-Lehr	5,0	4,3
4	B30 Ulm-Wiblingen	3,3	2,7
5	Donaustetten	10,0	8,5
6	Ulm-Lehr	8,0	6,8
7	Am Hohlweg	2,9	2,5
8	Greut	12,1	10,3
9	Schöner Berg	8,8	6,5
10	Lange Wiese 2	9,0	7,7
11	Hasenäcker	5,5	4,7
12	Ulm-Grimmelfingen	3,0	2,6
13	Örlinger Tal	5,7	4,8
Gesamt		93,0	78,1

Quelle: GD (Gemeinderatsdrucksache) "GD 155/23"

Voraussichtlich können nicht auf allen genannten Flächen PV-Anlagen realisiert werden. In der Annahme, dass die anvisierten 50 ha erreicht werden, würde dies einen jährlichen Ertrag von etwa 22.500 MWh/a bringen.

Speziell sonst nicht nutzbare Brachflächen, wie Wasserschutzgebiete, Deponien etc. oder Parkplätze (Bedachung mit halbtransparenten Modulen), Straßen- oder Gleisränder können für die Errichtung von PV-Anlagen interessant sein, da dort keine Flächenkonkurrenz mit zum Beispiel einer landwirtschaftlichen Nutzung existiert. In Verbindung mit landwirtschaftlichen Flächen existieren verschiedene Konzepte für Agri-PV, die die landwirtschaftliche Nutzung weiterhin ermöglichen, jedoch an bestimmte wirtschaftliche Rahmenbedingungen gebunden sind, u. a.:

- Große Flächen senken die spezifischen Installations- und Wartungskosten für die PV-Anlage
- Möglichst hoher lokaler bzw. Eigenverbrauch bei möglichst niedrigen Stromgestehungskosten
- Abwägung des Landwirts hinsichtlich der möglichen Diversifizierung des Einkommens (landwirtschaftliche Produkte und Stromerlöse) bei damit verbundener Minderung der landwirtschaftlichen Erträge.
- Höhere Resilienz bestimmter Kulturpflanzen gegenüber negativen Folgen des Klimawandels.

Ein Vorteil der PV-Freiflächenanlagen gegenüber den solarthermischen Freiflächenanlagen ist, dass Strom im Gegensatz zu solarer Wärme auch über längere Strecken gut transportiert werden kann. Daraus resultiert, dass bei solargeeigneten Flächen in direkter Nachbarschaft zu möglichen neuen Wärmezentralen vorrangig eine solarthermische Nutzung berücksichtigt werden sollte. Freiflächen-Photovoltaik ist dagegen in der Ortswahl flexibel und technisch nur von der Dimensionierung der örtlichen Infrastruktur zur Stromverteilung abhängig.

Bei der weiteren Flächenermittlung sollten die im September letzten Jahres veröffentlichten Planhinweiskarten der Regionalverbände zu PV-Freiflächen herangezogen werden (siehe Abb. 30). Darin finden sich weitergehende Flächenausweisungen im gesamten Stadtgebiet, die auf ihre tatsächliche Verfügbarkeit zu prüfen sind.

4.4 Solarenergie auf Dächern und Fassaden

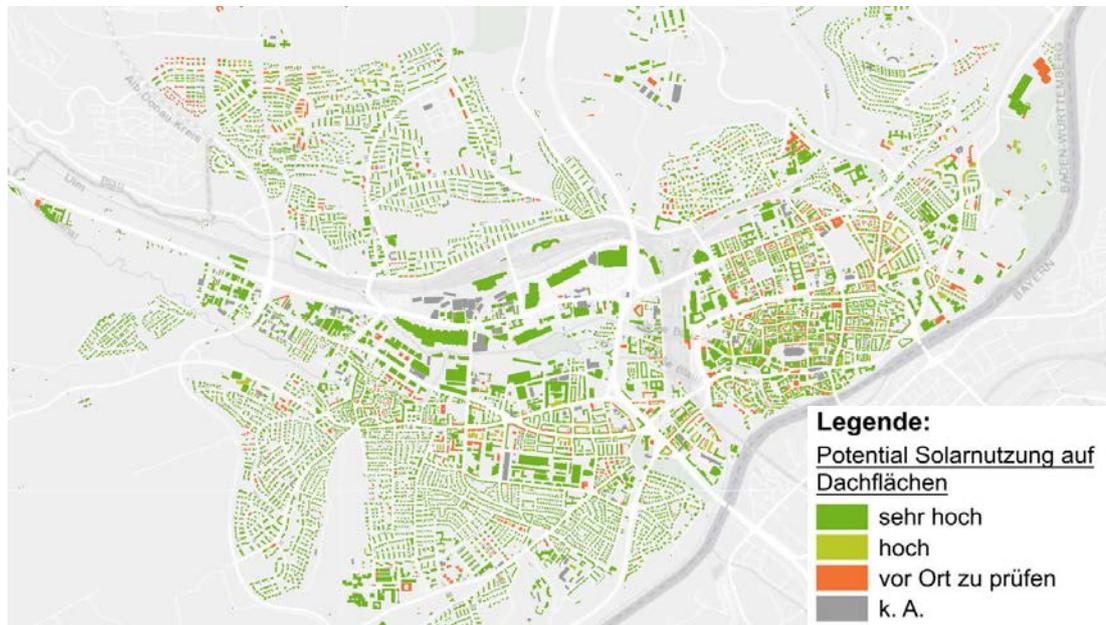


Abb. 31: Eignungsklassen Solarenergie auf Dachflächen; eigene Darstellung nach [LUBW DF 2022]

Durch die technischen Entwicklungen der letzten Jahre stellen sich PV-Anlagen mit einem in den Warmwasserspeicher integrierten Heizstab und solarthermische Anlagen zur Wärmegewinnung wirtschaftlich gleichwertig dar. Abhängig von den jeweiligen Voraussetzungen können beide Systeme zum Einsatz kommen und haben dabei folgende Vor- oder Nachteile:

Tab. 7: Gegenüberstellung Wärme aus Solarenergie mit PV vs. Solarthermie

Photovoltaik mit Heizstab	Solarthermie
Leichtere Installation	Aufwändige Installation durch Wasserkreislauf und Speicher
Für denselben Ertrag wird mehr Kollektorfläche benötigt; Verschattungen und Orientierung sind entscheidend	Höherer Wirkungsgrad des Kollektors; teilweise Verschattung oder nicht optimale Orientierung sind weniger kritisch
Strom als höherwertige Energieform ist flexibel nutzbar. Zunächst Eigenstromnutzung, danach Stromüberschuss als Wärme im Speicher	Ausschließlich zur Wärmeerzeugung geeignet

Im Wärmesektor sind für die Nutzung von Solarenergie mit möglichst hohem Deckungsanteil v. a. ein niedriger Bedarf und die darauf abzustimmende Speichergröße und Kollektorfläche sowie deren Orientierung durch eine professionelle Planung wichtig. In durchschnittlichen Einfamilienhäusern sind Deckungsgrade am

Gesamtwärmebedarf von 20 % üblich, in Passivhäusern können deutlich über 50 % erreicht werden.

Insgesamt beläuft sich das ermittelte Potenzial auf den geeigneten Dachflächen nach [LUBW DF 2022] unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes auf 94 GWh/a Wärme. Außerhalb der Eignungs- oder Fokusgebiete der Fernwärme beläuft sich das Potenzial auf 35 GWh/a.

Das Potenzial von Fassaden zur Nutzung von Solarenergie kann auf der Flughöhe des KWP nicht belastbar abgeschätzt werden. Es ist im Einzelfall abhängig von der Verschattung und möglichst großen zusammenhängenden Flächen an der Fassade. Besonders eignen sich hohe freistehende Gebäude mit größeren Flächen ohne Durchbrüche (Fenster). Durch die senkrechte Anbringung werden die solaren Erträge im Winterhalbjahr begünstigt.

Parallel zur Erstellung des KWP wurde vom Reallabor „Klima Connect Industriegebiet Donautal“, einem Projekt im Rahmen der Initiative Donautal Connect, von der Universität Ulm und der Hochschule Aalen eine PV-Studie speziell für das Industriegebiet Donautal beauftragt. Dort wurden die Gebäude genauer betrachtet und sich mit den Betreibern ausgetauscht, um detailliertere Ergebnisse für das Donautal zu erhalten. Dabei wurden auch Potenziale für die Fassaden der Gebäude untersucht. An dieser Stelle wird auf die Ergebnisse der Studie des Klima Connect verwiesen.

4.5 Abwasserwärmenutzung

4.5.1 Abwasserwärme im Kanal

Das in die Kanäle der Stadtentwässerung eingeleitete Abwasser enthält aus der vorigen Nutzung Wärme, die zwar keine direkt nutzbare hohe Temperaturquelle darstellt, jedoch den Vorteil einer ganzjährigen Verfügbarkeit deutlich über der Frostgrenze besitzt. Unter bestimmten Voraussetzungen kann sie durch Abwasserwärmenutzungsanlagen (AWNA) nutzbar gemacht werden. Dabei sorgt das umliegende Erdreich für eine gewisse Speicherung aber auch Regeneration der in das Abwasser abgeführten Wärme. Das in den Kanälen transportierte Abwasser stellt im Jahresverlauf eine nur gering schwankende Quelle für Wärmepumpen dar. Ein weiterer Aspekt ist die Möglichkeit der Kühlung, v. a. für Nichtwohngebäude, zunehmend aber auch für Wohngebäude.



Abb. 32: Abwasserwärmetauscher im Kanal [UHRIG]

<https://www.uhrig-bau.eu/geschaeftsfeld/energie-aus-abwasser/referenzen/>

Allgemeine Voraussetzungen für Abwasserwärmenutzungsanlagen sind:



Abb. 33: Abwasserwärmetauscher – Beispiele für Bauformen [UHRIG]

<https://www.uhrig-bau.eu/geschaeftsfeld/energie-aus-abwasser/referenzen/>

- Genügende Durchflussmenge und Temperatur, um eine technisch und wirtschaftlich interessante Entzugsleistung zu erzielen
- Zugänglichkeit des Kanals für die Einbringung eines Wärmetauschers
- Nähe potenzieller Abnehmer mit geeigneter Wärme- oder Kältenutzung
- Abstand zwischen den Anlagen und besonders zum Klärwerk zur Regeneration der Abwassertemperatur
- dezentrale Nutzung außerhalb von bestehenden oder geplanten Wärmenetzen



Abb. 34: Abschätzung der Wärmeentzugsleistung aus Abwasserkanälen (Datenquelle: EBU)

Anhand der Daten der EBU und der in Kap. 2.7.6 genannten Annahmen zur möglichen Temperaturabsenkung sowie Jahresarbeitszahl und Laufzeit einer Wärmepumpe ergeben sich folgende Potenziale für die in Abb. 34 dargestellten Kanäle:

Tab. 8: Potenziale aus Abwasserkanälen

Leitungsabschnitt	Entzugsleistung [kWth]	Lieferbare Wärmemenge [MWh/a]
Einsingen	240	570
Wiblingen	2.010	4.800
Söflingen	6.170	14.800
Oststadt	9.410	22.580

Bei der Wärmenutzung des Abwassers muss in jedem Fall der Wärmebedarf des Klärwerks für den Prozess der Abwasserreinigung beachtet werden. Dieser biologisch-chemische Prozess benötigt gewisse Eingangstemperaturen, sodass eine zu

große Wärmeentnahme vor dem Klärwerk den Klärprozess stark beeinträchtigen kann. Das umliegende Erdreich und weitere Abwassereinträge ins Kanalnetz nach einer AWNA regenerieren die Wärme im Kanal. Die Stärke der Regeneration hängt von mehreren Faktoren ab. Dazu gehört die Speicherwirkung und Erwärmung durch das umliegende Erdreich sowie die Menge und Temperatur des Abwassers, das nach der AWNA ins Kanalnetz eingespeist wird. Allgemein gilt: in unmittelbarer Nähe des Klärwerks sollte keine Wärmeentnahme aus dem Kanalnetz erfolgen.

Jeder AWNA im Kanalnetz muss eine umfangreiche Prüfung des Standorts und seiner Auswirkungen auf dem Klärprozess vorangestellt werden.

4.5.2 Abwasserwärme nach Klärwerk

Das Klärwerk Steinhäule, betrieben vom Zweckverband Klärwerk Steinhäule als Zusammenschluss aus den Städten Ulm, Neu-Ulm, Senden, Blaubeuren und Blaustein sowie den Gemeinden Berghülen, Dornstadt, Illerkirchberg, Illerrieden, Merklingen, Schnürpflingen und Staig reinigt das Abwasser von rund 220.000 Einwohnern inklusive der dort ansässigen Industrie und des Gewerbes. Das Klärwerk steht auf der Gemarkung Neu-Ulm, was die Wärmenutzung in der Stadt Ulm erschweren dürfte. Dennoch soll hier das Potenzial abgeschätzt werden.

Die Wärmenutzung aus dem gereinigten Wasser nach dem Klärprozess hat gegenüber der Wärmenutzung aus dem Abwasserkanal vor dem Klärwerk den Vorteil, dass keine Einschränkungen wegen der Prozesse der Kläranlage mehr bestehen. Die Wassertemperaturen sind auch nach dem Klärwerk weiterhin in einem ganzjährig verfügbaren hohen Temperaturniveau vorhanden und damit ideal für die Wärmenutzung mit einer Wärmepumpe.



Abb. 35: Vorliegende Ablauftemperaturen nach dem Klärwerk Steinhäule

Zu beachten ist: Das geklärte Wasser wird der Donau zugeführt und sorgt dort ggfs. für eine Abkühlung (in Abhängigkeit der dort herrschenden Temperaturen im zeitlichen Verlauf und der Höhe der Abkühlung bei der Wärmenutzung). Dies muss im Rahmen der näheren Untersuchungen und Planungen berücksichtigt werden. Zu starke Abkühlungen sind nicht zulässig (siehe auch Kap. 4.5.2). Allgemein ist die Abkühlung des Flusswassers genehmigungspflichtig.

In über 90 % des Jahres sind Abflussmengen von etwa 3.000 m³/h anzunehmen.

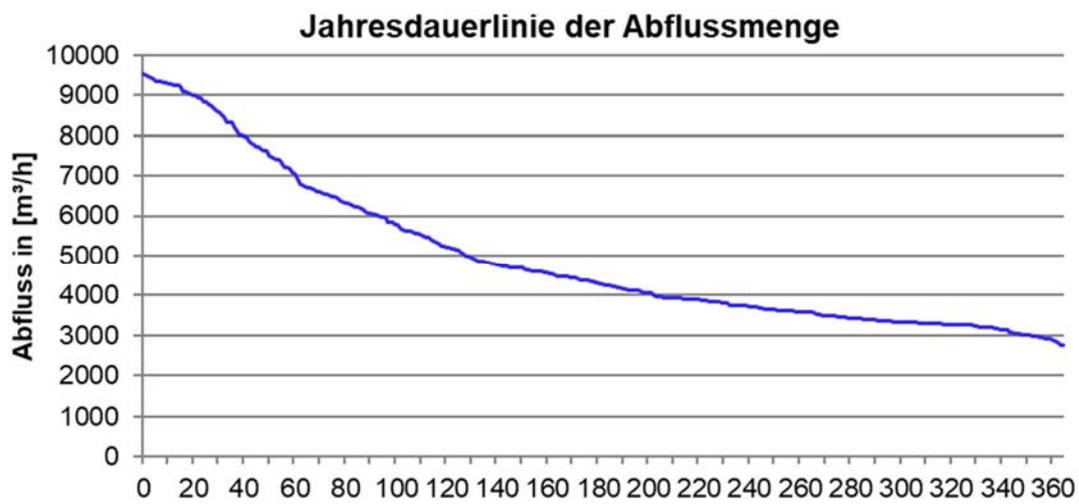


Abb. 36: Vorliegende Abflussmengen als Jahresdauerlinie am Klärwerk Steinhäule

Unter den in Kap. 2.7.6 genannten Voraussetzungen wurde das Potenzial der Wärmeerzeugung aus dem Klärwerk Steinhäule wie folgt abgeschätzt:

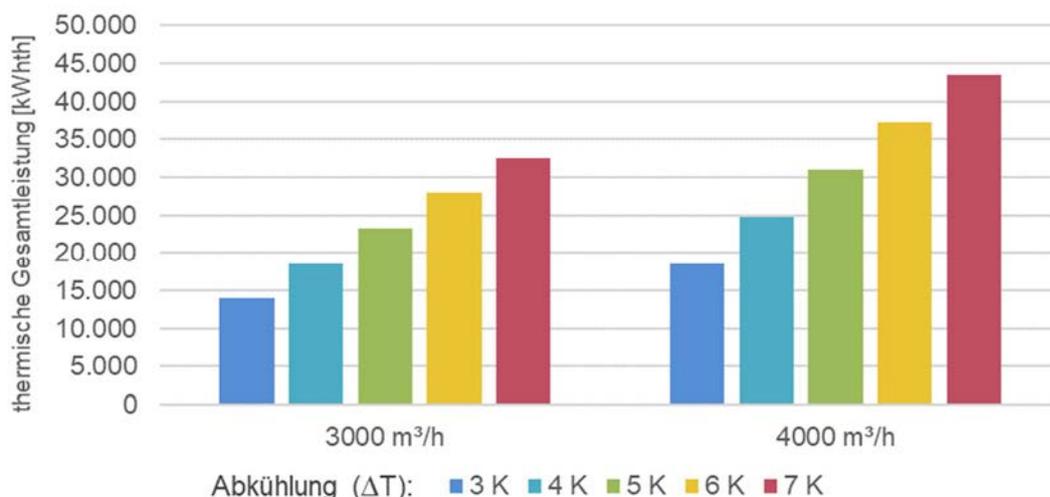


Abb. 37: Potenzial Abwasserwärme: thermische Gesamtleistung Wärmepumpe nach Klärwerk

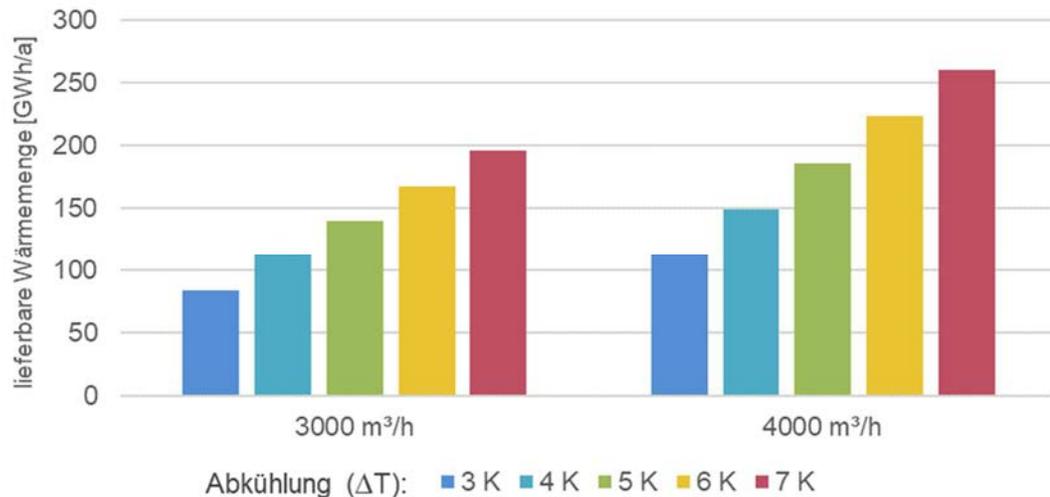


Abb. 38: Potenzial Abwasserwärme: lieferbare Wärmemenge Wärmepumpe nach Klärwerk

Bei einer mittleren Abkühlung von 5 K kann somit unter den angenommenen Rahmenbedingungen von einem Potenzial an lieferbarer Wärme aus Abwasser zwischen 140 und 186 GWh/a ausgegangen werden.

4.6 Feste Biomasse / Holz

Holz ist der einzige kurzfristig breit verfügbare erneuerbare Energieträger mit der Möglichkeit zur Erzeugung hoher Temperaturen sowie einer recht guten Transport- und Lagerfähigkeit zur überregionalen und zeitlich flexiblen Verwendung. Das Erreichen der Klimaziele wird deshalb unter anderem von der überregionalen Verfügbarkeit von Holz als Brennstoff und der Entwicklung seiner wirtschaftlichen Parameter abhängen. Die lokalen Potenziale auf dem Stadtgebiet Ulm werden für den zu erwartenden Bedarf bei Weitem nicht ausreichen und werden derzeit bereits verwendet. Die für Ulm bis 2030 / 2040 benötigten Mengen an Holz zur thermischen Verwertung können und müssen daher zum größten Teil aus externen Quellen bzw. auf dem Markt für energetisch nutzbares Holz beschafft werden.

Aus Gründen des Naturschutzes, der Ressourceneffizienz und mit Rücksicht auf die Bedeutung der stofflichen Nutzung von Holz handelt es sich dabei um Waldrestholz aus der (nachhaltigen) Forstwirtschaft sowie Altholz / holzartige Abfälle aus Haushalten, Gewerbe oder der Landschaftspflege. Die Fernwärme Ulm GmbH (FUG) setzt bereits intensiv auf Altholz als Energieträger für die Fernwärme der FUG. Laut Aussage der FUG ist die langfristige Verfügbarkeit / Lieferung gesichert.

Auch für die **dezentrale Beheizung** wird Holz für die Transformation der Wärmeerzeugung eine Rolle spielen. Holzheizungen eignen sich besonders für Objekte mit

Möglichkeiten zur Lagerung des Brennstoffs, höherem Wärmebedarf und der Notwendigkeit von hohen Temperaturen im Heizungssystem. Langfristig wird die Verwendung von Holz in kleinen dezentralen Feuerungsanlagen durch den Gesetzgeber voraussichtlich jedoch eingeschränkt werden. Die bauliche Nutzung von Holz soll mehr in den Vordergrund rücken. Auf Landesebene äußert sich dies beispielsweise bereits in der Holzbauintiative des Landes Baden-Württemberg².

Aus Gründen der Ressourceneffizienz, aber auch zur Minderung von Belastungen aus der Holzverbrennung, sollten Holzheizungen neben der Verwendung in Zentralen für große Wärmenetze nach Möglichkeit auf die Verwendung in einer „Wärmeinsel“ im Verbund mit Solarthermie und auf die oben beschriebenen Anwendungen begrenzt werden.

4.7 Flusswasserwärme

Die an vier Flussabschnitten, (vgl. 2.7.6) Ulms abgeschätzte Flusswasserwärme bietet ein großes Potenzial nur Nutzung mit Wärmepumpen. Bei der Wärmenutzung von Flusswasser ist weniger eine hohe Quelltemperatur entscheidend – denn diese schwankt im jahreszeitlichen Verlauf teils deutlich, (vgl. Abb. 39) – sondern vielmehr der hohe Volumenstrom des Abflusses. Dadurch kann bereits durch geringe Abkühlung des Wassers eine große Energiemenge entzogen werden. In der Praxis ist die Entnahme großer Wassermengen mit einigem technischen Aufwand verbunden. Für die Potenzialermittlung wird nachfolgend eine zur Abkühlung entnommene und nach der Abkühlung wieder zugeführte Wassermenge von 5 % der Abflussmenge des jeweiligen Flussabschnittes, die zu 90 % des Jahres nie unterschritten wird, angesetzt (vgl. Abb. 39). Die in den Grafiken Abb. 40 und Abb. 41 angegebenen Abflussmengen in m³/a entsprechen den entnommenen 5 %.

Generell kann Wärme aus Gewässern v. a. im Sommer und in den Übergangszeiten als Beitrag zur Grundlast genutzt werden, wenn Vorgaben zur maximalen Abkühlung eingehalten werden. Außer technischen Randbedingungen wie dem Jahresverlauf von Temperatur und Wassermenge oder der Nähe zu potenziellen Abnehmern sind in jedem Fall die Besitzverhältnisse und ökologische Anforderungen der jeweiligen Standorte und Gewässer zu berücksichtigen. Eine Wärmenutzung aus Flüssen ist genehmigungspflichtig.

² <https://www.holzbauoffensivebw.de/de>

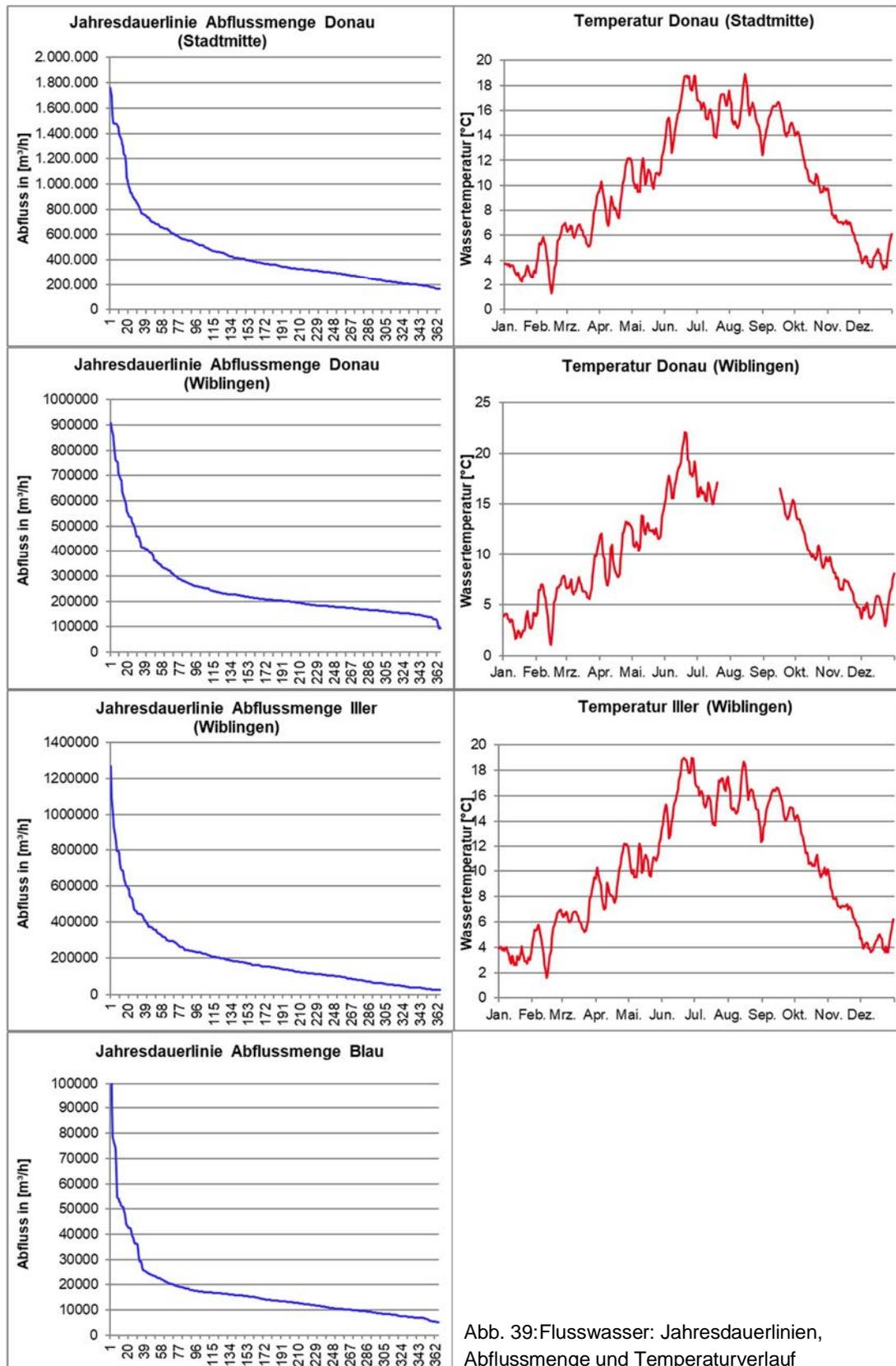


Abb. 39: Flusswasser: Jahresdauerlinien, Abflussmenge und Temperaturverlauf

Ein Teil der Messdaten des Flussabschnittes Donau (Wiblingen) sind fehlerhaft und weisen für rund 2 Monate keine Temperaturdaten auf. Für die Blau liegen außerdem keinerlei Temperaturmessungen vor. Es wurde daher die Annahme getroffen, dass übliche Abkühlungen von wenigen Grad Celsius bzw. Kelvin immer möglich sind.

Aus den in den Kap. 2.7.6 genannten Annahmen ergeben sich für die Potenziale aus Flusswasserwärme die in den folgenden Abbildungen gezeigten thermischen Gesamtleistungen und lieferbare Wärmemengen pro Flussabschnitt.

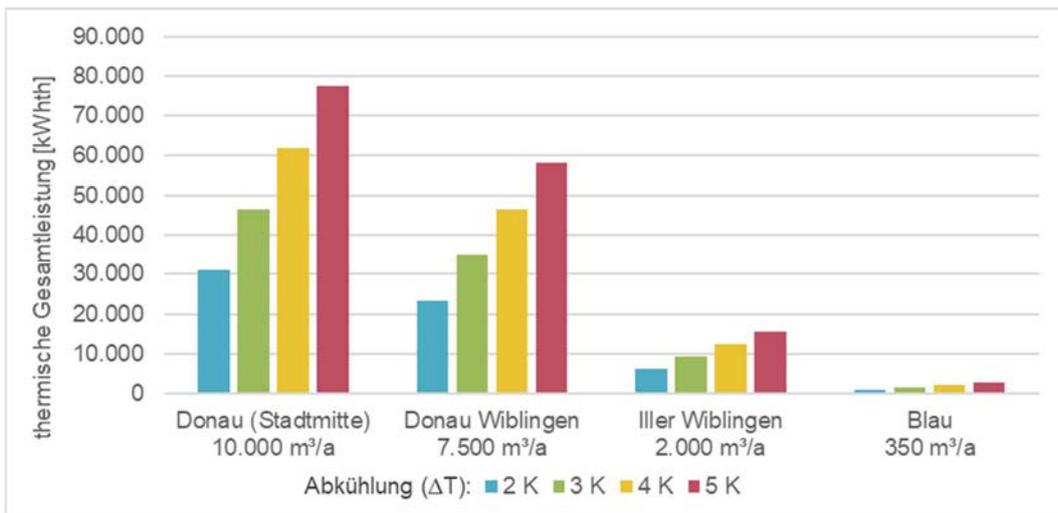


Abb. 40: Potenzial Flusswasserwärme: thermische Gesamtleistung Wärmepumpe

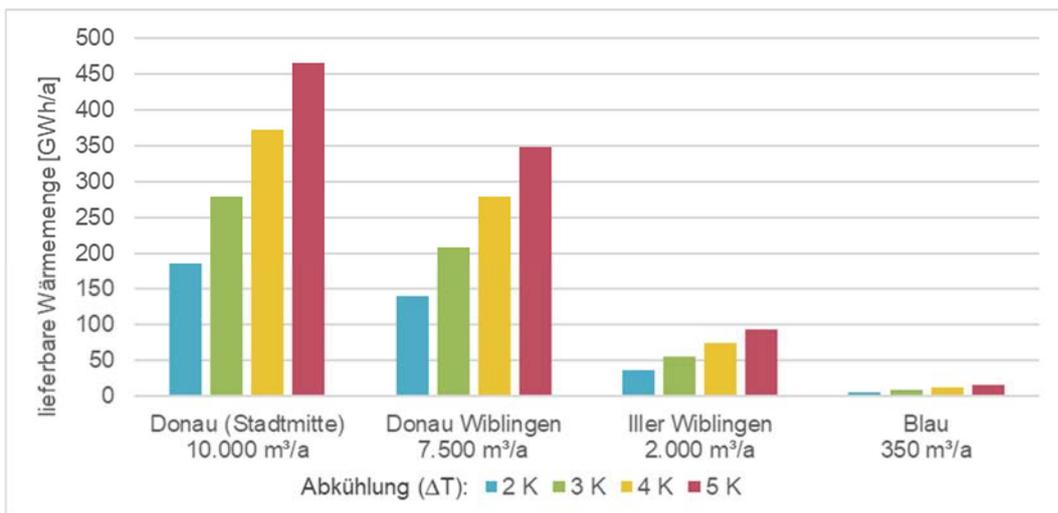


Abb. 41: Potenzial Flusswasserwärme: lieferbare Wärmemenge Wärmepumpe

Insgesamt ergibt sich mit den angenommen 5 % Entnahmemenge und einer Abkühlung von 4 Kelvin ein Gesamtpotenzial von rund 740 GWh/a.

Pro Flussabschnitt ergeben sich folgende Potenziale:

Tab. 9: Potenziale aus Abwasserkanälen

Flussabschnitt	Lieferbare Wärmemenge [GWh/a]
Donau (Stadtmitte)	370
Donau (Wiblingen)	280
Iller (Wiblingen)	74
Blau	13

Im Rahmen des KWP wird angeregt, diese Potenziale in Machbarkeitsstudien zu untersuchen und ggfs. weitere Maßnahmen daraus abzuleiten.

4.8 Grundwasser

Die Wärmegewinnung aus Grundwasser als Form der oberflächennahen Geothermie ist in Ulm außerhalb von Wasserschutzgebieten grundsätzlich v. a. im Donautal sowie im Einzugsgebiet der Blau, aber auch im Kernstadtgebiet möglich und v. a. für Neubaugebiete oder für kleine Netze im sanierten Bestand sinnvoll. Laut dem Informationssystem oberflächennahe Geothermie [ISONG] des Landes Baden-Württemberg ist bei den dafür notwendigen Bohrungen folgendes zu beachten:

- Karsthohlräume und größere Spalten
- Erdgasaustritt
- Bei Bohrtiefen größer 382 m kann das Gestein sulfathaltig sein und die Verwendung von Zement mit hohem Sulfatwiderstand nach DIN EN197-1 erforderlich machen. Bei Bohrtiefen geringer als 382 m ist dies laut ISONG nicht der Fall.

In der Praxis müssen für jeden einzelnen Standort mehrere Probebohrungen und Messungen durchgeführt werden, bevor mit der Energiequelle lokal geplant werden kann. Es können kleinräumig große Unterschiede in der Nutzbarkeit auftreten. Die Grundwassernutzung ist grundsätzlich genehmigungspflichtig.

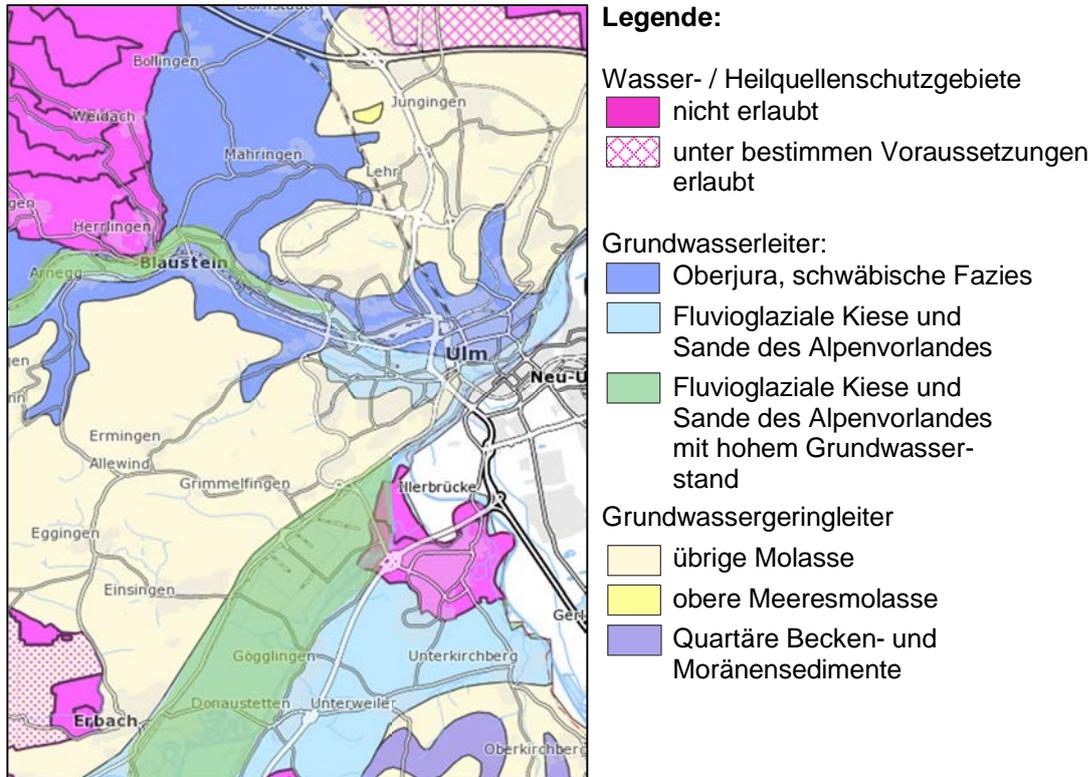


Abb. 42: Hydrogeologische Übersichtskarte mit Schutzgebieten nach [ISONG]

4.9 Erdwärmesonden

Laut den Daten des Informationssystems oberflächennahe Geothermie [ISONG] ist in Ulm die oberflächennahe Geothermie mittels Erdwärmesonden (EWS) grundsätzlich möglich und in 90 % der Gemarkung auch als effizient oder höher effizient bewertet (vgl. Abb. 43). Im Bereich Wiblingen, speziell zwischen Donau und Iller, liegt ein Wasserschutzgebiet vor, das Erdwärmesonden teils untersagt (vgl. Abb. 43).

In Verbindung mit Wärmepumpen stellen EWS eine nachhaltige Wärmequelle dar, die sowohl zentral in Wärmenetzen als auch dezentral genutzt werden können. Davon zeugen die rund 250 Gebäude, die nach Informationen der Stadt zum Stand 2020 bereits mit Erdwärmesonden oder Grundwasserwärme beheizt werden. Laut dem Informationssystem oberflächennahe Geothermie [ISONG] des Landes Baden-Württemberg ist bei den dafür notwendigen Bohrungen folgendes zu beachten:

- Karsthohlräume und größere Spalten
- Austritt von Erdgas

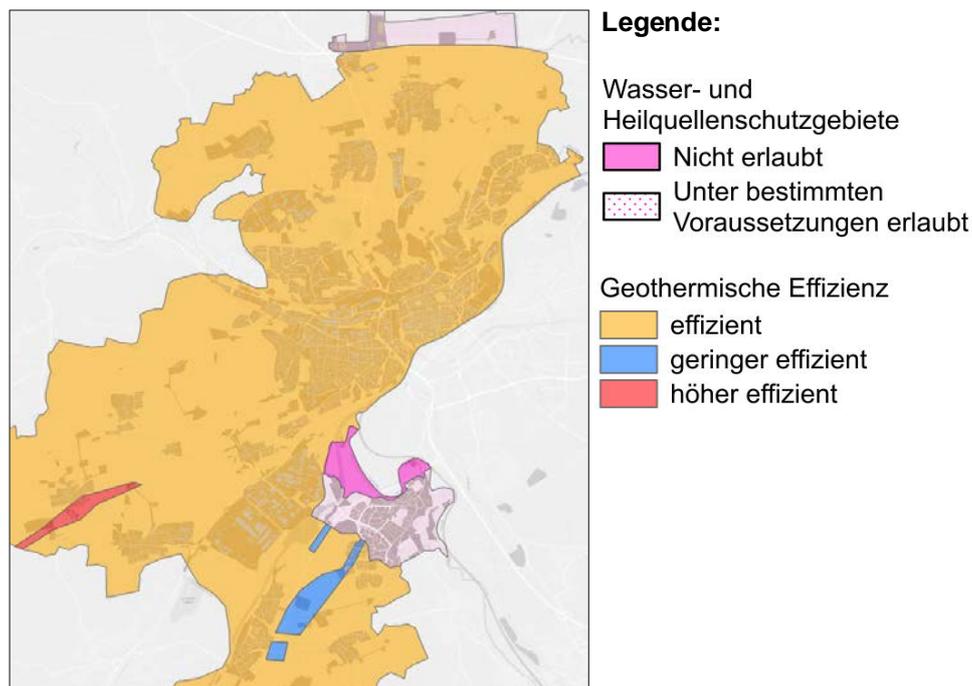


Abb. 43: Geothermisches Potenzial mit Schutzgebieten nach [ISONG]

In der Praxis müssen für jeden Standort mehrere Probebohrungen und Messungen durchgeführt werden, bevor mit der Energiequelle lokal geplant werden kann. Die tatsächlich nutzbare Wärmemenge hängt dabei neben individuellen wirtschaftlichen und technischen Voraussetzungen der Liegenschaft auch davon ab, wo und wie viele weitere Sonden sich in der Nachbarschaft befinden oder ob durch Kühlung außerhalb der Heizperiode eine Regeneration der Bohrung stattfindet. Innerhalb der Fernwärmegebiete dürfte eine Realisierung von EWS im Bestand allein aus wirtschaftlichen Abwägungen heraus unrealistisch sein. Außerhalb der abgestimmten Fernwärme-Eignungs- und -fokusgebieten kann für das Stadtgebiet ein technisches Potenzial von insgesamt ca. 145 GWh/a (lieferbare Wärmemenge der Wärmepumpen) angenommen werden.

4.10 Erdkollektoren / Agrothermie

Die Nutzung von Erdwärme in geringer Tiefe (1,5–4 m) ist eine Option für Gebiete oder Liegenschaften mit genügend Freifläche zur Installation der notwendigen Kollektoren im Erdreich. Dafür können z. B. Grün- oder Ackerflächen und Sportplätze in Frage kommen (die weiterhin als solche genutzt werden können). Durch den Flächenbedarf für die Kollektoren und die notwendige Nähe zu den Abnehmern (i. d. R. <300 m) kommen v. a. Randlagen oder nur locker bebaute Baublöcke als Potenzialgebiete in Frage. Durch die üblicherweise auf dieser Tiefe im Erdreich

vorliegenden Temperaturen von 5–15 °C (jahreszeitliche Schwankungen), können im Jahr pro Hektar Freifläche zwischen 400–700 MWh/a Wärme für ein Wärmenetz gewonnen werden.

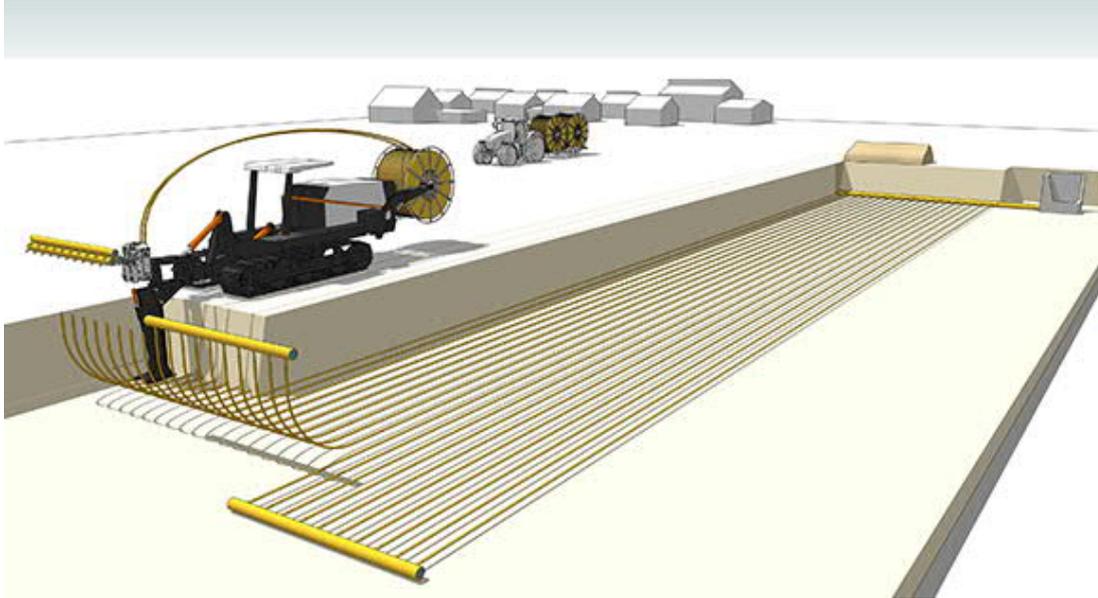


Abb. 44 Beispielhafte Darstellung Agrothermie, © Doppelacker GmbH [BMWI-09/2019]

In Kombination mit dezentralen Wärmepumpen bei den Abnehmern eignet sich die Agrothermie speziell für Wärmenetze mit niedrigen Vorlauftemperaturen, die meist nur bei Neubaugebieten ausreichend sind. Damit könnte für Neubaugebiete außerhalb von Fernwärme-Eignungsgebieten eine Möglichkeit für den Aufbau kleiner Wärmenetze zur Verfügung stehen. Dafür sollten in folgenden Stadtteilen Flächen gesucht werden:

- Eggingen
- Ermingen
- Gögglingen
- Grimmelfingen
- Lehr
- Mähringen
- Unterweiler
- Wiblingen

4.11 Außenluft in Verbindung mit Wärmepumpen

Elektrisch betriebene Wärmepumpen, die Außenluft als Wärmequelle nutzen, stellen eine – im Verhältnis zu Wärmepumpen mit anderen Quellen – leicht zu realisierende Wärmeherzeugung dar. Probleme können durch die Schallemissionen der Außen-einheit entstehen, insbesondere bei hoher Beanspruchung in der Heizperiode. Außerdem kann aus der Außenluft gerade in der Heizperiode aufgrund niedriger Temperaturen besonders wenig Wärme entzogen werden, wodurch sich die Effizienz der Anlage verringert und der Anteil des Stroms in der gelieferten Wärme stark ansteigt.

Gerade in der Heizperiode, wenn auch regenerativer Strom nur begrenzt erzeugt werden kann, stellt das eine Belastung für das gesamte Stromnetz dar.

Bei der Gestaltung des Energieträgermix im Zielszenario wurden Außenluft-Wärmepumpen deshalb als letzte Option für dezentrale Heizungsanlagen verwendet. Für Zentralen in Wärmenetzen können jedoch große Luft-Wasser-Wärmepumpen im Rahmen von „innovativer Kraft-Wärme-Kopplung“ (iKWK) (siehe Kap. 4.18) oder in Verbindung mit großen PV-Anlagen und Speichern sinnvoll sein, um z. B. Stromüberschüsse wirtschaftlich zu nutzen.

Bei dezentralen Systemen eignen sich Wärmepumpen am besten für Objekte mit geringerem Wärmebedarf und niedrigen Vorlauftemperaturen, können aber zunehmend auch für durchschnittliche Bedarfe und Temperaturen im Bestand verwendet werden.

Die Effizienz von Wärmepumpen hängt sehr stark von den zu erzeugenden Temperaturen und der zur Verfügung stehenden Wärmequellen-Temperatur ab. Bei sinkender Quellentemperatur steigt der Stromverbrauch der Wärmepumpen pro gelieferter Wärmemenge und damit die gesamte Belastung des Stromnetzes in der Heizperiode. Darunter leidet i. d. R. auch die Wirtschaftlichkeit der Anlagen. Dieser zusätzliche Strom- und Leistungsbedarf steht besonders während der Heizperiode in Konkurrenz zur ebenfalls angestrebten E-Mobilität und der Elektrifizierung von industriellen Prozessen.

Deswegen empfiehlt es sich die Rahmenbedingungen für möglichst effiziente Wärmepumpen (mit anderer Wärmequelle als Außenluft) zu schaffen, um der starken Verbreitung der ineffizienten Luft-Wärmepumpen dadurch entgegenzuwirken. Alternative Wärmequellen können beispielsweise sein: Erdwärme, PVT-Kollektoren, Power-to-Heat-Konzepten etc. Da die Erschließung dieser Quellen oftmals aus investiven Gründen für eine einzelne Liegenschaft zu aufwändig ist, sollten diese bei ausreichendem Potenzial als „kalte Nahwärme“ an mehrere Abnehmer mit jeweils separaten Wärmepumpen verteilt werden. Netze mit „kalter Nahwärme“ können gerade in Gebieten mit geringerer Wärmedichte und begrenzten Leitungslängen aber

vorhandenen erneuerbaren Wärmequellen eine technisch und wirtschaftlich gute Versorgungsoption darstellen.

Anhand der in Kap. 2.7.5 beschriebenen Vorgehensweise wurde für jeden Baublock die Verfügbarkeit von Wärmequellen qualitativ eingeschätzt und daraus eine zukünftige Aufteilung in Wärmepumpen mit Außenluft und solche mit effizienteren Quellen festgelegt. Im Ergebnis wurden für das Stadtgebiet folgende Strombedarfe für Wärmepumpen (dezentral) ermittelt:

Tab. 10: Strombedarf für Wärmepumpen dezentral 2030 / 2040

Technologie	JAZ	Strombedarf 2030 [GWh/a]	Strombedarf 2040 [GWh/a]
Wärmepumpen (Außenluft)	2,5	88	133
Wärmepumpen (effizientere Quelle)	4,0	19	29
Summe:		107	162

4.12 Abwärme aus industriellen Prozessen

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurden die größeren Unternehmen aus dem Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor und aus der Industrie per Fragebogen unter anderem zu ihren Abwärmepotenzialen befragt. Dabei wurden von acht Unternehmen an elf Standorten Abwärmepotenziale in Höhe von insgesamt 13 GWh (gemessen) und 4,4 GWh (geschätzt) angegeben.

Im Rahmen der Abstimmungen zum Energiemix der Fernwärme wurden diese Potenziale mit der Stadt und den Energieversorgern qualitativ eingeordnet. Nach Einschätzung der FUG, die einige der Abwärmepotenziale bereits näher untersucht hat, ist die technische und wirtschaftliche Nutzbarkeit dieser Potenziale jedoch fragwürdig.

Allgemein stehen häufig rechtliche und wirtschaftliche Hemmnisse und Abhängigkeiten der Abwärme-Auskopplung entgegen. In der Regel ist es für das Unternehmen einfacher und wirtschaftlich sinnvoll, die Abwärme wenn möglich zunächst selbst zu nutzen und nur Überschüsse auszukoppeln. Die Wärmewende in den Kommunen und der damit verbundene Ausbau von Wärmenetzen werden jedoch auch die industrielle Abwärme zur Einspeisung in öffentliche Wärmenetze in den Fokus rücken. Die Überwindung von bestehenden rechtlichen und wirtschaftlichen Hemmnissen, sowohl für die beteiligten Firmen als auch für die Kommune, sind am ehesten durch die Kooperation mit kommunalen Energieversorgern als langfristig verfügbarem Partner möglich.

Es wird eine nähere Untersuchung der vielversprechenderen Abwärmepotenziale angeregt, z. B. im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, mit dem Ziel, die vorhandenen

Abwärmepotenziale entweder vor Ort durch den Betreiber selbst nutzbar zu machen oder eine Auskopplung der Wärme und ihre Nutzung im Wärmenetz der FUG zu ermöglichen.

4.13 Biogas

Die in Ulm anfallenden Mengen aus biologisch verwertbaren Abfällen und Grüngut werden bereits in der Kompostherstellung oder in regionalen Biogasanlagen genutzt. Insgesamt sind sieben Biogasanlagen-Standorte in Ulm bekannt. Die aus dem Biogas gewonnene Wärme dreier Biogasanlagen wird seit 2006 in das Fernwärmenetz der FUG eingespeist – zwei Standorte befinden sich im Donautal und eine südlich von Wiblingen.

Die FUG geht auch weiterhin von einem Anteil Biogas in ihrem Energieträgermix der Fernwärme aus. Der Anteil von rund 1,5 % zum Stand 2019/2020 soll sich in Zukunft jedoch voraussichtlich nicht erhöhen. Bei Biogas wird deshalb im Rahmen des KWP nicht von einem nennenswerten zusätzlichen Potenzial ausgegangen.

Die Rahmenbedingungen für Biogasanlagen haben sich in den letzten Jahren tendenziell verschlechtert, könnten sich jedoch mittelfristig wieder verbessern. Die Rolle von Biogasanlagen könnte in der Zukunft an Bedeutung gewinnen, da sie als möglicher Standort der Methanisierung von Wasserstoff in Frage kommen. Speziell für die klimaneutrale Mobilität und die Industrie in Ulm sollte diese Möglichkeit näher untersucht werden und ggfs. die Rahmenbedingen dafür geschaffen werden (siehe auch Kap. 4.14).

4.14 Power to Gas

Mit „Power-to-Gas“ werden Verfahren bezeichnet, mit denen unter Verwendung von elektrischer Energie, vorzugsweise aus erneuerbaren Quellen, brennbare Gase („EE-Gase“) synthetisiert werden. Die Bedeutung dieser Verfahren für die Energiewende liegt in der Möglichkeit, bisher genutzte fossile Brennstoffe zu ersetzen und überschüssigen Strom aus erneuerbaren Quellen sektorübergreifend zu speichern.

Grundsätzlich wird zwischen zwei Verfahren unterschieden:

- Power-to-H₂: Aufspaltung von Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff durch Elektrolyse. Nutzung von Wasserstoff als Brennstoff oder weitere Methanisierung.
- Power-to-CH₄: Methanisierung von Wasserstoff durch Reaktion mit CO₂. Nutzung des erzeugten Gases analog zu bisher verwendetem Erdgas.

Kriterien für geeignete Standorte von Power-to-Gas Anlagen sind:

- Nähe zu erneuerbaren Stromquellen mit nutzbaren Überschüssen
- Nähe zu Biogasanlagen oder anderen CO₂-Quellen für eine Methanisierung
- Nähe zu direkten Abnehmern für Wasserstoff oder Methan (z. B. Tankstellen oder Industrieanlagen mit Bedarf an Prozesswärme)
- Vorhandenes (wasserstofffähiges) Gasnetz zur Einspeisung der erzeugten EE-Gase
- bestehende Speichermöglichkeiten von Wasserstoff / Methan
- Nähe zu Abnehmern für Abwärme und Sauerstoff als Nebenprodukte

Aus technischen und v. a. wirtschaftlichen Gründen werden voraussichtlich Brennstoffe aus diesen Verfahren kurz- und mittelfristig ausschließlich für die Sektoren Verkehr und Industrie zur Anwendung kommen.

Die Erzeugung und Nutzung von EE-Gasen werden zuerst lokal, d. h. in geringer Nähe zu benötigter Infrastruktur, Potenzialen und Bedarfen stattfinden. Für die Wärmeerzeugung wird die mögliche Verfügbarkeit von EE-Gasen voraussichtlich auch langfristig (bis 2040) noch auf große KWK-Anlagen in Zentralen von Wärmenetzen beschränkt bleiben, da die bestehenden Erdgas-Netze mit den derzeit vorhandenen Ressourcen und Rahmenbedingungen nicht großflächig mit EE-Gasen gefüllt werden können.

Als potenziell günstige Standorte im Stadtgebiet Ulm sollten folgende Orte geprüft werden:

- Kreuz A8/B10 (AS Ulm-West) – stark frequentierte Verkehrsachse mit Nähe zu Abnehmern aus dem Bereich Mobilität und ggfs. Industrie, vorhandene Tankstelle und Nähe zu möglichen PV-Standorten zur klimaneutralen Stromerzeugung sowie mögliche Abnahme der Wärme durch vorhandene Betriebe
- Donautal – direkte Nähe zu Abnehmern für die produzierten EE-Gase aus dem Sektor Industrie, mit Nähe zu zwei Biogasanlagen-Standorten und möglichen Abnehmern aus dem Bereich Mobilität durch die B311 sowie vorhandenem Wärmenetz der FUG als Abnehmer für die produzierte Wärme

Um die Praxistauglichkeit von Wasserstoff unter heutigen Rahmenbedingungen zu testen, sollen im Rahmen des Projektes „Modellregion grüner Wasserstoff Baden-Württemberg“ zwei Leuchtturmprojekte in Ulm entstehen:

- H2-Factory – Grüner Wasserstoff für existierende Verbraucher
- H2-ToGo – Wasserstoff für LKW-Brennstoffzellenantriebe in der Logistik

Diese Projekte werden in Ulm von der SWU betreut.

4.15 Windkraftanlagen

Insbesondere in der Heizperiode stellen Windkraftanlagen einen notwendigen Baustein der Stromversorgung aus regenerativen Quellen dar. Durch die im Zielszenario anzunehmenden Deckungsanteile von elektrisch betriebenen Wärmepumpen und den dadurch zu erwartenden zusätzlichen Strombedarf kommt dem Ausbau der regenerativen Stromerzeugung mit Erträgen in der Heizperiode eine Schlüsselrolle für die Wärmewende zu.

In der Region Donau-Iller sind zum Stand 2019 insgesamt 45 Windkraftanlagen (WKA) installiert [LUBW WA 2019]. Auf der Gemarkung Ulm war zu diesem Zeitpunkt keine WKA installiert.

Für den Windkraftausbau hat das Land Baden-Württemberg im aktuellen [KlimaG BW 2023] die Windkraft-Flächenziele des Bundes aus dem Windenergieflächenbedarfsgesetz [WindBG] vom 20. Juli 2022 nochmals verschärft. Demnach gilt auch für die Region Donau-Iller eine Zielvorgabe von 1,8 % der Landesfläche und eine Festlegung und Änderung der Teilpläne sowie des Regionalplans bis zum 30.09.2025.

In der öffentlichen Ausschusssitzung "Sachstand erneuerbare Energien" vom 16.05.2023 wurde berichtet:

Derzeit sind 0,43 % der Regionsfläche als für Windenergie geeignete Vorranggebiete ausgewiesen. Insgesamt rechnet der Regionalverband mit einem Flächenangebot für rund 500 neue Windkraftanlagen in der gesamten Region Donau-Iller (inkl. bayrischem Teil).

Im Rahmen der Teilfortschreibung „Windkraft“, eingeleitet von der Verbandsversammlung des Regionalverbandes Donau-Iller, wurde in einer öffentlichen Sitzung des Planungsausschusses³ vom 21.03.2023 eine erste vorläufige Übersichtskarte für die geeigneten Flächen vorgestellt [2023-01PA-1318]. Darin sind auch einige Flächen in Ulm aufgeführt (insgesamt 5,4 % der Gemarkungsfläche), siehe weiße Flächen in Abb. 45. Diese Übersichtskarte soll nun gemeinsam mit dem im Jahr 2019 aktualisierten Windatlas Baden-Württemberg [LUBW WA 2019] als Grundlage für die im Frühsommer geplante informelle Beteiligung der Kommunen und Träger öffentlicher Belange dienen. Dabei müssen die Potenziale, die zuletzt im Jahr 2015 erhoben wurden, angesichts neuer rechtlicher und technischer Rahmenbedingungen neu erhoben und bewertet werden.

Derzeit gibt es sieben für die weitere Prüfung geeigneten Bereiche in Ulm:

- nördlich Containerbahnhof, überwiegend auf Gemarkung Beimerstetten

³ <https://www.rvdi.de/service/termine-und-sitzungen/detail/sitzung-des-planungsausschusses-am-21-maerz-2023>

- nord-östlich von Jungingen, überwiegend Wald
- nord-westlich von Mähringen, überwiegend auf Gemarkung Dornstadt
- nördlich von Harthausen, überwiegend Wald, teilweise auf Gemarkung Blaustein
- kleiner Bereich im Wiesental / Butzental
- zwischen Einsingen und Grimmelfingen, teilweise Wald
- westlich von Eggingen, überwiegend Wald, teilweise auf Gemarkung Erbach

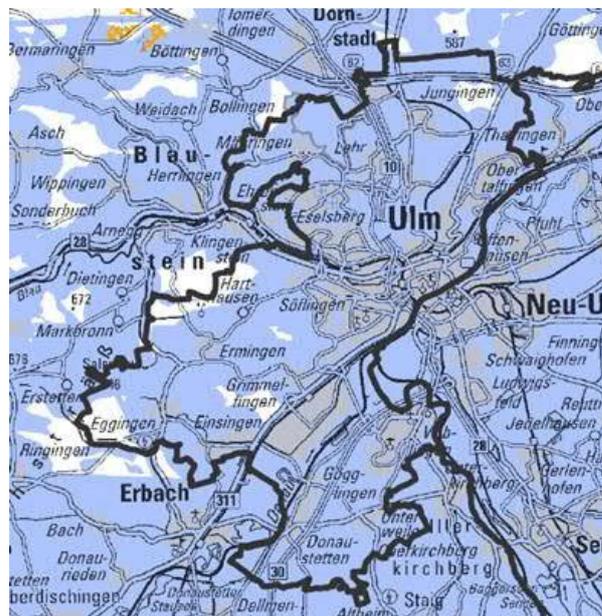


Abb. 45: Ausschnitt: Ausschlussbereiche Windkraft (blau) [2023-01PA-1318]

4.16 Externe klimaneutrale Stromerzeugung

Durch die Transformation hin zu einer stärker strombasierten Wärmeerzeugung nimmt der Einfluss des Treibhausgas(-THG)-Faktors von Strom auf die Nachhaltigkeit der Wärmeerzeugung in Ulm immer mehr zu. Die für die Klimaneutralität Ulms notwendige Menge an regenerativ erzeugtem Strom oder den daraus generierten Mengen an erneuerbaren Gasen (Wasserstoff oder Methan) kann jedoch aufgrund fehlender Flächen nicht vollständig innerhalb des Stadtgebiets erzeugt werden. Ulm ist somit auf den Energiebezug von außerhalb angewiesen und ist dadurch in starkem Maße auch von der externen Entwicklung der THG-Faktoren abhängig.

Da die Stromerzeugung zunehmend kleinteiliger wird – weg von großen Stromerzeugern und hin zu kleineren, dezentraleren Anlagen – kann die Transformation des deutschen Strommixes allerdings nur gelingen, wenn jede Kommune ihren Teil dazu

beiträgt. Zu einer klimafreundlichen Wärmeversorgung gehört zunehmend auch eine klimafreundliche Stromerzeugung.

Ulm ist sich diesen Herausforderungen bewusst und ist bereits intensiv mit dem Thema PV-Ausbau und Windkraft beschäftigt (vgl. Kap.4.3.2 und 4.15). Diese Bemühungen sollten weiterverfolgt und ggfs. ausgeweitet werden.

Die künftige bilanzielle Deckung des Ulmer Bedarfs an erneuerbarem Strom muss insgesamt mit folgenden Sektoren abgestimmt werden:

- Elektro-Mobilität und Elektrifizierung industrieller Anwendungen (Prozesswärme)
- Erzeugung von erneuerbaren Gasen („grüner Wasserstoff“) für Industrie, Verkehr und große KWK-Anlagen in Wärmenetzen
- Betrieb von Wärmepumpen, insbesondere zur Heizperiode

4.17 Rolle der Gasnetze

Zur Kommunalen Wärmeplanung gehört auch, mit dem Netzbetreiber (SWU) Perspektiven für die Entwicklung der Gasnetze im Stadtgebiet zu entwickeln. Durch die bestehende Rechtslage sind die Stadtwerke weiter zur Versorgung mit Erdgas verpflichtet (Konzessionsverträge), solange es Abnehmer gibt. Solange sich daran nichts ändert, können langfristig folgende Leitlinien verfolgt werden:

- Kein Neubau oder Erweiterung von Erdgasnetzen
- Backbone-Leitungen (Mitteldruck) mit Gasspeichern, Großabnehmern und großen KWK-Anlagen in Wärmenetzen sollten langfristig erhalten und auf biogene Gase / Wasserstoff vorbereitet werden.
- Der großflächige Umbau der Gasverteilungs-Infrastruktur für einen erhöhten oder sogar 100 %-en Anteil von Wasserstoff stellt eine technische und wirtschaftliche Herausforderung dar, die allenfalls sehr langfristig bewältigt werden kann. Hier müssen Prioritäten nach Art und Umfang der langfristigen Abnahme (Industriegebiete) und dem abzusehenden Instandhaltungsbedarf festgelegt werden.
- Ohne gewerbliche Abnehmer mit Bedarf an Erdgas oder anderen brennbaren Gasen stehen Fernwärmenetze prinzipiell in wirtschaftlicher Konkurrenz zum bestehenden Erdgasnetz. Fernwärmeausbau in gasversorgte Gebiete sollte daher mit einer Kampagne zum Rückbau des Gasnetzes begleitet werden.

Die Relevanz dieses Themas ist bei den SWU bekannt und ein Teil der genannten Punkte wird daher bereits diskutiert / umgesetzt. So beteiligen sich die SWU beispielsweise aktiv an der Planung des H₂-Backbones Deutschlands und fragen dazu den Bedarf an Wasserstoff in der Region als Planungsgrundlage ab.

4.18 Rolle Kraft-Wärme-Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplung in Zentralen zur Versorgung von Wärmenetzen stellt weiterhin eine sinnvolle Option zur flexiblen und netzdienlichen Strom- und Wärmeerzeugung durch eine Effizienztechnologie dar. Allerdings muss der Einsatz fossiler Energieträger wie Erdgas langfristig durch erneuerbare Energieträger (biogene Gase / Wasserstoff) ersetzt werden. Zudem sollten bestehende und neue Anlagen nach dem Prinzip der „innovativen Kraft-Wärme-Kopplung“ (iKWK) modernisiert bzw. realisiert werden:

- Stromgeführter Betrieb der KWK-Anlage bei wirtschaftlich günstiger Einspeisung
- Verbindung mit einer Wärmequelle für Umweltwärme (z. B. Solarthermie oder Groß-Wärmepumpe)
- Groß-Wärmespeicher mit Power to Heat zur wirtschaftlichen Nutzung von Stromüberschüssen im Netz (z. B. Abschaltung KWK und Nutzung Wärmepumpe oder Aktivierung Heizstab im Pufferspeicher)

Neue größere Biomasseheizwerke für Wärmenetze sollten ebenfalls mit der Option einer Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung konzeptioniert werden.

4.19 Fazit / Zusammenfassung Potenziale

Für die zukünftig klimaneutrale Deckung des Wärmebedarfs in der Stadt Ulm liegen umfangreiche Potenziale vor. Die Herausforderung im Rahmen der Umsetzung des Kommunalen Wärmeplans wird darin liegen, diese Potenziale auszuschöpfen. Dafür wird bereits kurzfristig ein immenser Einsatz für Kommunikation, Planung und Umsetzung erforderlich werden.

Der Nutzung eines jeden genannten Potenzials muss eine umfangreiche Prüfung / Machbarkeitsstudie vorangestellt werden. Die theoretischen Potenziale können voraussichtlich nicht in vollem Umfang ausgeschöpft werden. Ziel sollte es sein, einen auf technische Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz der Akteure und der Öffentlichkeit basierenden Energieträger-Mix zu finden. Dafür werden im Kap. 6 Maßnahmen vorgeschlagen.

Folgende Zusammenfassung für die Potenziale kann gegeben werden:

- **Einsparung durch Sanierung:** Es wurde ein langfristiges Einsparpotenzial von 40,4 % ermittelt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Sanierungsrate von 1,5 %/a ergeben sich Einsparungen bis 2030 von 127 GWh/a (7,9 %) und

bis 2040 von 243 GWh/a (15 %), die jedoch von den Neubautätigkeiten bis 2040 teilweise wieder konterkariert werden.

- **Solare Wärme auf Dachflächen:** Das aktuelle Potenzial beläuft sich unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes auf 94 GWh/a, außerhalb der Eignungs- oder Fokusgebiete der Fernwärme auf 35 GWh/a.
- **Solare Wärme auf Freiflächen:** Solarthermie-Freiflächenanlagen in der Nähe zu Wärmeabnehmern oder Heizzentralen stellen in Verbindung mit Speichern eine leicht zu integrierende regenerative Wärmequelle für Wärmenetze dar. Insgesamt wurden neun Gebiete in Ulm für eine konkretere Machbarkeitsstudie und Flächensuche identifiziert.
- **Abwasserwärme im Kanal:** An vier Standorten (in den Hauptsammlern von Einsingen, Wiblingen, Söflingen und der Oststadt) ergibt sich ein in Summe Potenzial von rund 43 GWh/a.
- **Abwasserwärme nach Klärwerk:** Die Abkühlung des gereinigten Abwassers nach dem Klärwerk Steinhäule bietet unter den angenommenen Rahmenbedingungen ein Potenzial von 140 – 186 GWh/a.
- **Flusswasserwärme:** Das an vier Abschnitten (Donau auf Höhe Wiblingen, Iller auf Höhe Wiblingen, Donau+Iller auf Höhe Stadtmitte, Blau auf Höhe Söflingen) gemessene Potenzial beläuft sich auf rd. 740 GWh/a
- **Grundwasserwärme:** Nördlich von Wiblingen wegen Wasserschutzgebiet nicht erlaubt, ansonsten grundsätzlich überall möglich, vor allem im Donautal und dem Einzugsgebiet der Blau ist der Grundwasserstand hoch / geeignet.
- **Geothermie / Erdwärmesonden:** Nördlich von Wiblingen wegen Wasserschutzgebiet nicht erlaubt, ansonsten Nutzung grundsätzlich möglich und von [ISONG] als „effizient“ eingestuft. Jedoch sind Einschränkungen bei Bohrungen zu erwarten. Nur im dezentralen Bereich liegt ein technisches Potenzial von 145 GWh/a (lieferbare Wärmemenge nach Wärmepumpe) vor.
- **Abwärme:** Angaben von Unternehmen per Fragebogen benennen ein Potenzial von 13 GWh (gemessen) und 4,4 GWh (geschätzt), das näher auf technische und wirtschaftliche Nutzbarkeit hin untersucht werden muss.

Wegen der räumlichen Verteilung, der Kleinteiligkeit und den saisonalen Schwankungen der nachhaltigen lokalen Wärmequellen sind Wärmespeicher und Wärmenetze von besonderer Bedeutung für die Erreichung der Klimaneutralität Ulms.

5 Zielszenario

5.1 Voraussetzungen und Annahmen

Das im KWP beschriebene Zielszenario für die Klimaneutralität Ulms im Jahr 2040 geht von folgenden Punkten aus:

- Technische und wirtschaftliche Verfügbarkeit externer Ressourcen an Holz und grünem Strom für die Wärmeerzeugung
- Eine angesichts der bestehenden Hemmnisse ehrgeizige Vorgabe zur Sanierungsrate im Bestand von 1,5 % pro Jahr auf ein Niveau des Förderstandards KfW-Effizienzhaus-55 bei Wohngebäuden und ähnlich ambitionierte Vorgaben für Nichtwohngebäude.
- Gelingen der Transformation und der Erweiterung bestehender Fernwärmenetze der FUG und SWU.
- Konzeption und Umsetzung neuer Wärmenetze mit klimaneutraler Wärmeerzeugung durch die SWU in den jeweiligen Eignungsgebieten
- Zügige Erhöhung der Anschlussquoten in den bestehenden Fernwärmeversorgungsgebieten und in neu erschlossenen Quartieren
- Konsequente Erschließung lokaler Umweltwärme für geeignete bestehende Wärmezentralen, Bestands- und Neubaugebiete
- Weitere Erschließung von geeigneten Freiflächen für die Nutzung von Solarenergie zur Wärme- und Stromerzeugung
- Förderung / weiterer Ausbau der Solarenergienutzung für Wärme (außerhalb der Fernwärmeeignungsgebiete) und Strom auf Dächern
- Förderung von Wärmepumpen mit Quellen, die eine möglichst effiziente Wärmeerzeugung ermöglichen, d. h. alle Quellen außer Außenluft und / oder in ehrgeizig sanierten Gebäuden
- Langfristigen Einstieg in die Produktion von biogenen Gasen bzw. Wasserstoff
- Durch Schaffung von Anreizen die Steigerung des Holzanteils in dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen gering halten

Weitere Annahmen und die hinter der Bildung des Energieträgermixes des Zielszenarios stehende Methodik können den Kap. 2.7.4 und 2.7.5 entnommen werden.

5.2 Zielszenario 2030

Im Jahr 2030 ist im Zielszenario der Ausbau und die Transformation der Fernwärme der SWU und FUG vorangeschritten. Dabei wurde angenommen, dass auch die Wärmenetze Dritter einer erfolgreichen Teiltransformation bis 2030 unterlagen, nicht jedoch einem Ausbau. Die mit den Akteuren abgestimmten Energiemixe ergeben eine Energieträgerverteilung der Fernwärme wie in Abb. 46 dargestellt.

Vorausgesetzt die bis 2030 durchgeführten Machbarkeitsstudien und Energiekonzepte für die Nutzung von Umweltwärme in der Fernwärme ergaben ein nutzbares Potenzial, kommen einige neuen Energieträger zum gesamten Energieträgermix der Fernwärme hinzu. Dazu gehört die zentral genutzte Umweltwärme aus Geothermie, Flusswasserwärme und Abwasserwärme sowie ein bisher noch kleiner Anteil an biogenen Gasen⁴. Der Anteil der fossilen Energien ist gegenüber dem Ist-Zustand gesunken.

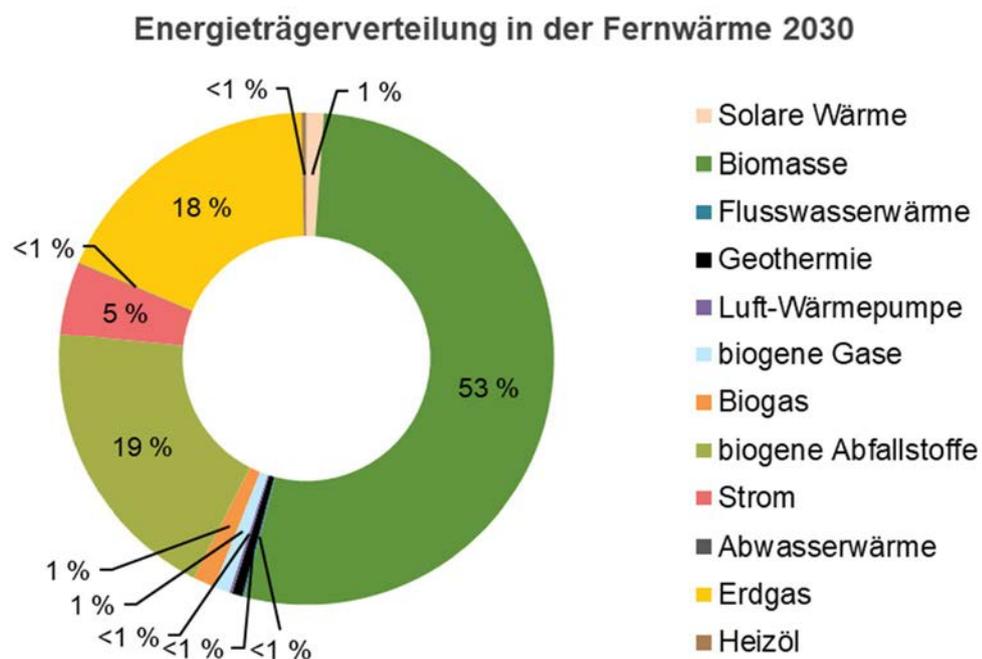


Abb. 46: Energieträgerverteilung in der Fernwärme 2030

Auch die Wärmeversorgung der nicht über ein Fernwärmenetz versorgten Gebäude unterliegt im Zielszenario bis 2030 einer Transformation. In der Gruppe der dezentral versorgten Gebäude wird vor allem der auf Erzeugernutzwärmeabgabe bezogene Anteil der Luftwärmepumpen stark ansteigen. Das Ziel sollte sein, einen möglichst

⁴ Biogene Gase: je nach Verfügbarkeit hauptsächlich Wasserstoff und ggfs. daraus hergestelltes Biomethan

hohen Anteil von Wärmepumpen mit effizienteren Quellen als Außenluft zu erreichen, um die Belastung des Stromnetzes möglichst gering zu halten. Biogene Gase⁵ werden vorrangig in den Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie zur Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt.

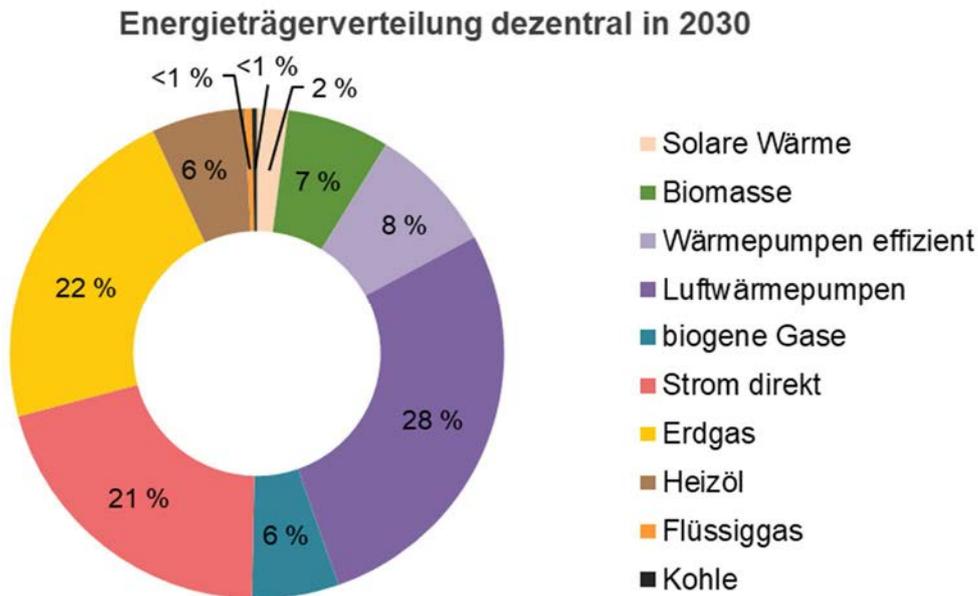


Abb. 47: Energieträgerverteilung der Erzeugernutzwärmeabgabe dezentral 2030

Nachfolgend wird in Abb. 48 die Energieträgerverteilung zur Deckung des gesamten Erzeugernutzwärmebedarfs aller Gebäude im Jahr 2030 betrachtet. Bei den Wärmepumpentechnologien wird hierbei auch die durch die Wärmepumpen genutzte Umweltwärme berücksichtigt. Nicht enthalten sind jedoch die Übergabe- / Erzeugerverluste der Heizung oder Übergabestation.

Beim Endenergiebedarf nach Energieträger wird für die Wärmepumpen nur die zugeführte Strommenge berücksichtigt. Je effizienter die Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl in Abhängigkeit der Wärmequelle), desto geringer der Endenergiebedarf gegenüber der dadurch erzeugten Erzeugernutzwärmeabgabe. Zusätzlich sind in der Endenergie die Übergabe- / Erzeugerverluste der Heizung oder Übergabestation enthalten. Für die Energiebilanzierung ist die Endenergie der relevante Wert.

⁵ Biogene Gase: je nach Verfügbarkeit hauptsächlich Wasserstoff und ggfs. daraus hergestelltes Biomethan

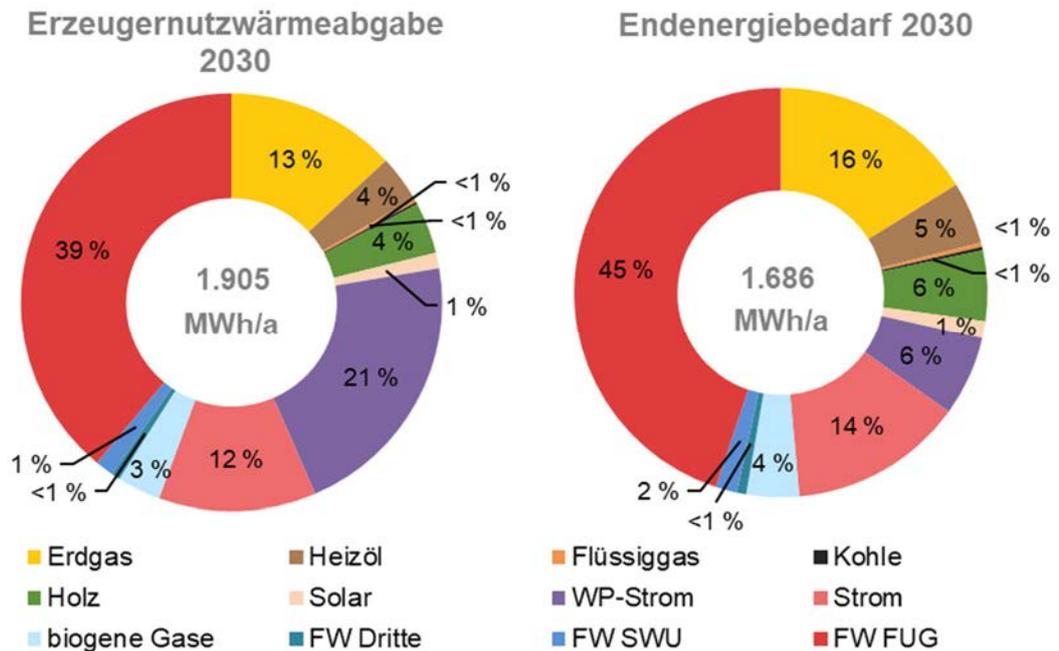


Abb. 48: Gegenüberstellung Wärmebedarf Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergie im Jahr 2030

Im Jahr 2030 steigt beim Gesamtwärmebedarf der Anteil der nachhaltigen Energien inklusive der Fernwärme von FUG und SWU sowie von Wärmepumpentechnologien an. Neu enthalten gegenüber dem Ist-Zustand sind die biogenen Gase. Der Direktstromverbrauch nimmt weiterhin einen relevanten Anteil am Endenergiebedarf ein. Dieser wird in Nachtspeicheröfen und v. a. in Industrieprozessen verwendet.

5.3 Zielszenario 2040

Im Jahr 2040 ist im Zielszenario der Ausbau der Fernwärme der SWU und FUG weiter vorangeschritten und die Transformation der Wärmeerzeugung abgeschlossen. Dabei wurde angenommen, dass auch die Wärmenetze Dritter einer erfolgreichen Transformation unterlagen, nicht jedoch einem Ausbau. Die mit den Akteuren abgestimmten Energiemixe ergeben eine Energieträgerverteilung der Fernwärme wie in Abb. 49 dargestellt.

Die Wärmeerzeugung in den Fernwärmenetzen des Zielzustandes kommt ohne fossile Energien aus. Die notwendige Flexibilität wird durch Speicher, Wärmepumpen sowie einem Anteil von biogenen Gasen⁶ erreicht. Hauptsächlich setzt die Fernwärme im Jahr 2040 auf den hohen Biomasse- / Altholz-Anteil der FUG-Fernwärme, gefolgt von der Müllverbrennung (biogene Abfallstoffe) der FUG und einem Anteil von rund 13 % mit Wärme aus Flusswasser. Vor allem in den Wärmenetzen der SWU wird auf solare Wärme, Geothermie und Abwasserwärme gesetzt.

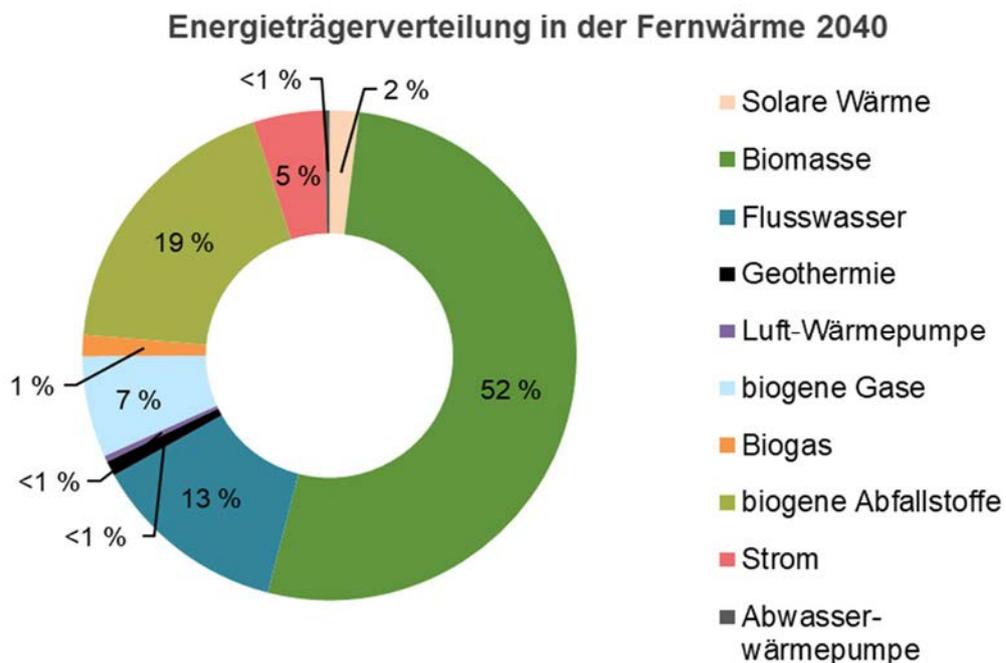


Abb. 49: Energieträgerverteilung in der Fernwärme in 2040

⁶ Biogene Gase: je nach Verfügbarkeit hauptsächlich Wasserstoff und ggfs. daraus hergestelltes Biomethan

Die Wärmeversorgung der dezentral versorgten Gebäude hat im Zielszenario bis 2040 ihre Transformation abgeschlossen. Den größten Anteil werden perspektivisch die Luftwärmepumpen einnehmen. Das Ziel sollte sein, einen möglichst hohen Anteil von Wärmepumpen mit effizienteren Quellen als Außenluft zu erreichen, um die Belastung des Stromnetzes möglichst gering zu halten. Biogene Gase⁷ werden vorrangig in den Sektoren Gewerbe, Handel, Dienstleistung und Industrie zur Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt.

Energieträgerverteilung dezentral in 2040

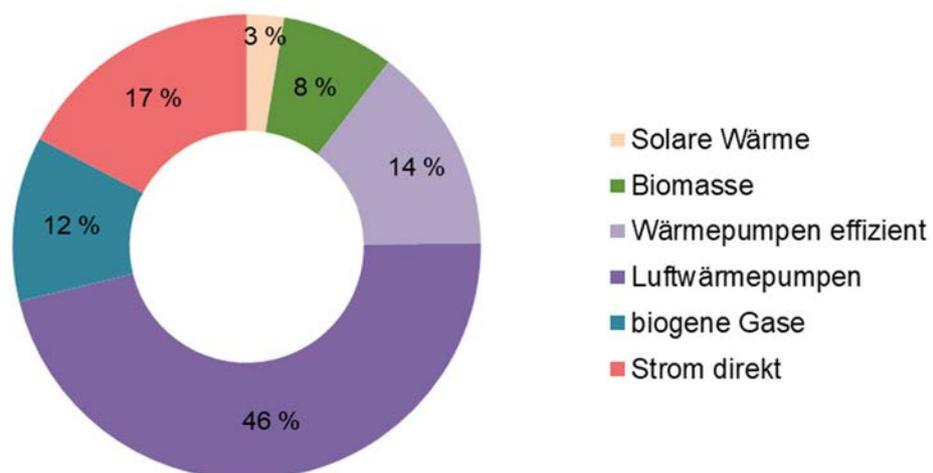


Abb. 50: Energieträgerverteilung der Erzeugernutzwärmeabgabe dezentral in 2030

Nachfolgend wird in Abb. 51 die Energieträgerverteilung zur Deckung des gesamten Erzeugernutzwärmebedarfs aller Gebäude im Jahr 2030 betrachtet. Bei den Wärmepumpentechnologien wird die durch die Wärmepumpen genutzte Umweltwärme berücksichtigt. Nicht enthalten sind die Übergabe- / Erzeugerverluste der Heizung oder Übergabestation.

Beim Endenergiebedarf nach Energieträger wird für die Wärmepumpen nur die zugeführte Strommenge berücksichtigt. Je effizienter die Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl in Abhängigkeit der Wärmequelle), desto geringer der Endenergiebedarf gegenüber der dadurch erzeugten Erzeugernutzwärmeabgabe. Zusätzlich sind in der Endenergie die Übergabe- / Erzeugerverluste der Heizung oder Übergabestation enthalten. Für die Energiebilanzierung ist die Endenergie der relevante Wert.

⁷ Biogene Gase: je nach Verfügbarkeit hauptsächlich Wasserstoff und ggfs. daraus hergestelltes Biomethan

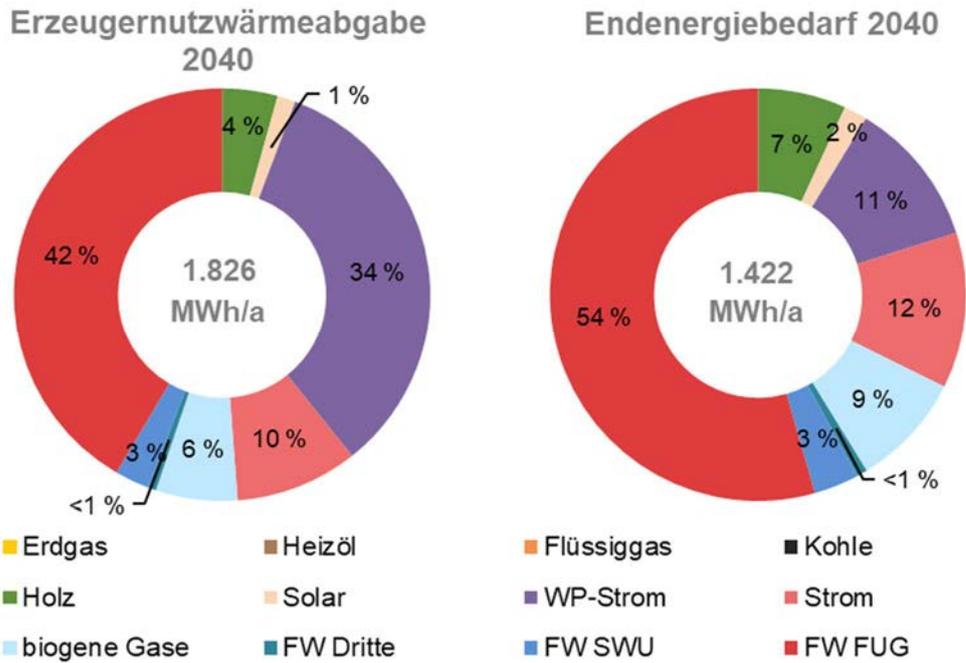


Abb. 51: Gegenüberstellung Wärmebedarf Erzeugernutzwärmeabgabe und Endenergie im Jahr 2040

Die klimaneutrale Wärmeversorgung im Zielszenario 2040 wird zum größten Teil durch Fernwärme gedeckt. Dabei spielt die Fernwärme der FUG die größte Rolle. Vor allem im dezentralen Bereich nimmt der Anteil der Wärmepumpen stark zu und hat insgesamt den zweitgrößten Anteil der gesamten Deckung des Erzeugernutzwärmebedarfs.

5.4 Energiebilanz und Treibhausgasemissionen Zielszenario

Unter Berücksichtigung der Voraussetzungen und Annahmen für das Zielszenario (siehe Kap. 5.1) ergibt sich für den gebäudebezogenen Endenergiebedarf die nachfolgende Entwicklung bis 2040.

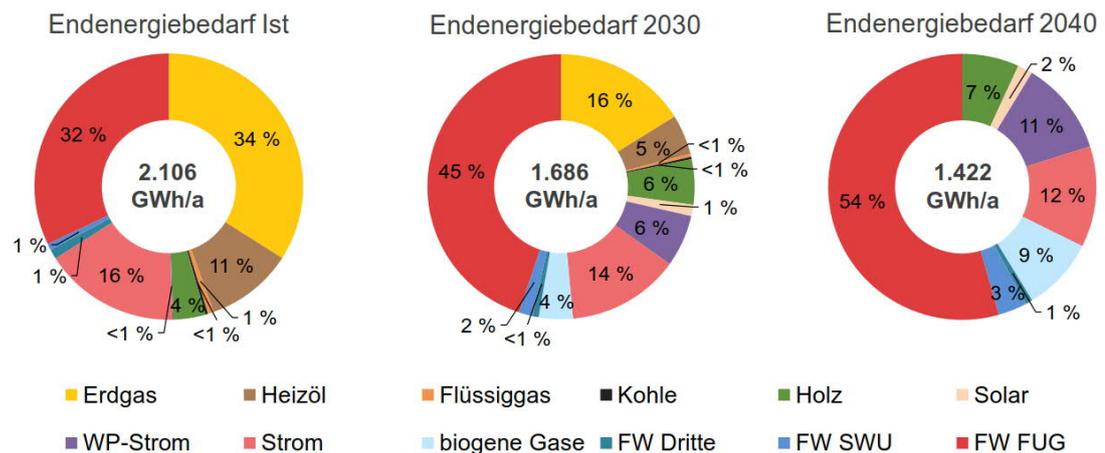


Abb. 52: Entwicklung Endenergiebedarf nach Energieträger bis 2040

Unter Berücksichtigung der im Abstimmungsprozess festgelegten Versorgungsquoten pro Eignungsgebiet und der zu erwartenden Entwicklung des Wärmebedarfs (siehe Kap. 4.1) könnten zu den 717 GWh/a, die heute bereits von der Fernwärme (FUG+SWU+Dritte) an die Gebäude geliefert werden, weitere 118 GWh/a bis 2040 dazukommen. Die Werte beziehen sich auf die Endenergie ohne Netzverluste und entsprechen damit der Menge an Energie, die den Gebäuden an die Fernwärme-Übergabestationen geliefert wird.

Dabei ergibt sich folgende Entwicklung:

Tab. 11: Entwicklung Endenergiebedarf und Anteil Fernwärme bis 2040

Endenergiebedarf Gebäude	Gesamt [GWh]	Fernwärme [GWh]	Andere [GWh]	Anteil Fernwärme
Ist-Zustand	2.106	717	1.389	34,1 %
2030	1.686	798	888	47,8 %
2040	1.422	835	587	58,7 %

Sowohl für die dezentrale als auch für die zentrale Wärmeerzeugung wird der Energieträger Strom eine immer größere Rolle spielen. Dadurch steigt der

Stromverbrauch für die Wärmebereitstellung unter Berücksichtigung aller Wärmepumpen-Technologien und Wärmequellen bis 2040 wie folgt an:

Tab. 12: Strombedarf für Wärmepumpen zentral & dezentral 2030 / 2040

Technologie	Strombedarf 2030 [GWh/a]	Strombedarf 2040 [GWh/a]
Wärmepumpen (Außenluft)	89	135
Wärmepumpen (effizientere Quelle)	20	68
Summe:	109	203

Die Transformation der Energieerzeugung sorgt im Zielszenario für eine Reduktion der Treibhausgasemissionen. Dabei spielt die Transformation des deutschen Strommixes eine entscheidende Rolle (vgl. Kap. 4.16).

Insgesamt kann im Zielszenario bis zum Jahr 2030 eine Reduktion der jährlichen THG-Emissionen von rund 184.300 Tonnen CO₂Äqu./a, bis zum Jahr 2040 von 348.300 Tonnen CO₂Äqu./a erreicht werden. Das entspricht einer **Reduktion von 40,7 % bis 2030 und 76,8 % bis 2040**.

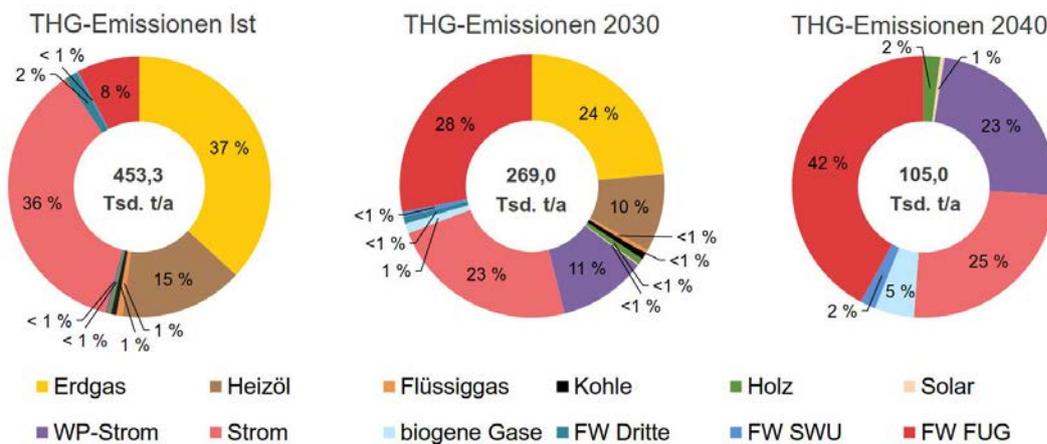


Abb. 53: Entwicklung THG-Emissionen nach Energieträger bis 2040

6 Maßnahmenkatalog

6.1 Begriffe und Definitionen

- Aufbau eines Wärmenetzes: Netzneubau und Anschluss von Gebäuden.
- Nachverdichtung des Bestandsnetzes: Anschluss zusätzlicher Gebäude in einem Gebiet, in dem bereits ein Wärmenetz vorhanden ist.
- Erweiterung des Bestandsnetzes: Vergrößerung eines bereits bestehenden Wärmenetzes und Ausweitung in ein neues, bisher nicht versorgtes Gebiet.
- Transformation der Wärmezeugung: Prozess der Umstellung von fossilen Energien innerhalb der Wärmeerzeugung auf klimaneutrale / klimagerechte Energieträger
- iQK – Integriertes Quartierskonzept:
 - von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) gefördertes Klimaschutzkonzept in einem abgegrenzten Bereich (Quartier)
 - Besonderheit: Integration aller relevanten Akteure (inkl. Öffentlichkeit) und von Querschnittsthemen wie Klimafolgenanpassung oder Mobilität
 - Bei Quartierskonzepten muss ein Handlungsfeld die Entwicklung einer Kommunikationsstrategie sein, um die Bevölkerung einzubeziehen bzw. zu beraten
- Sanierungsmanagement, Sanierungsmanager:
 - von der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) geförderte Stelle
 - Zuständig für die Betreuung der Umsetzung eines iQKs und weiterer Klimaschutzmaßnahmen
- Fernwärme-Eignungs- und -Fokusgebiete
 - Aus heutiger Sicht für die Fernwärmeversorgung (zumindest teilweise) geeignete Gebiete. Diese sollen im Rahmen der Umsetzung des KWP unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen auf ihre reale Eignung und eine technische Machbarkeit hin näher untersucht werden.
 - Fokusgebiete haben dabei eine höhere Priorität / Relevanz

6.2 Übergeordnete Maßnahmen

6.2.1 Netzwerkbildung

Zielsetzung

Für die Umsetzung des Wärmeplans und das Erreichen der klimaneutralen Wärmeversorgung Ulms gilt es, die relevanten Akteure intensiv, frühzeitig und bedarfsgerecht einzubinden. Dadurch sollen eine dynamische Vernetzung und situationsbezogene Koordination für die Umsetzung von Maßnahmen ermöglicht werden.

Maßnahmen höchster Priorität

Übergeordnet Stadt 1	Gründung „Umsetzungsteam Wärmeversorgung“
	Aufgaben und Ziele des Teams sind die Realisierung von Maßnahmen der kommunalen Wärmeplanung und -transformation voranzutreiben, die Entwicklung des Wärmesektors einem Monitoring zu unterziehen und die kommunale Wärmeplanung strategisch und konzeptionell fortzuführen.
	Akteure / Initiatoren: SWU, FUG, SUB, Li, GM, VGV, (EBU, Experten und externe Gäste)
	Zeitraum: Ab sofort, bis zur nächsten KWP-Aktualisierung (2030)
	Kosten: Arbeitsstunden der Akteure
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, laufendes Tagesgeschäft sorgt bereits für hohe Auslastung
Auswirkungen auf: Unterstützt alle Maßnahmen, die sowohl die Verwaltung als auch die EVUs betrifft durch übergeordnete Organisation	

Maßnahmen hoher Priorität

- Unterstützung des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistung, Industrie (GHDI) bei Lösungen zur Ausschöpfung von Einsparpotenzialen oder Synergien zusammen mit den Versorgern und anderen Akteuren
- Netzwerkbildung lokaler Berater, Planer, Handwerker mit gemeinsamem Standard für Beratung und Sanierung, z. B. bestehend aus:
 - IHK
 - Kreishandwerkerschaft
 - Innungssitzungen Heizung/Sanitär
- Universität bei der Entwicklung und Umsetzung eigener Konzepte unterstützen

6.2.2 Beratung, Förderung und Organisation

Zielsetzung

Ziel ist es die Akteure, Interessensgruppen und die Bevölkerung in die Wärmewende einzubeziehen und sie durch Beratung, Förderung und Organisation bei der Maßnahmenumsetzung zu unterstützen. Dabei sollen durch aktives Vorgehen und Sensibilisierung Hemmnisse verringert und Vorbehalte gegen ehrgeizige Sanierung, Wärmenetze, Windparks etc. abgebaut werden.

Maßnahmen höchster Priorität

Innovative Konzepte im Bereich dezentrale Versorgung und kleine Netze	
Beratung 1	Beratung und Unterstützung durch die Stadt mit Fördermöglichkeiten und Organisation, speziell für innovative Konzepte zur Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen (in Kombination mit z. B. Eisspeicher oder PVT) im Eignungsgebiet „dezentrale Versorgung und kleine Netze“ sowohl finanziell bei der Umsetzung als auch in Form von Beratung des Handwerks durch Information und Qualifizierung.
	Akteure / Initiatoren: SUB, (Sanierungsmanagement), SWU, REA, ggfs. externe Berater, regionales Handwerk
	Zeitraum: Ab 2024, fortlaufend
	Kosten: Laufende Personalkosten, ggfs. Kosten für Berater Bereitstellung von Fördermitteln
	Hemmnisse: Hohe Auslastung des regionalen Handwerks
	Auswirkungen auf: Netzwerkbildung lokaler Berater, Planer, Handwerker

Unterstützung Energieversorger bei Machbarkeitsstudien etc.	
Beratung 2	Initiierung von Machbarkeitsstudien / Versorgungskonzepten zur Vertiefung der Potenzialabschätzungen in Abstimmung mit den Energieversorgern. Diese sollen bei der Erstellung der Studien und Konzepte unterstützt werden.
	Akteure / Initiatoren: Sanierungsmanagement, SWU, FUG, SUB, EBU
	Zeitraum: Ab 2024, zunächst bis zur ersten KWP-Aktualisierung 2030
	Kosten: Laufende Personalkosten
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, laufendes Tagesgeschäft sorgt bereits für hohe Auslastung
	Auswirkungen auf: Unterstützt alle Maßnahmen der Energieversorger

Maßnahmen hoher Priorität

- Beratung zu Sanierungsstandards, die über Mindestanforderungen hinausgehen
- Förderung von ehrgeizigen Maßnahmen- und Umsetzungsvorschlägen (siehe auch Maßnahmen in „Dezentrale Versorgung und kleine Netze“)

Weitere Maßnahmen

- Verkürzung und Begleitung des Prozesses von der Erstberatung bis zur Umsetzung von Maßnahmen

6.2.3 Sanierung und Gebäude

Zielsetzung

Aus dem abgestimmten Zielszenario für das Handlungsfeld Gebäude ergeben sich folgende Ziele für die Maßnahmen:

- Erhöhung der Sanierungsrate auf 1,5 %/a für Wohn- und Nichtwohngebäude mit ehrgeizigen Qualitätsvorgaben analog zum Förderstandard KfW-EffH-55
- Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger
- ehrgeizige energetische Neubaustandards und klimaneutrale Neubaugebiete
- klimagerechte Umgestaltung der kommunalen Liegenschaften

Kommunale Gebäude – Maßnahmen höchster Priorität

Klimaneutrale städtische Liegenschaften	
Sanierung 1	Untersuchung städtischer Liegenschaften auf Möglichkeiten der klimaneutralen Gestaltung der Wärmeversorgung und Erstellung von Sanierungsfahrplänen der städtischen Gebäude als Grundlage für die Sanierungstätigkeiten bis 2040.
	Akteure / Initiatoren: SUB, GM, externe Ingenieurbüros zur Erstellung der Sanierungsfahrpläne
	Zeitraum: Bereits gestartet, sukzessive bis 2040
	Kosten: Laufende, interne Personalkosten; externe Kosten für Erstellung der Sanierungsfahrpläne (förderfähig als BAFA-vor-Ort-Beratung)
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, laufendes Tagesgeschäft sorgt bereits für hohe Auslastung; fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: –

städtische Liegenschaften als Keimzellen von Inselnetzen	
Sanierung 2	Untersuchung städtischer Liegenschaften auf die Nutzung bestehender Heizanlagen als Keimzellen für Wärmenetze der SWU oder zusätzliche kleinere Wärmenetze / Inselnetze / „Wärmeinseln“ im Eignungsgebiet „dezentrale Versorgung und kleine Netze“.
	Akteure / Initiatoren: SUB, GM, SWU, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Ab 2024, bis spätestens 2030
	Kosten: Interne Personalkosten, ggfs. Kosten für externe Berater
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, laufendes Tagesgeschäft sorgt bereits für hohe Auslastung; fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: Ggfs. Ermöglichung / Unterstützung von projektbezogenen Maßnahmen der SWU

Nichtwohngebäude – Maßnahmen hoher Priorität

Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle „Sanierungsmanagement“ für den Gewerbe- und Industriebereich, sowie für den Wohnsektor (siehe unten) zur übergeordneten Organisation und Zusammenführung aller Maßnahmen; Einrichtung der Stelle einer Sanierungsmanager:in (Vollzeit). Förderfähig durch KfW-Programm 432 Energetische Stadtsanierung B. Folgende Tätigkeiten fallen in den Aufgabenbereich der Sanierungsmanager:in.

- Begleitung der Erstellung von Energiekonzepten im Gewerbebereich
- Hauptansprechpartner für Industrie und Gewerbetreibende innerhalb der Stadtverwaltung

Nichtwohngebäude – Weitere Maßnahmen

- Unterstützung der Unternehmen bei der Prüfung der Nutzung von Abwärme aus den Industriegebieten/großen Wärmerezeugern.
- Unterstützung bei Betriebsoptimierungen, Technisches Monitoring zur Qualitätssicherung nach größeren Sanierungs- oder Neubauvorhaben analog zu den Vorgaben des Landes BW

Wohngebäude – Maßnahmen hoher Priorität

Einrichtung einer zentralen Koordinierungsstelle „Sanierungsmanagement“ für den Wohnsektor sowie für den Gewerbe- und Industriebereich (siehe oben) zur übergeordneten Organisation und Zusammenführung aller Maßnahmen; Einrichtung der Stelle einer Sanierungsmanager:in (Vollzeit). Förderfähig durch KfW-Programm 432 Energetische Stadtsanierung B. Folgende Tätigkeiten fallen in den Aufgabenbereich der Sanierungsmanager:in.

- Begleitung der Erstellung von Quartierskonzepten im Wohngebäudebereich

- Hauptansprechpartner für Öffentlichkeit innerhalb der Stadtverwaltung
- Durchführung von Öffentlichkeitsarbeit bei Quartierskonzepten

Wohngebäude – Weitere Maßnahmen

- Bewerbung von staatlich geförderten Sanierungsfahrplänen mit ehrgeizigen Zielen als langfristiges Konzept für Eigentümer (siehe auch Netzwerkbildung lokaler Berater, Planer, Handwerker)
- Unterstützung der städtischen Wohnungsbaugesellschaft bei "best-practice" Pilotprojekten.

6.2.4 Dezentrale Versorgung und kleine Netze

Zielsetzung

Ziel ist die Unterstützung und Begleitung der Transformation der Wärmeerzeugung in Gebieten, die im Zielszenario nicht durch eine klimaneutrale Fernwärme versorgt werden können. Es gilt die Gebäude u. a. durch Senkung ihres Wärmebedarfs und der in ihren Heizungen benötigten Vorlauftemperaturen auf die Versorgung durch erneuerbare Energien oder Niedertemperatur-Wärmenetze vorzubereiten.

Hierzu gehören folgende Bereiche:

- Schwerpunktgebiete bezüglich Bedarfssenkung durch Betriebsoptimierung und Modernisierung
- Umstellung der Wärmeerzeuger auf möglichst effiziente und klimaneutrale Systeme
- Ausbau der lokalen Nutzung von Solarenergie zur Wärme- und Stromerzeugung

Maßnahmen höchster Priorität

integrierte Quartierskonzepte / Energiekonzepte	
Dezentral 1	Sukzessive Erstellung von Quartierskonzepten / Energiekonzepten zur Nutzung von Umweltwärme und Erhöhung der Sanierungsrate in Gebieten „dezentraler Versorgung und kleine Netze“.
	Akteure / Initiatoren: SUB, SWU, externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Ab 2025, sukzessive, zunächst bis zur ersten KWP-Aktualisierung 2030
	Kosten: Interne Personalkosten, ggfs. Kosten für externe Berater
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, laufendes Tagesgeschäft sorgt bereits für hohe Auslastung; fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: Maßnahme „Beratung 1“

Weitere Maßnahmen

- Festlegung von Sanierungsgebieten, (Möglichkeit gezielter Förderungen)
- Realisierung von „kleinen Netzen“ in Form von:
 - lokalen „Wärmeinseln“ (Wärmeverbund in einer Liegenschaft oder direkt benachbarter Gebäude)
 - oder „kalter Nahwärme“ (Verteilung von lokaler Umweltwärme auf niedrigem Temperaturniveau mit dezentralen Wärmepumpen pro Abnehmer).

6.3 Maßnahmen der SWU

6.3.1 Allgemeine Maßnahmen SWU

Zielsetzung

Ziel der Maßnahmen sind die Nachverdichtung, Erweiterung und Transformation der Bestandsnetze der SWU sowie die Realisierung neuer Wärmenetze in den umliegenden Stadtteilen. In Abstimmung mit den SWU wurden dazu geeignete Gebiete nach Baublöcken identifiziert und im Zielszenario anzunehmende Deckungsanteile der Fernwärme festgelegt. Der Energieträgermix pro Eignungsgebiet beruht auf den identifizierten Potenzialen und wurde in enger Abstimmung mit den SWU gebietsscharf festgelegt. Dabei wurden auch die Wasserstoff-Ziele der SWU berücksichtigt.

Maßnahmen höchster Priorität

Beschleunigung und Ermöglichung der Wasserstoffnutzung	
Allgemein SWU 1	Derzeit prüf die Stadtwerke Ulm / Neu-Ulm Netze GmbH die Wasserstoff-Verträglichkeit ihrer Gasnetze und den dazugehörigen Anlagen. Geplant ist, das gesamte Gasnetz bis 2040 "H2-ready" auszugestalten.
	Akteure / Initiatoren: SWU, ggfs. Ingenieurbüros
	Zeitraum: Maßnahme bereits gestartet, laufend, bis 2040
	Kosten: Personalkosten, ggfs. externe Beraterkosten
	Hemmnisse: Technische und finanzielle Herausforderungen; bestehende rechtliche Unsicherheiten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: Wichtige Grundlage für die Beratung und Förderung von Maßnahmen im Industriebereich

Transformationsplan SWU-Netze	
Allgemein SWU 1	Der Transformationsplan nach dem Bundesgesetz für effiziente Wärmenetze (BEW) ist ein wichtiges Instrument für die strukturierte Transformation der Wärmeerzeugung der Wärmenetze der SWU hin zur Klimaneutralität. Er baut auf den Ergebnissen des KWPs auf und zeigt einen Umsetzungspfad für die Zielsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung auf. Bei dem Transformationsplan handelt es sich um ein wachsendes, lebendiges Dokument, das laufend weiterentwickelt wird.
	Akteure / Initiatoren: SWU, ggfs. Ingenieurbüros
	Zeitraum: Erstellung bereits gestartet, laufende Fortführung
	Kosten: Für Aufstellung ggfs. Zusatzkosten durch externe Berater, danach laufende Kosten für Anpassungen
	Hemmnisse: fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: Alle projektbezogenen Maßnahmen der SWU

6.3.2 Projektbezogene Maßnahmen SWU

Eignungsgebiet Lehle & Lettenwald (Böfingen)	
SWU-Lehle&Lettenwald	<p>Aus dem Stadtteil Böfingen sind im Bereich der zwei aneinander angrenzenden Gebiete Lehle und Lettenwald bereits Wärmebedarfsanfragen vorhanden. Mehrere technische Herausforderungen wie z. B. Fernwärmenetz, Erzeugungskapazität, Standort Energiezentrale u. a. sind zu berücksichtigen. Um mit Fernwärme eine maximale CO₂-Einsparung und/oder Klimaneutralität zu erreichen, sind umfassende Betrachtungen anzustellen. Das Gebiet und die bestehenden Technologien sollen ganzheitlich betrachtet und ein sinnvoller Vorschlag für eine zukünftige Wärmeversorgung erarbeitet werden, der dann in der kommunalen Wärmeplanung konkret berücksichtigt werden kann. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung Wärmeversorgungskonzept • Nachverdichtung Bestandsnetz und Erweiterung des Bestandsnetzes in angrenzende, neu zu erschließende Gebiete • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Abwasserwärmenutzung nach Klärwerk, Herausforderungen durch Querung der Donau, große Entfernungen und viele Höhenmeter ○ Flusswassernutzung der Donau ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie
	Akteure / Initiatoren: SWU, Zweckverband Steinhäule
	Zeitraum: Ab sofort bis 2030
	Kosten: Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Wärmenetz / Heizanlagen
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Gebäudeeigentümer:innen
	Auswirkungen auf: –

Eignungs- und Fokusgebiet Wiblingen-Mitte	
SWU-Wiblingen-Mitte	<p>Im Bereich Alt-Wiblingen ergab die Potenzialanalyse ein theoretisches Potenzial für die Fernwärmeversorgung der Bestandsbebauung. Gleich neben dieser soll ein Neubaugebiet entstehen. Beide können aufgrund der erschöpften Leitungskapazitäten nicht über das Fernwärmenetz der FUG versorgt werden. Hier soll die Machbarkeit einer klimaneutralen Fernwärmeversorgung durch die SWU untersucht werden. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Machbarkeit, Konzeption und Realisierung eines neuen Wärmenetzes im bestehenden Wohngebiet und des angrenzenden Neubaugebietes • Durchführung einer Interessensabfrage in Alt-Wiblingen zur Überprüfung der Bereitschaft und frühzeitigen Ankündigung der Fernwärmeversorgung

SWU-Unter dem Hart	<ul style="list-style-type: none"> • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Abwasserwärmenutzung unter Berücksichtigung der nötigen Abwassertemperatur für das Klärwerk ○ Flusswassernutzung der Iller ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie
	Akteure / Initiatoren: SWU, EBU
	Zeitraum: Bis 2030
	Kosten: Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Wärmenetz / Heizanlagen
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Gebäudeeigentümer:innen
	Auswirkungen auf: –

SWU-Unter dem Hart	Eignungs- und Fokusgebiet Unter dem Hart (Jungingen)
	<p>Die Bauabschnitte 2 + 3 des Neubaugebietes „Unter dem Hart“ sind bereits mit Wärmenetzleitungen erschlossen. Die Herausforderung liegt in der Transformation der bestehenden Fernwärmeversorgung des Bauabschnittes 1, um eine klimaneutrale Versorgung des gesamten Quartiers zu erreichen. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung von Machbarkeit, Konzeption und Realisierung einer neuen klimaneutralen Wärmezeugung • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie
	Akteure / Initiatoren: SWU, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Maßnahme bereits gestartet, bis 2030
	Kosten: Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Heizanlagen
	Hemmnisse: Zu geringe (wirtschaftlich erschließbare) lokale Potenziale, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
Auswirkungen auf:	

Eignungs- und Fokusegebiet Wengenholz (Lehr)	
SWU-Wengenholz	<p>Die bereits existierende Wärmeversorgung im Gebiet Wengenholz soll mittelfristig in das östlich angrenzende Neubaugebiet „Hinter der Schmiede“ ausgeweitet werden. Langfristig soll untersucht werden, ob auch die nördlich und östlich angrenzenden Bestandsgebiete in die Fernwärmeversorgung der SWU mitaufgenommen werden können. Weiterhin gilt es, bestehenden Wärmeerzeugung zu transformieren. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Machbarkeit, Konzeption und Realisierung eines neuen Wärmenetzes mit klimaneutraler Wärmeerzeugung im angrenzenden Neubaugebiet und im bestehenden Wohngebiet • Interessensabfrage im Bestandsgebiet zur Überprüfung der Bereitschaft; frühzeitige Ankündigung der Fernwärmeversorgung • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie
	Akteure / Initiatoren: SWU, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Neubaugebiet zeitnah, bis 2030 Bestandsgebiet bis 2040
	Kosten: Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Heizanlagen und Wärmenetz
	Hemmnisse: Unwirtschaftlichkeit für die Bestandserweiterung durch zu geringe Wärmedichte / Bereitschaft / erreichbare Anschlussquote im Bestandsgebiet, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: –

Eignungsgebiet Ochsensteige (Eselsberg)	
SWU-Ochsensteige	<p>Das Gebiet Ochsensteige wird bereits vollständig über ein Wärmenetz der SWU versorgt. Die Hauptaufgabe liegt in der Transformation der bestehenden Wärmeerzeugung hin zur Klimaneutralität. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Machbarkeit, Konzeption und Realisierung einer neuen klimaneutralen Wärmeerzeugung • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Luft-Wasser-Großwärmepumpe ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie
	Akteure / Initiatoren: SWU, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Konzepterstellung bis 2030
	Kosten: Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Heizanlagen

Hemmnisse:	Zu geringe (wirtschaftlich erschließbare) lokale Potenziale, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
Auswirkungen auf:	–

Eignungs- und Fokusgebiet Lindenhöhe (Weststadt)	
SWU-Lindenhöhe	Das bereits existierende Wärmenetz der SWU im Bereich Lindenhöhe könnte in ein zukünftig angrenzendes Neubaugebiet und mittelfristig auch in das nordöstlich gelegene Bestandsgebiet erweitert werden. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen: <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Machbarkeit, Konzeption und Realisierung der Ausweitung des bestehenden Wärmenetzes in das Neubau- und Bestandsgebiet • Interessensabfrage im Bestandsgebiet zur Überprüfung der Bereitschaft; frühzeitige Ankündigung der Fernwärmeversorgung • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Luft-Wasser-Großwärmepumpe ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie
	Akteure / Initiatoren: SWU, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Im ersten Schritt für das Neubaugebiet zeitnah, bis 2030, im zweiten Schritt Erweiterung auf Bestandsgebiet bis 2040
	Kosten: Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Wärmenetz / Heizanlagen
	Hemmnisse: Unwirtschaftlichkeit durch zu geringe Wärmedichte / Bereitschaft / erreichbare Anschlussquote im Bestandsgebiet, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: –

Eignungs- und Fokusgebiet Einsingen	
SWU-Einsingen	Gleich mehrere Neubaugebiete sollen im Stadtteil Einsingen entstehen (Eschle BA1, Bei den Morgen II Ost und West). Gemeinsam mit dem dazwischenliegenden Bestandsgebiet, das bereits über ein Wärmenetz der SWU versorgt wird, kann ein größeres Versorgungsgebiet geschaffen werden. Dafür wird Folgendes vorgeschlagen: <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Machbarkeit, Konzeption und Realisierung der Ausweitung des bestehenden Wärmenetzes in die Neubaugebiete • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Geothermie (zentral) ○ Abwasserwärmenutzung unter Berücksichtigung der nötigen Abwassertemperatur für das Klärwerk. ○ Freiflächen-Solarthermie / -PVT-Kollektoren evtl. in Kombination mit Geothermie / Agrothermie

Akteure / Initiatoren:	SWU, ggfs. externe Ingenieurbüros
Zeitraum:	Erster Schritt im südöstlichen Teil von Einsingen zeitnah bis 2030, ggfs. Erweiterung auf den südwestlichen Teil bis 2040
Kosten:	Personalkosten, externe Beraterkosten für Erstellung der Machbarkeitsstudien, Baukosten Wärmenetz / Heizanlagen
Hemmnisse:	Unwirtschaftlichkeit durch zu geringe Wärmedichte / Bereitschaft / erreichbare Anschlussquote im Bestandsgebiet, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
Auswirkungen auf:	–

SWU-Beim Brückle	Eignungs- und Fokusgebiet „Beim Brückle“ (Donaustetten)	
	Für das Projekt „Beim Brückle“ soll die aktuelle Anlagenplanung für das Neubaugebiet mit der Einbindung eines angrenzenden Bestandsgebietes überarbeitet werden. Das Ziel ist, durch umfassende Akquise im Bestandsgebiet ausreichende Anschlussquoten für die Fernwärmenetzerweiterung über das Neubaugebiet hinaus zu erreichen. Die Erfahrungen aus diesem Projekt sollen als Referenzerkenntnisse für die weitere kommunale Wärmeplanung und -transformation dienen.	
	Akteure / Initiatoren:	SWU
	Zeitraum:	Maßnahme bereits gestartet, laufend, bis 2030
	Kosten:	Laufend, Personalkosten, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Hemmnisse:	Unwirtschaftlichkeit durch zu geringe Bereitschaft / erreichbare Anschlussquote im Bestandsgebiet, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
Auswirkungen auf:	–	

6.4 Maßnahmen der FUG

6.4.1 Allgemeine Maßnahmen FUG

Zielsetzung

Ziel der Maßnahmen sind die Nachverdichtung, Erweiterung und Transformation der Bestandsnetze der FUG. In Abstimmung mit der FUG wurden dazu geeignete Gebiete nach Baublöcken identifiziert und im Zielszenario anzunehmende Deckungsanteile der Fernwärme festgelegt. Der zukünftige Energieträgermix der Fernwärme wurde in enger Abstimmung mit der FUG gebietsscharf festgelegt.

Maßnahmen höchster Priorität

Transformationsplan FUG-Netze	
Allgemein FUG 1	Der Transformationsplan nach dem Bundesgesetz für effiziente Wärmenetze (BEW) ist ein wichtiges Instrument für die strukturierte Transformation der Wärmeerzeugung der Wärmenetze der FUG hin zur Klimaneutralität. Er baut auf den Ergebnissen des KWPs auf und zeigt einen Umsetzungsweg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung auf. Bei dem Transformationsplan handelt es sich um ein wachsendes, lebendiges Dokument, das laufend weiterentwickelt wird.
	Akteure / Initiatoren: FUG
	Zeitraum: Erstellung bereits gestartet, laufende Fortführung
	Kosten: Für Aufstellung ggfs. Zusatzkosten durch externe Berater, danach laufende Kosten für Anpassungen
	Hemmnisse: fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: Alle projektbezogenen Maßnahmen der FUG

Vorbereitende Maßnahmen der Transformation der Fernwärmeerzeugung	
Allgemein FUG 2	<p>Die Fernwärme der FUG besteht bereits zu rund zwei Dritteln aus regenerativen Energien, um auch das restliche Drittel zukünftig erneuerbar zu decken, benötigt es einiger zusätzlicher Anstrengungen. Die Herausforderungen bestehen z. B. in den hohen Netztemperaturen (im Schnitt etwa 100 °C), die eine Einbindung erneuerbarer Energien erschwert oder in der Tatsache, dass die Holz- und Müllheizkraftanlagen typischerweise recht unflexibel in ihrer Regelfähigkeit sind. Zur Vorbereitung und Planung der Transformation wird Folgendes vorgeschlagen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abschluss der bereits laufenden Dampfnetzumstellung zur Verringerung der Vorlauftemperaturen • Weitere Prüfung von Möglichkeiten der Temperaturabsenkungen in einzelnen Netzgebieten / -abschnitten • Vollzug des bereits länger geplanten Kohleausstiegs bis 2024, er wurde durch die Änderungen des Energiesicherungsgesetzes im Jahr 2022 verzögert • Erhöhung der Flexibilität von Holz- und Müllheizkraftanlagen • Vorschlag Machbarkeitsstudien zur Nutzung von Umweltwärme: <ul style="list-style-type: none"> ○ Abwasserwärmenutzung im Kanal ○ Flusswassernutzung der Blau ○ Abwärme aus Industrieprozessen / großen Wärmeerzeugern
	Akteure / Initiatoren: FUG, EBU, Betriebe Donautal, ggfs. Ingenieurbüros
	Zeitraum: teilweise bereits gestartet / geplant, bis 2027
	Kosten: Personalkosten, Beraterkosten, Baukosten Wärmespeicher
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig
	Auswirkungen auf: Alle projektbezogenen Maßnahmen der SWU

Bau eines Wärmespeichers zur Flexibilitätserhöhung	
Allgemein FUG 2	<p>Um die Flexibilität der Holz- und Müllheizkraftanlagen zu erhöhen, muss das Speichervolumen der Fernwärme erhöht werden. Dafür soll der Bau eines Wärmespeichers mit einem Volumen von 37.000 m³ im Jahr 2026/2027 erfolgen. Dieser 2-Zonen-Speicher soll die Laufzeit der Holz- und Müllheizkraftanlagen erhöhen und die weitere Einbindung von erneuerbaren Energien begünstigen. Dadurch sollen etwa 25 % der bisher entstehenden CO₂-Emissionen der Fernwärme verringert werden.</p>
	Akteure / Initiatoren: FUG, ggfs. Ingenieurbüros
	Zeitraum: Konzeption fertig, Planung bereits gestartet, Bau bis 2027
	Kosten: Personalkosten, Beraterkosten, Baukosten Wärmespeicher
	Hemmnisse: Verfügbarkeit von Planer- und Handwerkskapazitäten sowie von Rohstoffen können die Bauzeit verzögern / den Bau verteuern.
	Auswirkungen auf: Zugleich Vorbereitung für Transformation

6.4.2 Projektbezogene Maßnahmen FUG

Netzverdichtung im Science-Park III	
FUG-Science Park III	Die Erweiterung der Wissenschaftsstadt Science-Park-III befindet sich in der Entwicklung; es soll ein durch die Fernwärme der FUG versorgtes innovatives Quartier entstehen. Dabei soll die Anschlussquote sukzessive erhöht werden. Einige der dort entstehenden Liegenschaften haben Abwärmepotenziale, die auf Nutzbarkeit innerhalb der Fernwärme untersucht werden sollten.
	Akteure / Initiatoren: FUG, ansässige Unternehmen
	Zeitraum: Maßnahme bereits gestartet, laufend, bis 2040
	Kosten: Laufend, Personalkosten, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Unternehmen
	Auswirkungen auf: –

Netzausbau Oberer Eselsberg, Mähringer Weg, Stifterweg	
FUG-Oberer Eselsberg	Im Bereich Oberer Eselsberg, Mähringer Weg und Stifterweg gibt es einige Anfragen bezüglich eines Fernwärmeanschlusses größerer Liegenschaften, auch sind dort einige Neubaugebiete geplant. Für die Möglichkeit des Anschlusses dieser Gebiete an die Fernwärme sollen Machbarkeitsstudien entwickelt werden. Ziel ist es, die Anschlussquote sukzessive zu steigern und so eine klimaneutrale Versorgung über die Fernwärme der FUG zu ermöglichen.
	Akteure / Initiatoren: FUG, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Maßnahme bereits gestartet, laufend, bis 2040
	Kosten: Laufend, Personalkosten, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Gebäudeeigentümer:innen
	Auswirkungen auf: –

Netzausbau Stockmahl	
FUG-Stockmahl	Im Bereich der Ulmer Messe sollen neue Wohneinheiten entstehen, die ggfs. an die Fernwärme der FUG angeschlossen werden. Die sich zwischen dem Fernwärmenetz in der Oststadt und dem Messegelände befindlichen Gebäude sollen bei diesen Überlegungen miteinbezogen werden. Dazu sollte eine Machbarkeitsstudie mit Energieversorgungskonzept erstellt werden.
	Akteure / Initiatoren: FUG, ggfs. externe Ingenieurbüros

Zeitraum:	Im ersten Schritt bis 2030, je nach Zeitpunkt der Bebauung bis 2040
Kosten:	Laufend, Personalkosten, ggfs. externe Ingenieurbüros
Hemmnisse:	Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Gebäudeeigentümer:innen
Auswirkungen auf:	–

FUG-Am Safranberg	Netzverdichtung Am Safranberg
	Im Bereich des Safranberges gibt es Nachverdichtungspotenzial für die Fernwärme der FUG. Hier sollten im Rahmen einer Machbarkeitsstudie und Interessensabfrage das Potenzial und die Möglichkeiten einer Versorgung näher beleuchtet werden.
	Akteure / Initiatoren: FUG, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Bis 2040
	Kosten: Laufend, Personalkosten, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Gebäudeeigentümer:innen
Auswirkungen auf:	–

FUG-Donautal	Netzverdichtung Industriegebiet Donautal
	Im der Donau zugewandten Teil und ganz im Norden des Gewerbe- und Industriegebietes Donautal gibt es Nachverdichtungspotenzial für die Fernwärmeversorgung der FUG. Einige im Donautal ansässige Unternehmen sind laut Fragebogenrückmeldungen (vgl. Kap. 4.12) an der Auskopplung von Abwärme in das Fernwärmenetz interessiert und könnten einen Beitrag zur Transformation der Fernwärmeerzeugung der FUG leisten.
	Dazu sollen eine Machbarkeitsstudien zum Thema Nachverdichtung und Abwärmennutzung erstellt werden. Die ersten Gespräche mit den ansässigen Unternehmen wurden bereits von der FUG geführt.
	Akteure / Initiatoren: FUG, ansässige Unternehmen / Betriebe, ggfs. externe Ingenieurbüros
	Zeitraum: Maßnahme bereits gestartet, bis 2030
	Kosten: Personalkosten, ggfs. externe Ingenieurbüros
Hemmnisse: Personelle Kapazitäten, fehlende Kapazitäten bei externen Büros, langfristige Anfrage notwendig, fehlendes Interesse / Bereitschaft innerhalb der Gebäudeeigentümer:innen	
Auswirkungen auf:	–

7 Monitoring und Controlling

Wesentliches Instrument des Monitorings und Controllings für die Umsetzung der Maßnahmen der Kommunalen Wärmeplanung ist die regelmäßige Erstellung einer Energie- und Treibhausgasbilanz, an der die zusammengefassten Effekte der fortlaufenden Umsetzung ablesbar sind (Top-Down). Gleichzeitig können für liegenschafts- oder quartiersbezogene Maßnahmen, z. B. im Rahmen von integrierten Quartierskonzepten zur energetischen Stadtentwicklung (KfW-Programm 432), genauere und spezifische Daten erhoben und Effekte lokal dokumentiert werden (Bottom-Up). Wegen der unterschiedlichen Voraussetzungen und Annahmen der beiden Methoden führen sie nicht in allen Fällen zu den gleichen Ergebnissen, hier bietet die Entwicklung der jeweiligen Daten die Erfolgskontrolle der Maßnahmen.

Für das kontinuierliche Monitoring der angestrebten Transformation der Wärmenutzung können nicht die gleichen Datenquellen genutzt werden, die für die Erstellung der kommunalen Wärmeplanung zur Verfügung standen. Zum einen fehlen dafür die gesetzlichen Grundlagen, zum anderen wäre der Bearbeitungsaufwand beim derzeitigen Stand der Systematisierung in Baden-Württemberg unverhältnismäßig hoch. Im weiteren Verlauf der Wärmewende und den bereits eingeleiteten Prozessen auf Landesebene ist zu hoffen, dass sich diese Situation in den nächsten Jahren zu mehr Vereinheitlichung und leichter Zugänglichkeit geeigneter Datenquellen verbessert.

Eine mögliche Vorgehensweise für das Monitoring und Controlling

Die FUG und SWU als wesentliche Akteure der Energiewende und lokale Netzbetreiber können in Zusammenarbeit mit der Hauptabteilung VGV; Abteilung Vermessung (GIS-Daten) regelmäßig folgende aggregierte Daten zur Bereinigung und Bewertung zur Verfügung stellen:

- Fernwärme-, Gas-, und Stromlieferungen an Wohngebäude, kommunale Gebäude, andere öffentliche Gebäude (Land, Bund) und Sonstige
- Anzahl der realisierten Anschlüsse an Wärmenetze seit letzter Auswertung
- Anzahl der Gebäude mit Wärmepumpenstromtarif seit letzter Auswertung
- Aktuelle Anteile FW / Wärmepumpen pro Versorgungsgebiet

Zusätzlich können folgende öffentliche Datenquellen für Kennzahlen verwendet werden:

- Abfrage von stromerzeugenden Anlagen über das Marktstammdatenregister⁸ (MaStR) der Bundesnetzagentur mit folgenden Angaben:
 - Jahr der Inbetriebnahme
 - Leistung

⁸ [MaStR \(marktstammdatenregister.de\)](http://marktstammdatenregister.de)

- Art der Anlage (PV-Anlage, Stromspeicher, Blockheizkraftwerk etc.)
- Pro Kehrbezirk aggregierte Statistiken zu Feuerstellen des Landesinnungsverbandes der Schornsteinfeger Baden-Württemberg (z. B. Anzahl von Feuerstätten mit Erdgas und Heizöl). Üblicherweise sind diese Daten dort persönlich abzufragen. Es besteht keine gesetzliche Grundlage oder ein formalisiertes Verfahren dafür. Wegen der Aggregation der Daten sollten jedoch keine datenschutzrechtlichen Bedenken bestehen, allerdings decken sich die Grenzen der Kehrbezirke nicht unbedingt mit den Gemeindegrenzen, sodass eine gewisse Unschärfe entsteht. Auf diesem Weg können jedoch trotzdem Einschätzungen zum Rückgang fossiler Feuerstätten im Stadtgebiet gewonnen werden.

In Zusammenarbeit mit den jeweiligen Akteuren sind für folgende Kennwerte und Maßnahmen geeignete Verfahren für eine Datenerhebung zum Zwecke des Monitorings zu finden:

- Durchgeführte Beratungen zu Modernisierungen im Sektor der privaten Wohngebäude (insbesondere Sanierungsfahrpläne) und ggfs. daraus folgende Umsetzungen, z. B. über REA oder förmliche Sanierungsgebiete und assoziierte Beratungs- und Förderangebote der Stadt.
- Vernetzung mit Betreibern großer Landes- und Bundesliegenschaften im Stadtgebiet mit dem Ziel, die Umsetzung dort bestehender Verpflichtungen zu Energieeinsparung und nachhaltiger Energieversorgung zu verfolgen.
- Anzahl beantragter und durchgeführter Konzepte zu Liegenschaften, Quartieren oder Stadtteilen: Sanierungsfahrpläne für bedeutende Nichtwohngebäude mit fossiler Versorgung oder großen Einsparpotenzialen, integrierte Quartierskonzepte (KfW-Programm 432) oder Machbarkeitsstudien nach dem BEW.

8 LITERATUR

- [2023-01PA-1318] Anlage zur Beratungsunterlage TOP 1b; Sitzung des Planungsausschusses des Regionalverbands Donau-Iller; 21. März 2023; abgerufen am 04.05.2023 auf <https://www.rvdi.de/service/termine-und-sitzungen/detail/sitzung-des-planungsausschusses-am-21-maerz-2023>
- [BMWI-09/2019] Geothermie-Forschung: Oben Acker, unten Kollektor; Doppelacker GmbH im Auftrag des BmWi, Energiewende direkt Ausgabe 09/2019, abgerufen am 25.05.2023 auf <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/Newsletter/2019/09/Meldung/news2.html>
- [ISONG] Informationssysteme Oberflächennahe Geothermie für Baden-Württemberg (ISONG). Online-Kartenmaterial des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LRGB). <https://isong.lgrb-bw.de/> abgerufen am 04.01.2022
- [KEA Geo 2022] Landesweite Ermittlung des Erdwärmesonden-Potenzials für die kommunale Wärmeplanung in Baden-Württemberg; KEA BW et al, Karlsruhe 12/2022
- [KEA TK 2022] Kommunale Wärmeplanung, Einführung in den Technik-katalog und Tabellen; KEA BW, Version 1.0, Stuttgart 3/2022: https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Waermewende/Wissensportal/Kommunale-Waermeplanung-Einfuehrung-in-den-Technikkatalog-Version-1-barrierefrei.pdf (abgerufen 3/2023)
- [KlimaG BW 2023] Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg. Landtag von Baden-Württemberg. Drucksache 17/4015. Februar 2023
- [KSG BW 2022] Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg; Stuttgart 2022: <https://www.kea-bw.de/klimaschutzgesetz> (abgerufen 3/2023)
- [KWP LF 2020] Handlungsleitfaden Kommunale Wärmeplanung; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Stuttgart 12/2020: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/handlungsleitfaden-kommunale-waermeplanung> (abgerufen 3/2023)
- [LUBW DF 2022] Solarpotenzial auf Dachflächen; LUBW: <https://www.energie-atlas-bw.de/sonne/dachflachen/solarpotenzial-auf-dachflachen> (abgerufen 2/2022)
- [LUBW WA 2019] Windatlas Baden-Württemberg; LUBW: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/erneuerbare-energien/karten> (abgerufen 04/2023)

[VDI 3807-2]

Energieverbrauchswerte für Gebäude. Blatt 2. Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte. Hrsg. Verein deutscher Ingenieure Berlin: Beuth, 2014-11.