



Transformationsplan Fernwärmesystem Hauffstraße in Reutlingen

Dezember 2025

Version 2.0

Projektförderung:



Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektträger:



Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle

Verfasst durch:

Darius Klink
FairEnergie GmbH
Hauffstraße 89
72762 Reutlingen

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Änderungsverlauf	4
Abkürzungen	5
1. Aufgabenstellung	7
2. Bestandsaufnahme Fernwärmesystem	8
2.1. Eigentumsverhältnisse Erzeugung und Netze	8
2.2. Projektbeteiligte	8
2.3. Gebietsabgrenzung	10
2.4. Schematische Darstellung Fernwärmesystem	11
2.5. Wärmeerzeugung	12
2.6. Netz	14
2.7. Kundenstationen	18
3. Potenzialanalyse Erneuerbare Energien und Abwärme	19
3.1. Solarthermie	19
3.2. Oberflächengewässer	20
3.3. Abwärme aus dem Klarwasser der Kläranlage	20
3.4. Abwärme aus Abwasserleitung	23
3.5. Tiefengeothermie	24
3.6. Industrielle Abwärme	26
3.7. Biomasse	28
3.8. Zusammenfassung der Potentiale	30
4. Bewertung des zukünftigen Wärme- und Kältebedarfs	31
5. Erzeugerkonzept	37
5.1. Entwicklung Erzeugerpark – aktueller Stand	37
5.2. Randbedingungen	38
5.2.1. Commodity-Preise	38
5.2.2. Verfügbarkeit grüner Gase	38
5.2.3. Klimaneutrale Spitzenlast	38
5.3. Entwicklung Zielerzeugerkonzept	39
6. Netzkonzept und Temperaturabsenkung	46
6.1. Konzept zur Netztemperaturabsenkung	46
6.2. Entwicklung Netzkonzept	48
7. Umsetzungsstrategie und Maßnahmenplan	56
7.1. Maßnahmenpaket E1 – 2026 bis 2029	57
7.2. Weitere Maßnahmenpakete	57
8. Kostenrahmen und Treibhausgasbilanz	59
8.1. Kostenrahmen	59
8.2. Energie- und Treibhausgasbilanz	61

9.	Analyse von Umfeld- und Kontextmaßnahmen	63
9.1.	Digitalisierung	63
9.2.	Optionen für Tarifierungsmodelle	64
9.3.	Abstimmung mit dem Umfeld	66
10.	Fazit.....	67
Abbildungsverzeichnis.....		68
Tabellenverzeichnis.....		69
Literaturverzeichnis		70
Anhang: Maßnahmenbeschreibungen Paket E1/N1		71

Änderungsverlauf

Version	Datum	Kapitel	Art der Änderung	Grund	Autor
1.0	14.01.2025		Ersterstellung		
1.1	08.07.2025	5.3	Präzisierung Erzeugungskonzept	Rückfragen BAFA	
2.0	29.10.2025	Verschiedene	Anpassung Netzkonzept	Bewertung der Prüfgebiete	
2.0	29.07.2026	Verschiedene	Unkenntlichmachung Inhalte nach WPG §32 Abs. 1 S. 4	Novellierung WPG	
2.0	18.09.2026	3.3	Redaktionelle Anpassungen bei Formulierungen	Abstimmung mit SER im Rahmen der Veröffentlichungspflichten	

Die GEF Ingenieur AG wurde mit der Ersterstellung des Transformationsplans für das Reutlinger Fernwärmesystem beauftragt. Im Unternehmensverbund der Stadtwerke Reutlingen Gruppe oblag die Bearbeitung des Transformationsplans bisher der FairNetz GmbH. Im Anschluss an die Fertigstellung der Version 1.0 wurden im Unternehmensverbund organisatorische Anpassungen vorgenommen, sodass die Bearbeitung und die Umsetzung nunmehr in der Verantwortlichkeit der FairEnergie GmbH liegen.

Diejenigen Eignungsgebiete, die im Transformationsplan 1.0 als Prüfgebiete klassifiziert wurden, wurden einer sowohl technischen als auch wirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Prüfgebiete, die sich nur mit negativen Auswirkungen auf die Wärmegestehungskosten und schlussendlich auch auf den Wärmepreis an das Fernwärmenetz anschließen lassen, fließen nicht in die weitere Betrachtung ein. Darüber hinaus wurde der bekannte Planungsstand zum Netzausbau bis zur Erstellung des Transformationsplans 2.0 berücksichtigt.

Die daraus resultierenden Veränderungen bei Wärmebedarf und potentieller Anschlussleistung wurden im Transformationsplan 2.0 berücksichtigt, das Erzeugungskonzept wurde auf Basis dessen überarbeitet.

Im Rahmen der Revision des Maßnahmenplans wurde die neu geschaffene Möglichkeit des BAFA genutzt, innerhalb desselben Wärmenetzes Maßnahmenpakete teilweise zu überlappen. Für die Dekarbonisierung des Erzeugerparks sowie für den Ausbau des Netzes wird es künftig jeweils einen eigenen Maßnahmenplan geben. Entsprechende Anträge werden separat in den verschiedenen Modulen gestellt (insbesondere Modul 1, 2 und 4).

Abkürzungen

<i>AQ</i>	Anschlussquote
<i>AW</i>	Anschlusswert
<i>BAFA</i>	Bundesamt für Wirtschaftsförderung und Ausfuhrkontrolle
<i>BEW</i>	Bundesförderung Effiziente Wärmenetze
<i>BHKW</i>	Blockheizkraftwerk
<i>COP</i>	Coefficient Of Performance
<i>DN</i>	Dimension nominal (Nennweite)
<i>EE</i>	Erneuerbare Energie
<i>EFH</i>	Einfamilienhaus
<i>ENP</i>	Energienutzungsplan
<i>FFH</i>	Flora Fauna Habitat
<i>FW</i>	Fernwärme
<i>GEG</i>	Gebäude-Energie-Gesetz
<i>GHD</i>	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
<i>GW / GWh</i>	Gigawatt / Gigawattstunden
<i>H₂</i>	Wasserstoff
<i>ha</i>	Hektar
<i>HAST</i>	Hausanschlussstation
<i>HKW</i>	Heizkraftwerk
<i>HL</i>	Höchstlast
<i>HSO</i>	Hauptsammler Ost
<i>IoT</i>	Internet of Things
<i>IT</i>	Informationstechnologie
<i>JAZ</i>	Jahresarbeitszahl
<i>K</i>	Kelvin
<i>KEA</i>	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
<i>kW / kWh</i>	Kilowatt / Kilowattstunden
<i>KMR</i>	Kunststoffmantelrohr
<i>KWK</i>	Kraft-Wärme-Kopplung
<i>KWKG</i>	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
<i>LoRaWANTM</i>	Long Range Wide Area Network (Trademark)
<i>LPWAN</i>	Low Power Wider Area Network
<i>LPH</i>	HOAI-Leistungsphasen

<i>MFH</i>	Mehrfamilienhaus
<i>MW / MWh</i>	Megawatt / Megawattstunden
<i>PE</i>	Primärenergie
<i>PN</i>	Pressure nominal (Nenndruck)
<i>PtG</i>	Power-to-Gas
<i>PV</i>	Photovoltaik
<i>S</i>	Standort
<i>TAB</i>	Technische Anschlussbedingungen
<i>TMT</i>	Tagesmitteltemperatur
<i>TRL</i>	Temperatur Rücklauf
<i>TVL</i>	Temperatur Vorlauf
<i>WAD</i>	Wärmeatlas Deutschland
<i>WP</i>	Wärmepumpe
<i>WSP</i>	Wärmespeicher

1. Aufgabenstellung

Die FairEnergie GmbH betreibt in Reutlingen ein ca. 42 km langes Fernwärmenetz (siehe Abbildung 1) und den dazugehörigen Erzeugungspark. Da auch zukünftig dem Wunsch vieler Reutlinger Bürger nach einem Anschluss an die komfortable und saubere Fernwärme nachgekommen werden soll, wurde im Jahr 2024 die Version 1.0 des Transformationsplans gemäß den Anforderungen der BEW erstellt und innerhalb des Bewilligungszeitraums im November 2024 fertiggestellt. Der Transformationsplan 1.0 wurde im Februar 2025 zusammen mit dem Verwendungsnachweis beim BAFA eingereicht und mit dem Festsetzungsbescheid im September 2025 von diesem akzeptiert.



Abbildung 1: Übersicht Fernwärmenetz Reutlingen

Die Erstellung des Transformationsplan 1.0 wurde durch einen Modul-1-Antrag gefördert. Dieser Antrag wurde durch die FairEnergie gestellt, während die Ersterstellung des Transformationsplans durch die FairNetz im Rahmen des zwischen der FairEnergie und der FairNetz bestehenden Dienstleistungsverhältnisses erfolgte. Bei der Erstellung des Transformationsplan 1.0 wurde sie von der GEF Ingenieur AG unterstützt.

In der Zwischenzeit wurden diejenigen Eignungsgebiete, die im Transformationsplan 1.0 als Prüfgebiete klassifiziert wurden, einer technischen und wirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Diejenigen Prüfgebiete, die sich lediglich mit negativen Auswirkungen auf die Wärmegestehungskosten des Gesamtsystems und schließlich auch auf den Wärmepreis an das Fernwärmenetz anschließen lassen, wurden in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt. Des Weiteren wurde die strategische Entscheidung getroffen, den Anteil der

Nachverdichtung im Bestandsnetz zu erhöhen, um eine möglichst effiziente Nutzung der bestehenden Infrastruktur hinsichtlich der Wärmegegostehungskosten zu gewährleisten. Darüber hinaus wurde der Netzausbau seit Beginn der Erstellung des Transformationsplan 1.0 Ende 2022 weiter vorangetrieben, so dass sich mit fortschreitendem Planungsstand Abweichungen von den Annahmen des Transformationsplans 1.0 ergaben.

Diese Anpassungen bzw. Planungen haben zu einer veränderten Prognose der Entwicklung des zukünftigen Wärmebedarfs geführt. Das hat wiederum Auswirkungen auf das ursprüngliche Erzeugungskonzept. Aus diesem Grund wurde die Entscheidung getroffen, den Transformationsplan bereits jetzt fortzuschreiben und eine Version 2.0 zu erstellen, die diese Änderungen berücksichtigt. Die Fortschreibung des Transformationsplans zu Version 2.0 wurde durch die FairEnergie GmbH selbst übernommen.

Die Fortschreibung des Transformationsplan 2.0 wurde gemäß den Vorgaben der Bundesförderung Effiziente Wärmenetze (BEW) erstellt.

2. Bestandsaufnahme Fernwärmesystem

Das Kapitel beschreibt die Unternehmensstruktur der Fernwärmeversorgung im Untersuchungsgebiet, die Struktur des Fernwärmesystems, die Erzeugungsanlagen, das Netz und die Kundenstationen.

2.1. Eigentumsverhältnisse Erzeugung und Netze

Die FairEnergie ist Teil der Unternehmensgruppe Stadtwerke Reutlingen. Die Stadtwerke Reutlingen GmbH erbringt als Holding für ihre verbundenen Unternehmen FairEnergie GmbH, FairNetz GmbH, Kraftwerk Reutlingen-Kirchentellinsfurt GmbH, RSV mbH und RSV Service GmbH zentrale kaufmännische Dienstleistungen. Die Einzelunternehmen sind leistungsstarke Anbieter im Bereich der Energie- und Wasserversorgung sowie des öffentlichen Personennahverkehrs. Darüber hinaus betreiben die Stadtwerke Reutlingen vier Bäder in Reutlingen.

Die Eigentümerstruktur setzt sich wie folgt zusammen: Die Stadtwerke Reutlingen GmbH ist mit 75,1 Prozent Mehrheitsgesellschafter der FairEnergie GmbH, der Beteiligungspartner „EnBW Kommunale Beteiligungen GmbH“ hält 24,9 Prozent.

Die 2015 gegründete FairNetz GmbH gehört ebenso zur Stadtwerke Reutlingen Gruppe und ist ein Tochterunternehmen der FairEnergie GmbH an dieser die FairEnergie zu 98 % beteiligt ist. Die FairNetz GmbH stellt die unbundling-konforme Abwicklung aller Geschäftsprozesse nach dem Energiewirtschaftsgesetz sicher.

2.2. Projektbeteiligte

Schon seit über 150 Jahren versorgt die Stadtwerke Reutlingen Gruppe Menschen mit Energie. Zuerst als Gaswerk, später mit dem Aufbau der Stromversorgung, dann als Stadtwerke mit eigenen Wasserkraftwerken und seit dem Jahr 2000 als FairEnergie. Im Jahr 2015 hat das Wachstum der FairEnergie die regulatorische Grenze überschritten, auf Grund

derer die FairNetz GmbH als eigenständiger Netzbetreiber ausgegründet werden musste. Bis heute ist sich die FairEnergie GmbH ihrer Verantwortung für die Versorgungssicherheit und den Klimaschutz stets bewusst. Deshalb gilt ihr besonderes Engagement dem Ausbau der Erneuerbaren Energien. Die FairEnergie beteiligt sich aber auch aktiv an diversen Forschungsprojekten für innovative Techniken und alternative Methoden der Energiegewinnung. Wir wollen es aber nicht dabei belassen und engagieren uns für die Menschen in Reutlingen und der Region, für alle Kunden und für unsere Energiepartner.

Seit dem Jahr 2015 obliegt der FairNetz im Auftrag der FairEnergie die Betriebsführung des über 42 km langen Reutlinger Fernwärmenetzes. Das Fernwärmenetz wurde in den vergangenen Jahren kontinuierlich erweitert. Darüber hinaus realisiert die FairNetz die Planung und den Bau neuer Anschlüsse an das Fernwärmenetz sowie die Umsetzung neuer Wärmeerzeugungsanlagen für das Fernwärmesystem.

Ab September 2025 obliegt der FairEnergie auch die zukunftsfähige strategische Weiterentwicklung des Netzes sowie des zur Wärmeerzeugung nötigen Anlagenparks und daher auch solchen Vorhaben wie der Erstellung eines Transformationsplans.

Seit dem Jahr 2017 setzt die FairEnergie/FairNetz im Rahmen der Betriebsführung das Programm [REDACTED] der [REDACTED] zur Einsatzoptimierung der Wärmeerzeugung ein, durch die anstehende Transformation der Reutlinger Fernwärme werden bei der Einsatzoptimierung Anpassungen notwendig, die die Unterstützung der Firma Volue Energy GmbH erfordern. Mit dem Programm BoFiT wurde der Transformationsplan nachgebildet und ein möglicher Erzeugereinsatz der erneuerbaren Wärmeerzeugungsoptionen simuliert.

Tabelle 1: Auflistung der Projektbeteiligten

Projektbeteiligter	Rolle
FairEnergie GmbH	Antragsteller, Eigentümer/Betreiber des Wärmenetzes, Erstellung Transformationsplan
FairNetz GmbH	Umsetzung Transformationsplan, Planer, Betriebsführer im Auftrag der FairEnergie
Stadtwerke Reutlingen GmbH	Fördermittelmanagement, Kommunikation & Ansprechpartner Fördermittelgeber
Volue Energy GmbH (ehemals Procom GmbH)	Zuarbeit Transformationsplan, Simulation Erzeugereinsatz
<u>Beteiligt an Version 1.0</u>	
GEF Ingenieur AG	Ersterstellung Trafoplan
Stadt Reutlingen	Abstimmung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung zum Trafoplan 1.0
RBS wave GmbH	Durch die Stadt mit der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung beauftragt

Die Stadt Reutlingen hat parallel zur Erstellung des Transformationsplanes 1.0 die kommunale Wärmeplanung – in Reutlingen Energienutzungsplan genannt – erstellt. Die RBS wave GmbH

wurde von der Stadt Reutlingen mit der Erstellung des Energienutzungsplans beauftragt. Die Ergebnisse der Abstimmung zwischen Stadt Reutlingen und der FairEnergie GmbH wurden auch bei der Fortschreibung des Transformationsplan zu Version 2.0 berücksichtigt.

So wurden z.B. die in der kommunalen Wärmeplanung identifizierten erneuerbaren Potentiale auch im Transformationsplan berücksichtigt oder die durch RBS wave erstellten Wärmebedarfsdichten oder Wärmeliniendichten bei der Erstellung der Fernwärme-eignungsgebiete verwendet. Umgekehrt wurde sich bei der Erstellung der kommunalen Wärmeplanung an den identifizierten Fernwärmeeignungsgebieten des Transformationsplan 1.0 orientiert. Insbesondere bei der Weiterentwicklung des Netzausbaus werden mit der Stadt Reutlingen umfassende Abstimmungen vorgenommen um hier „Windows of Opportunity“ zu identifizieren. Des Weiteren wurde die Stadt als Genehmigungsbehörde bei der Bewertung potentieller Flächen für bspw. Solar- oder Geothermie beteiligt.

2.3. Gebietsabgrenzung

Der Untersuchungsbereich für den Transformationsplan 2.0 der FairEnergie GmbH umfasst weiterhin die in Abbildung 2 dargestellten Gebiete, mit besonderem Augenmerk auf die Gebiete, die zuvor als Prüfgebiete klassifiziert wurden. Diese befinden sich v.a. in der Reutlinger Nordstadt und im Süden der Oststadt.

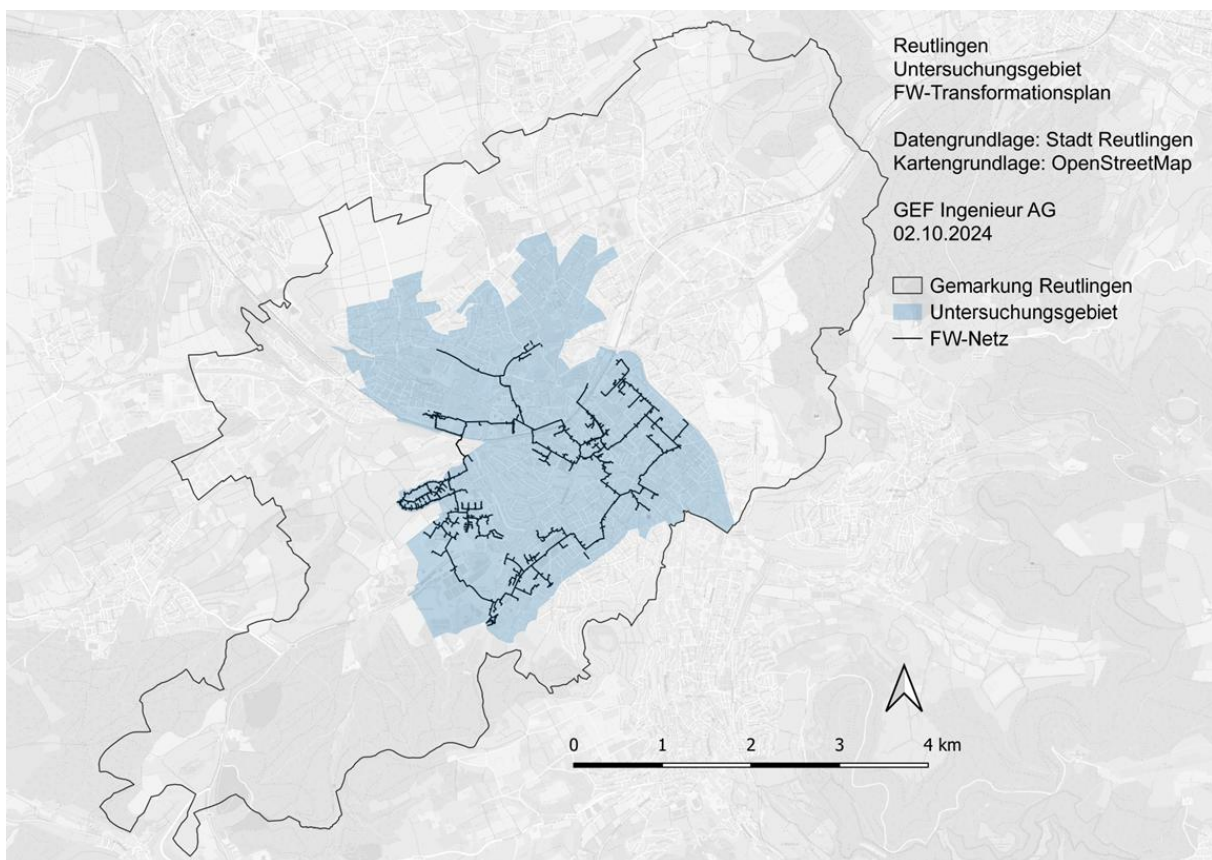


Abbildung 2: Untersuchungsbereich für den Transformationsplan der FairEnergie GmbH

Die Fernwärmeversorgung deckt derzeit ca. 11 % des Endenergiebedarfs in Reutlingen¹. Es werden derzeit überwiegend Gebiete mit hohen Wärmedichten mit Fernwärme versorgt (siehe Abbildung 3).

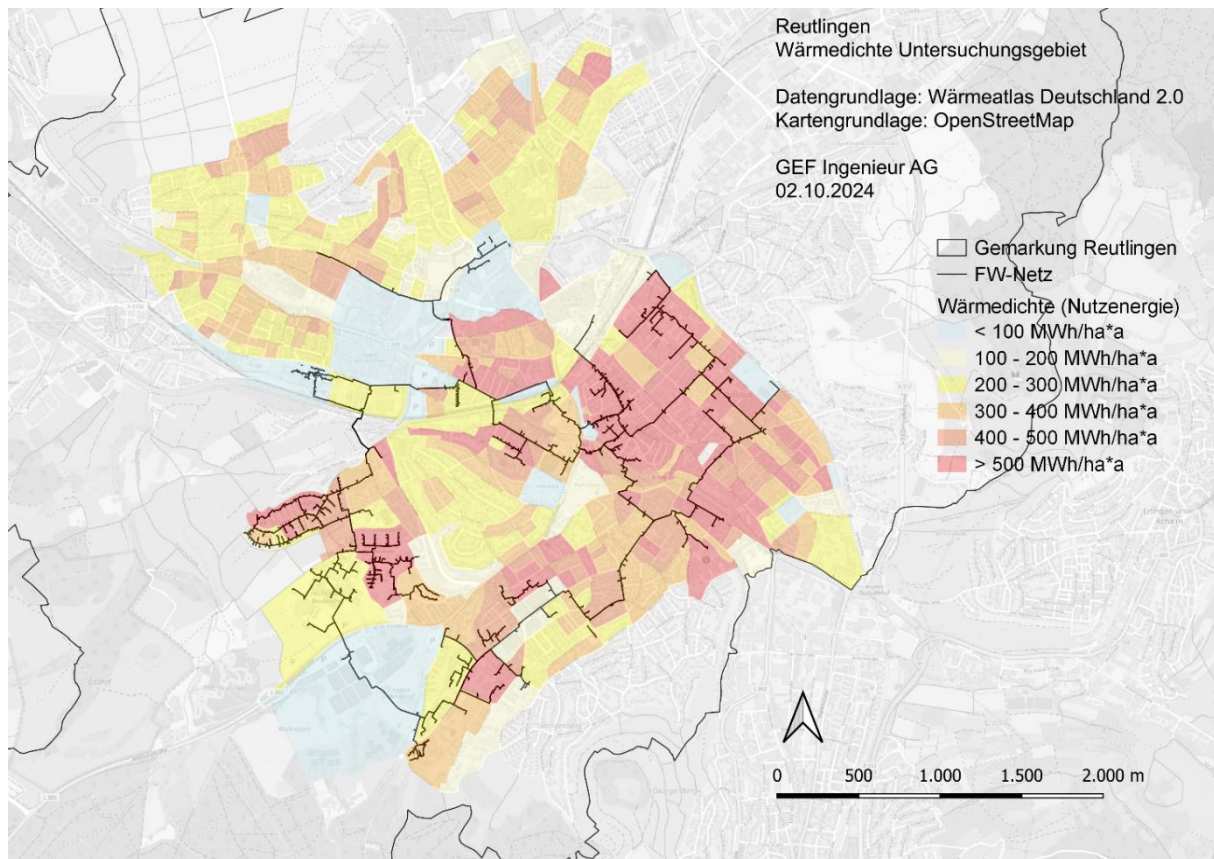


Abbildung 3: Wärmedichten im Wärmenetz Hauffstraße der FairEnergie GmbH

2.4. Schematische Darstellung Fernwärmesystem

Das Fernwärmenetz in Reutlingen umfasst ein großes Primärnetz mit mehreren kleineren hydraulisch getrennten Sekundärnetzen (siehe Abbildung 4). Das Wärmenetz hat überordnet eine große Ringstruktur (Masche), so dass die Oststadt (im Energienutzungsplan der Stadt Reutlingen Innenstadt genannt) über zwei große Leitungen versorgt werden kann. Der Hauptezeugerstandort ist das HKW in der Hauffstraße, Spitzen- und Redundanzkessel sind am Standort Bahnhofstraße installiert.

¹ <https://www.reutlingen.de/de/Rathaus/Rathaus-Themen/Klimaschutz/Energie/Energienutzungsplan>

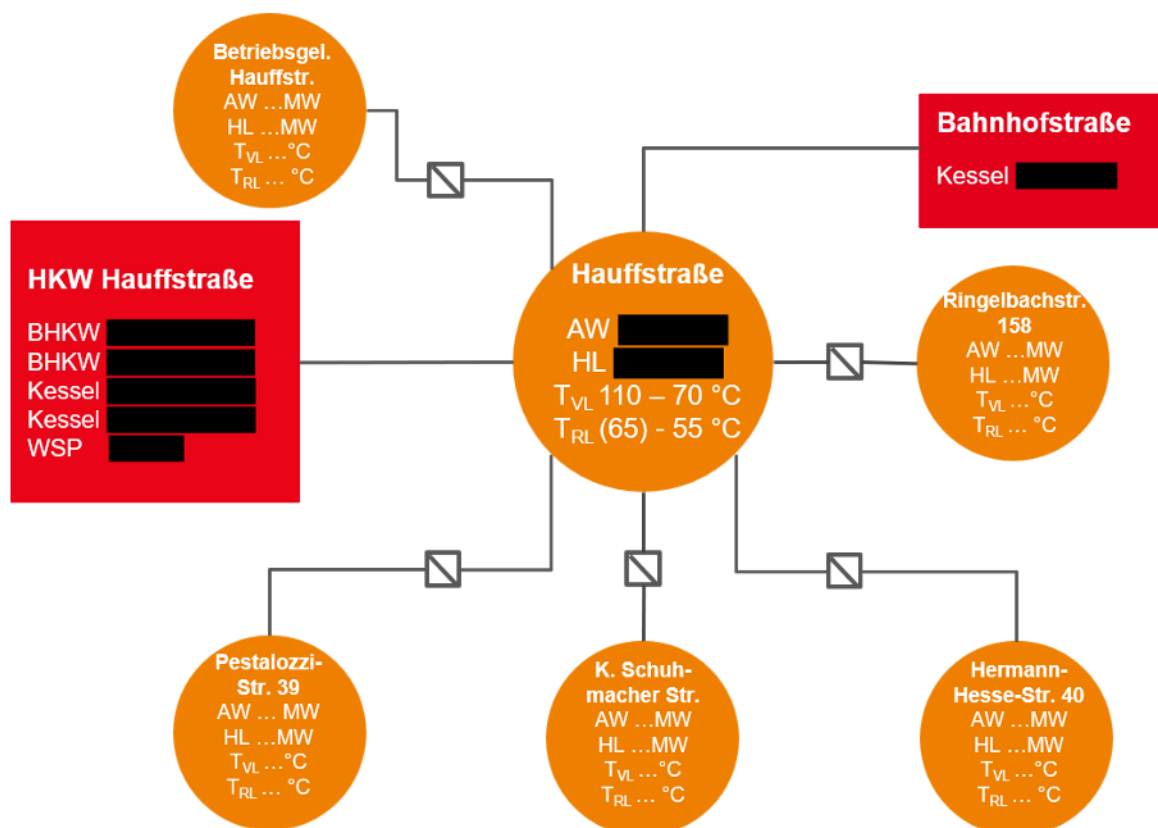


Abbildung 4: Versorgungsschema des Wärmenetzsystems in Reutlingen²

2.5. Wärmeerzeugung

Die FairEnergie GmbH betreibt in Reutlingen eine Fernwärmeversorgung, die derzeit aus dem zentralen Heizkraftwerk in der Hauffstraße (S1 in Abbildung 1) gespeist wird. Diese Fernwärmeversorgung soll in den nächsten Jahren insbesondere in der Oststadt und der Tübinger Vorstadt weiter ausgebaut und entlang des Bestandsnetzes stark verdichtet werden. Mit dem bereits erfolgten Aufbau eines zusätzlichen Erzeugungsstandortes in der Bahnhofstraße (S2 in Abbildung 1) wird dieser großflächig geplante Ausbau überhaupt erst möglich.

Seit der Fertigstellung des Transformationsplan 1.0 Ende 2024 wurden die BHKW-Module 1-5 zum Jahresende 2024 wegen gesetzlicher Grenzwerte außer Betrieb genommen und im Laufe des Jahres 2025 gegen neue Module ersetzt. In Vorbereitung auf die Maßnahmen zur Dekarbonisierung wurden statt 5 nur 3 neue BHKWs eingebaut. Modul 6 wurde Ende 2021 und Modul 7 Ende 2022 in Betrieb genommen. Damit erzeugen am Standort Hauffstraße derzeit 5 BHKW-Module mit einer Gesamtleistung von ca. [REDACTED] Wärme für das Netz.

Das Heizwerk verfügt über eine Kesselanlage von ca. [REDACTED] zur Deckung der Spitzenlast und außerdem einen Pufferspeicher mit 5 Behältern mit einem Speichervolumen von insgesamt [REDACTED] und einer Speicherkapazität von [REDACTED] (Baujahr 2011).

² Stand Anschlussleistung [REDACTED]

Am Standort Bahnhofstraße wurde ein neues Heizwerk errichtet, das in der Heizperiode 2018/2019 mit zwei Heißwasserkesseln mit je [REDACTED] in Betrieb gegangen ist. Das Gebäude selbst ist für eine langfristige Erweiterung auf bis zu vier Kesselanlagen mit einer Gesamtleistung von [REDACTED] ausgelegt.

Die folgende Tabelle 2 enthält einen Überblick über die Erzeugungsanlagen mit Angaben zum Standort, zu den thermischen und elektrischen Leistungen, zu den verwendeten Brennstoffen, zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme und zur voraussichtlichen Betriebsdauer (aktuelle Einschätzung).

Tabelle 2: Übersicht der Wärmeerzeugungsanlagen

Anlage	therm. Leistung MW _{th}	elektr. Leistung MW _{el}	Brennstoff	Inbetriebnahme	Betrieb bis mind.
Standort 1 Hauffstraße					
BHKW Modul 1 neu	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	[REDACTED]
BHKW Modul 2 neu	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	[REDACTED]
BHKW Modul 3 neu	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	[REDACTED]
BHKW Modul 4	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	Ende 2024 außer Betrieb genommen
BHKW Modul 5	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	Ende 2024 außer Betrieb genommen
BHKW Modul 6	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	[REDACTED]
BHKW Modul 7	[REDACTED]	[REDACTED]	Erdgas	[REDACTED]	[REDACTED]
Spitzenlastkessel 1	[REDACTED]	[REDACTED]	HEL / Erdgas	[REDACTED]	gemäß Trafoplan
Spitzenlastkessel 2	[REDACTED]	[REDACTED]	HEL / Erdgas	[REDACTED]	gemäß Trafoplan
Spitzenlastkessel 3	[REDACTED]	[REDACTED]	HEL / Erdgas	[REDACTED]	gemäß Trafoplan
Spitzenlastkessel 4	[REDACTED]	[REDACTED]	HEL / Erdgas	[REDACTED]	gemäß Trafoplan
Standort 2 Bahnhofstraße					
Heißwasserkessel 1	[REDACTED]	[REDACTED]	HEL / Erdgas	[REDACTED]	gemäß Trafoplan
Heißwasserkessel 2	[REDACTED]	[REDACTED]	HEL / Erdgas	[REDACTED]	gemäß Trafoplan

Abbildung 5 zeigt den Brennstoffmix, der auf den Daten zur Wärmelieferung im Kalenderjahr 2024 basiert. Der KWK-Anteil an der Netzeinspeisung betrug 2024 ca. 75%.

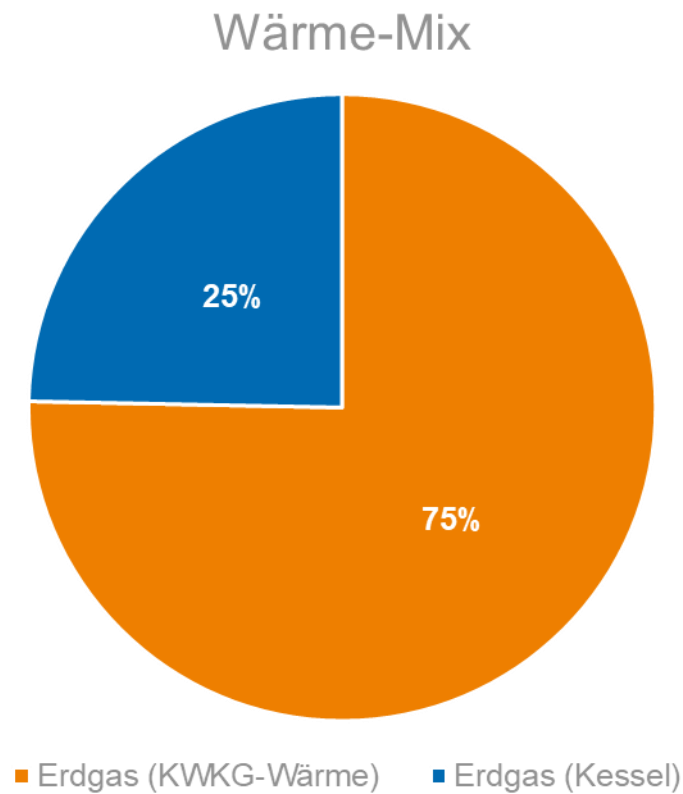


Abbildung 5: Wärmemix des Fernwärmesystems Hauffstraße

2.6. Netz

Das Fernwärmenetz in Reutlingen wurde seit den 1960er Jahren aufgebaut und wächst seitdem stetig. Von den Erzeugerstandorten Hauffstraße und Bahnhofstraße werden weite Teile der Reutlinger Innenstadt versorgt. Das Netz erstreckt sich dabei vom Betriebsgelände im Westen, zum Wohngebiet Hohbuch und der Hochschule im Süden, über die Reutlinger Oststadt bis hin zum Neubauquartier „Blue Village“ im Norden.

Abbildung 6 stellt die Baualterklassen und die Verlegesystemanteile des Netzes als Kuchendiagramm bezogen auf die Trassenlänge dar.

Das häufigste Verlegesystem ist das KMR-System mit einem Anteil von ca. 76 %, gefolgt von Gebäudeleitungen mit ca. 10 %. Haubenkanäle sind noch zu ca. 6 % im Netz zu finden.

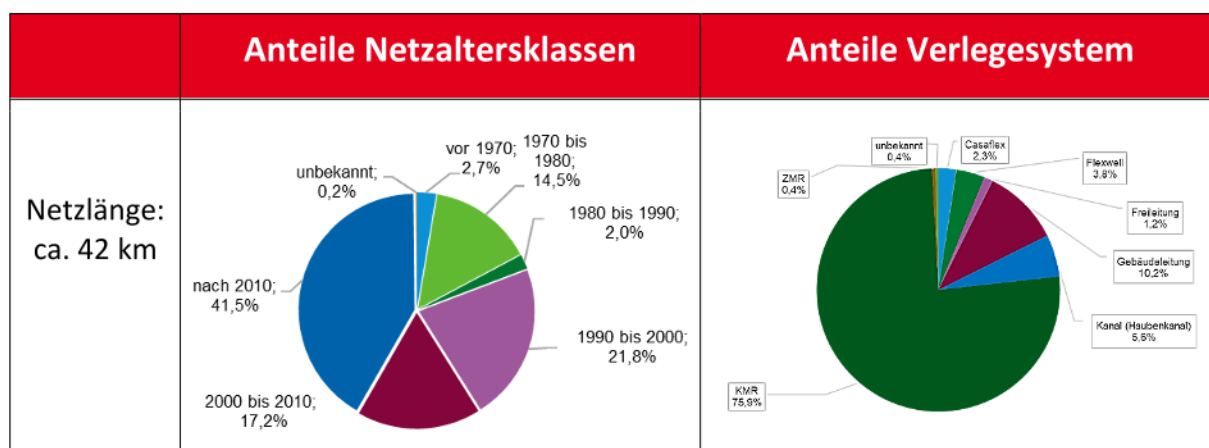


Abbildung 6: Netzaltersklassen und Verlegesysteme

Die Wärmeverluste betrugen im Jahr 2024 ca. [REDACTED] der Netzeinspeisung und in Reutlingen ist vorwiegend der KMR-Dämmstandard Normreihe 1 verbaut.

Die gemessene Einspeiseleistung des Jahres 2024 in Abhängigkeit der Außentemperatur ist in Abbildung 7 dargestellt. Zu erkennen ist, dass die Höchstlast bei Außentemperaturen von ca. 0 °C die [REDACTED] knapp übersteigt. Im Vergleich zu den vergangenen Jahren gab es in der Heizperiode 2024 vergleichsweise milde Außentemperaturen, so dass die [REDACTED] aus dem Transformationsplan 1.0 nicht erreicht wurden. Für Sommerlast sinkt die Einspeiseleistung auf ca. [REDACTED] für das gesamte Netz ab.

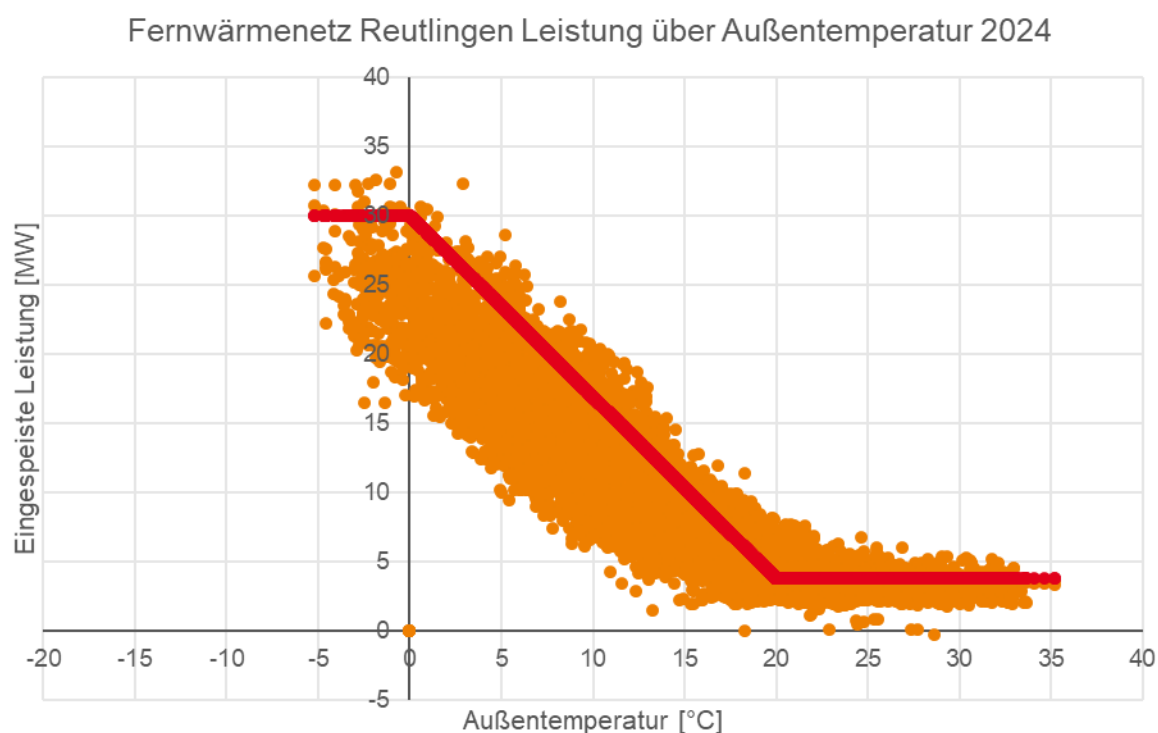


Abbildung 7: Einspeiseleistung in Abhängigkeit der Außentemperatur

Das Fernwärmenetz wird mit gleitenden Vorlauftemperaturen³ betrieben, ab einer Tagesmitteltemperatur (TMT) von +15 °C beträgt die Vorlauftemperatur ca. 70 °C und ab einer TMT von -16 °C wird das Fernwärmenetz mit einer Vorlauftemperatur von ca. 110 °C betrieben.

Die gemessenen Netztemperaturen sind in Abbildung 8 für das Jahr 2024 dargestellt. Die Vorlauf-Temperaturen variierten zwischen ca. [REDACTED] im Winter und ca. [REDACTED] im Sommer bei Rücklauftemperaturen von ca. [REDACTED] im Winter. Im August 2024 kam es zu einem Übertragungsfehler, üblicherweise wird das Netz im Sommer nicht mit 30 °C Vorlauftemperatur betrieben.

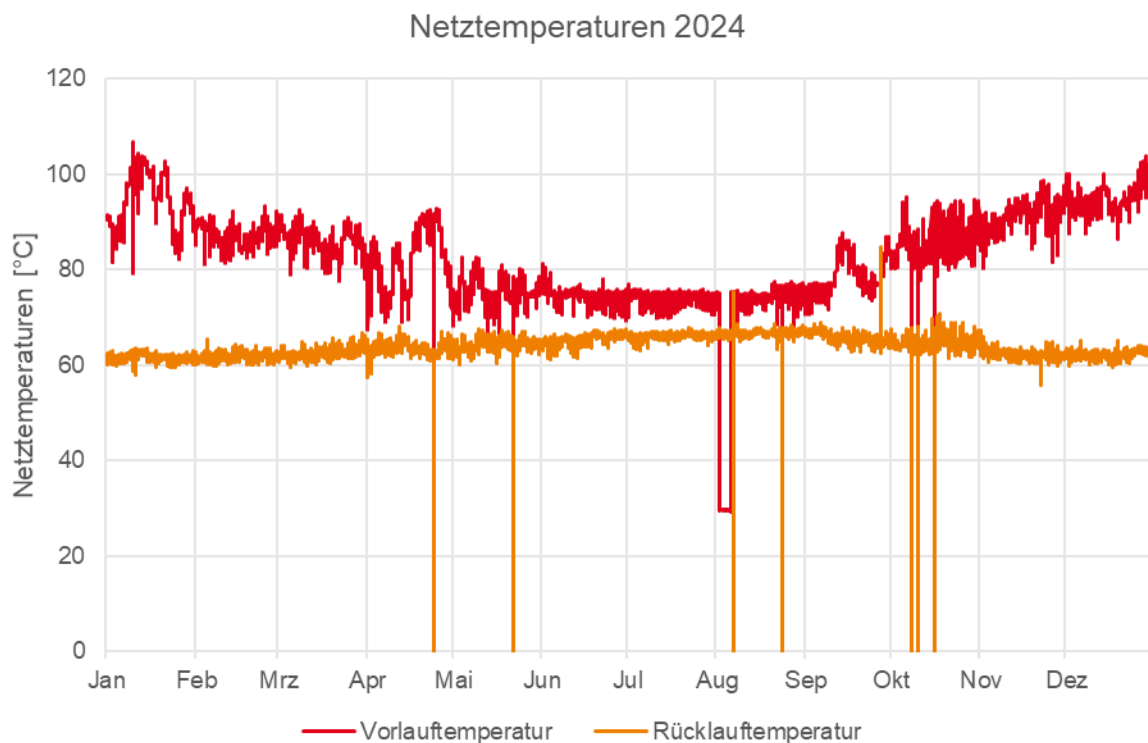


Abbildung 8: Netztemperaturen Wärmenetz Hauffstraße 2024

Das Wärmenetz ist in der Nenndruckstufe PN 16 errichtet, so dass Betriebsdrücke von bis zu ca. 14 bar(ü) auftreten können. Die Druckhaltung, der Ruhedruck sowie die dynamischen Einspeisedrücke werden am Haupteinspeiser HKW Hauffstraße vorgegeben. Im Wärmenetz wird ein Differenzdruck von mindestens 0,8 bar am Netzregelpunkt gehalten.

Für die hydraulische Ist-Analyse des Netzes wurde für den Transformationsplan 1.0 ein neues thermohydraulisches Netzmodell im Hydraulikprogramm STANET des Ingenieurbüros Fischer-Uhrig aufgebaut. Das Modell wurde aus den GIS- und ROKA-Verbrauchsdaten erstellt und anhand von Messdaten und Betriebserfahrungen plausibilisiert. Die Summe der Anschlussleistungen im Netzmodell beträgt zum Ende des Jahres 2024 [REDACTED], mit einer Gleichzeitigkeit von ca. 65 % ergibt sich daraus eine Netzhöchstlast von [REDACTED].

³ Quelle: TAB der FairEnergie GmbH: <https://www.fairenergie.de/waerme/fernwaerme.html>

Leitungen:

Reibungsverl./km(mbar/km)
[1.500,00-33.465,24[
[900,00-1.500,00[
[500,00-900,00[
[250,00-500,00[
[100,00-250,00[
[0,00-100,00[
0,00

Die Simulation zeigt, dass im Höchstlastfall die Einspeisung aus dem Standort Hauffstraße auf ca. [REDACTED] begrenzt ist und zur Deckung der Spitzenlast der Kessel am Standort Bahnhofstraße mit ca. [REDACTED] dazu gefahren werden muss, damit die Versorgung funktioniert und keine unzulässigen Betriebsdrücke entstehen.

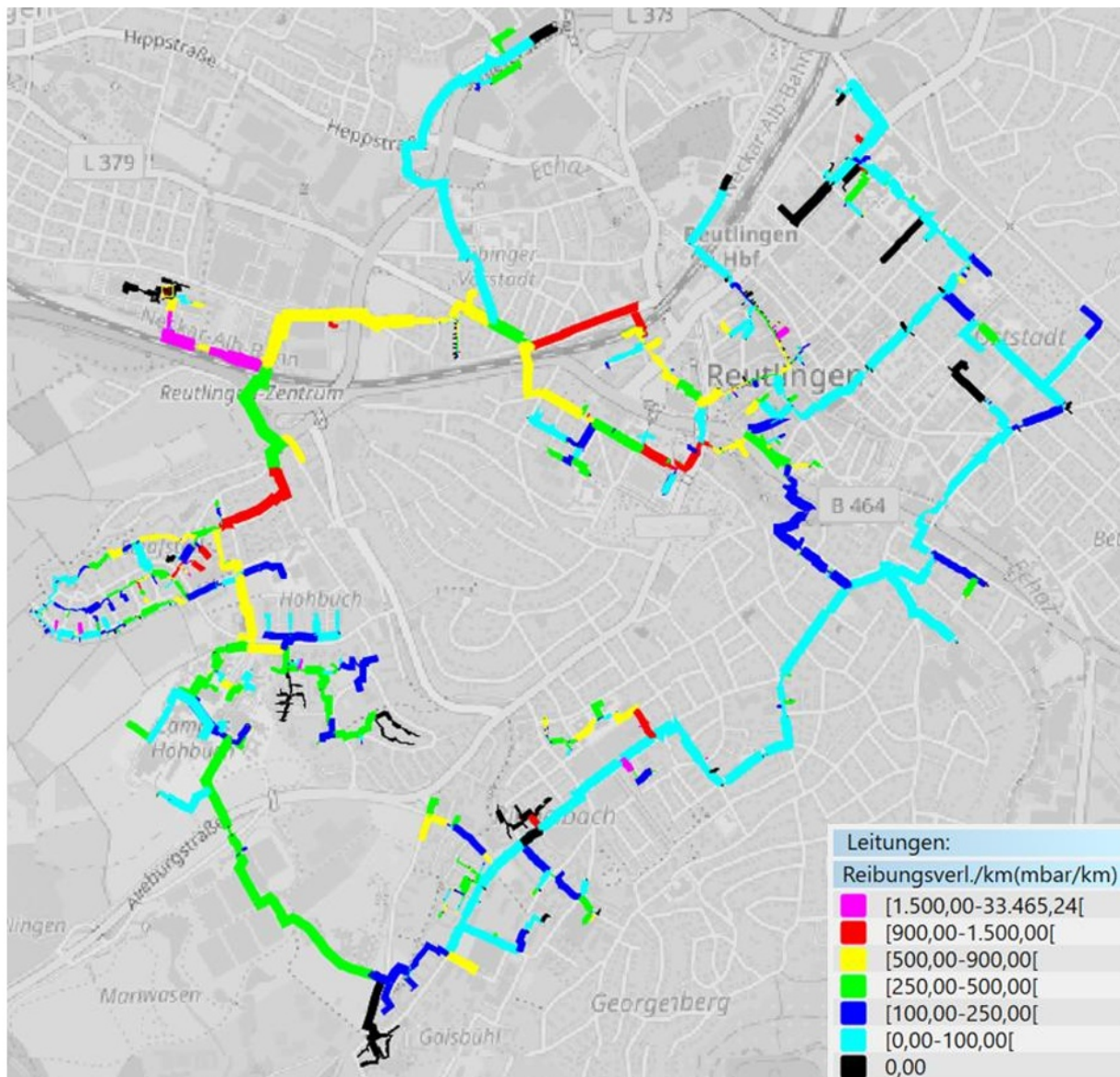


Abbildung 10: Hydraulische Analyse bei Höchstlast 48 MW - Versorgung beide Standorte

Die Freileitung aus dem HKW Hauffstraße bleibt allerdings ein hydraulischer Engpass. Zur Entlastung dieses Leitungsabschnittes wurde parallel dazu eine Verstärkungsleitung in der Hauffstraße gebaut, die seit 2023 in Betrieb ist.

2.7. Kundenstationen

Im Reutlinger Fernwärmenetz gibt es ca. [REDACTED] Hausübergabestationen (HAST) mit einem Gesamtanschlusswert von [REDACTED]. Das entspricht einem mittleren Anschlusswert von ca. [REDACTED].

In Abbildung 11 ist die Altersstruktur der HAST dargestellt. Es zeigt, dass in den letzten Jahren seit 2015 ein erheblicher Ausbau stattfand.

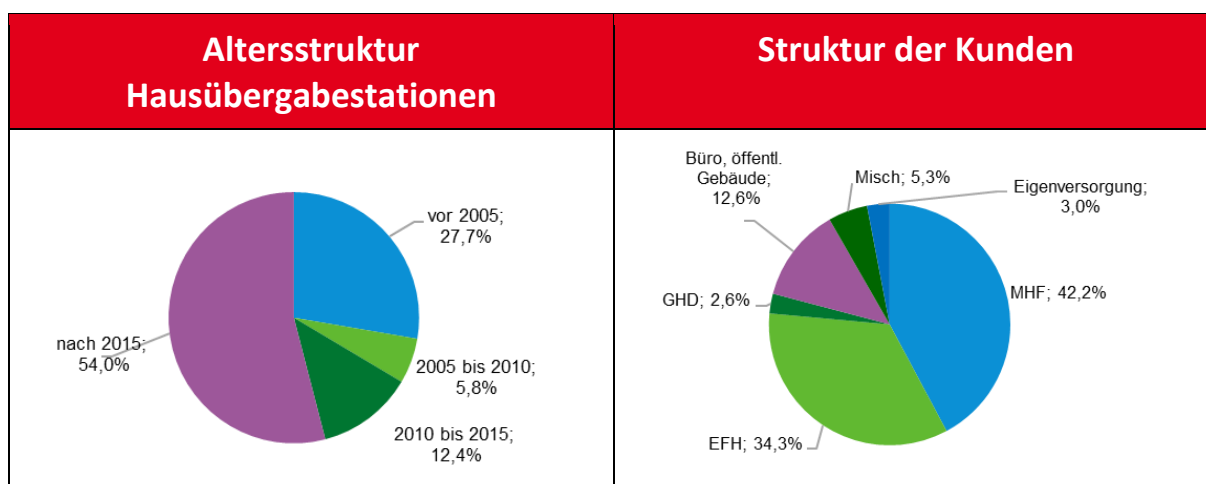


Abbildung 11: Altersstruktur Hausübergabestationen und Kundenstruktur

Insgesamt sind ca. 12,6 % öffentliche bzw. kommunale Gebäude an die Fernwärmeversorgung angeschlossen, der überwiegende Anteil sind Mehr- und Einfamilienhäuser mit einem Anteil von insgesamt ca. 76,5 %, siehe Abbildung 11.

In Reutlingen sind die HAST ausschließlich im Eigentum der Kunden und es gibt im primären Hauptnetz zu 100 % indirekte Hausübergabestationen.

3. Potenzialanalyse Erneuerbare Energien und Abwärme

3.1. Solarthermie

In der Vergangenheit gab es Gespräche mit dem Stadtplanungsamt Reutlingen, bei denen potenzielle Flächen für die Nutzung von Solarthermie und Einbindung ins Wärmenetz vorgeschlagen wurden. Die interessantesten Potenzialflächen liegen im Bereich Schafstall/Hochschule, siehe rote Flächen 1 und 2 und grüne Fläche 3 in Abbildung 12.

Die Fläche 1 weist einen Streuobstbestand und hochwertige Ackerböden auf, das Gebiet 2 gehört zu den Erweiterungsflächen der Hochschule und wurden daher in Abstimmung mit den Behörden verworfen. Am interessantesten ist die Fläche 3, da diese Fläche nicht von Streuobstwiesen oder FFH-Mähwiesen durchzogen ist. Insgesamt erscheint das Potential für Solarthermie vergleichsweise gering und nicht ganzjährig verfügbar, weshalb die Solarthermie als erneuerbare Wärmequelle im Transformationsplan nicht vorrangig berücksichtigt wird.

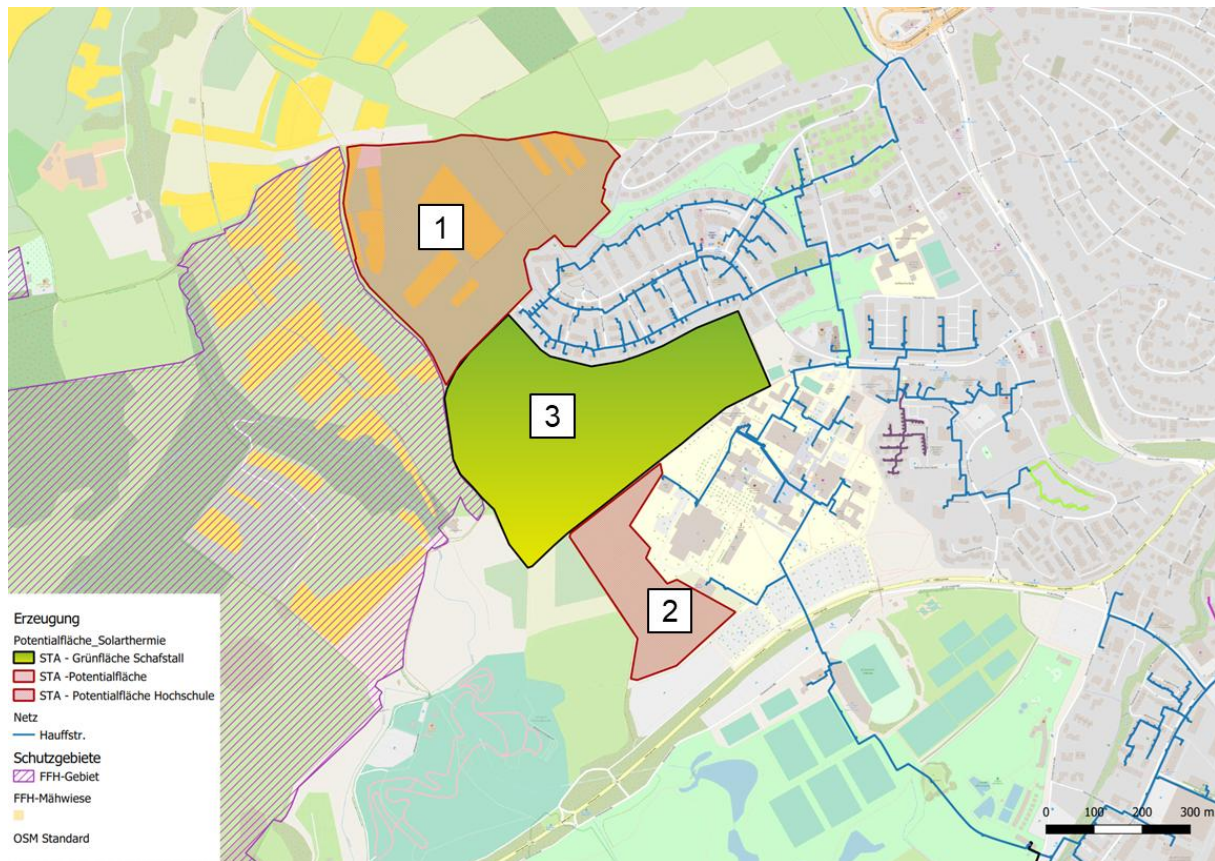


Abbildung 12: Potenzialflächen Solarthermie

3.2. Oberflächengewässer

In Reutlingen sind weder größere Wasserflächen oder Flüsse vorhanden. Der einzige Fluss in Reutlingen ist die Echaz, die zu wenig Potenzial bietet, um einen relevanten Beitrag für eine Versorgung im Wärmenetz zu liefern.

3.3. Abwärme aus dem Klarwasser der Kläranlage

In Reutlingen betreibt die Stadtentwässerung Reutlingen (SER) das Hauptklärwerk West in Betzingen. Im Rahmen einer Vorstudie wurde bereits das grundsätzliche große Potenzial zur Nutzung des Klarwassers am Ablauf des Klärwerks herausgearbeitet.

Das Klärwerk liegt ca. 2 km entfernt vom Erzeugerstandort in der Hauffstraße, siehe Abbildung 13. In der Vorstudie wurde entschieden, das geklärte Wasser des Ablaufs zum Betriebsgelände in der Hauffstraße zu transportieren (DN 500), dort die Abwärme des Abwassers zu entziehen und über eine Wärmepumpe am Standort Hauffstraße in das Wärmenetz einzuspeisen. Dieses Vorgehen wurde in der Planung vertieft.

Die Einleitung des abgekühlten Abwassers war dann in der ca. 500 m von der Hauffstraße entfernten Echaz oder in den näher liegenden Kaibach geplant. Inzwischen wurden beide Varianten vom Regierungspräsidium verworfen und es werden weitere Einleitmöglichkeiten in den Mühlkanal (Kreuzung Dieselstraße/Borsigstraße) bzw. in die Vollwasserstrecke der Echaz in der Nähe der Bantlinstraße (B28) geprüft.

Die Einbindung der Wärmepumpenanlage erfolgt in Parallelschaltung zu den Bestandserzeugern, so dass auch eine Nachheizung der erzeugten Wärme aus der Wärmepumpe erfolgen und die Wärmepumpe einen geplanten Großwärmespeicher befüllen kann.

Aufgrund des großen Potentials als zukünftige erneuerbare Wärmequelle für Reutlingen, wurden im Rahmen des Förderantrags für den BEW-Transformationsplan Modul 1 bereits die Planungen der HOAI-Leistungsphasen 1-4 für die Abwasser-Wärmepumpe durchgeführt. Die nachfolgenden Kennzahlen stammen aus diesen Untersuchungen zur Grundlagenermittlung.



Abbildung 13: Lage Klärwerk West

Von Seiten des Kläranlagenbetreibers wurden Stundenmittelwerte der Temperatur und des Abflusses für mehrere Jahre zur Verfügung gestellt.

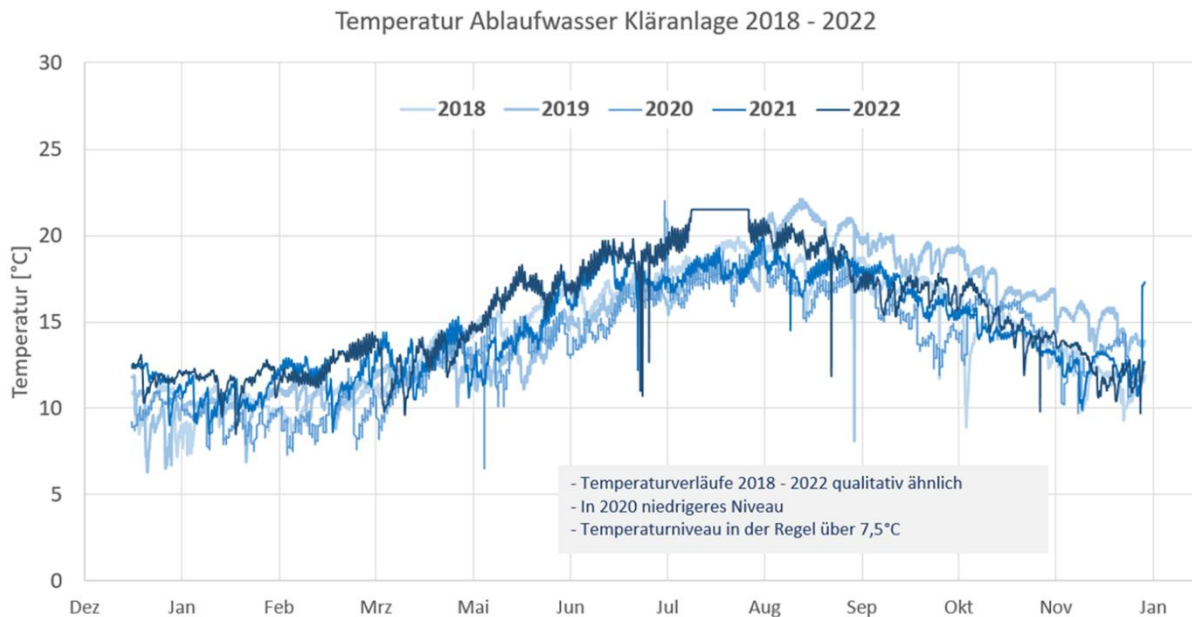


Abbildung 14: Temperaturwerte Kläranlage 2018 – 2022

Abbildung 14 zeigt den Temperaturverlauf für die Jahre 2018 bis 2022. Auch im Winterhalbjahr stehen am Ablauf in der Regel rund 10 °C zur Verfügung. In den Monaten Juli bis Anfang September steigen die Temperaturen auf ca. 20-22 °C an. Die verschiedenen Jahre zeigen ein ähnliches Temperaturprofil. Datenpunkte, die stark vom Temperaturverlauf abweichen, sind Messfehler.

Abbildung 15 stellt die Volumenströme im Ablauf der Kläranlage dar. Auch beim Volumen sind ähnliche Profile, mit den üblichen Tages- und Nachtschwankungen und Niederschlagsereignissen über die Jahre zu sehen.

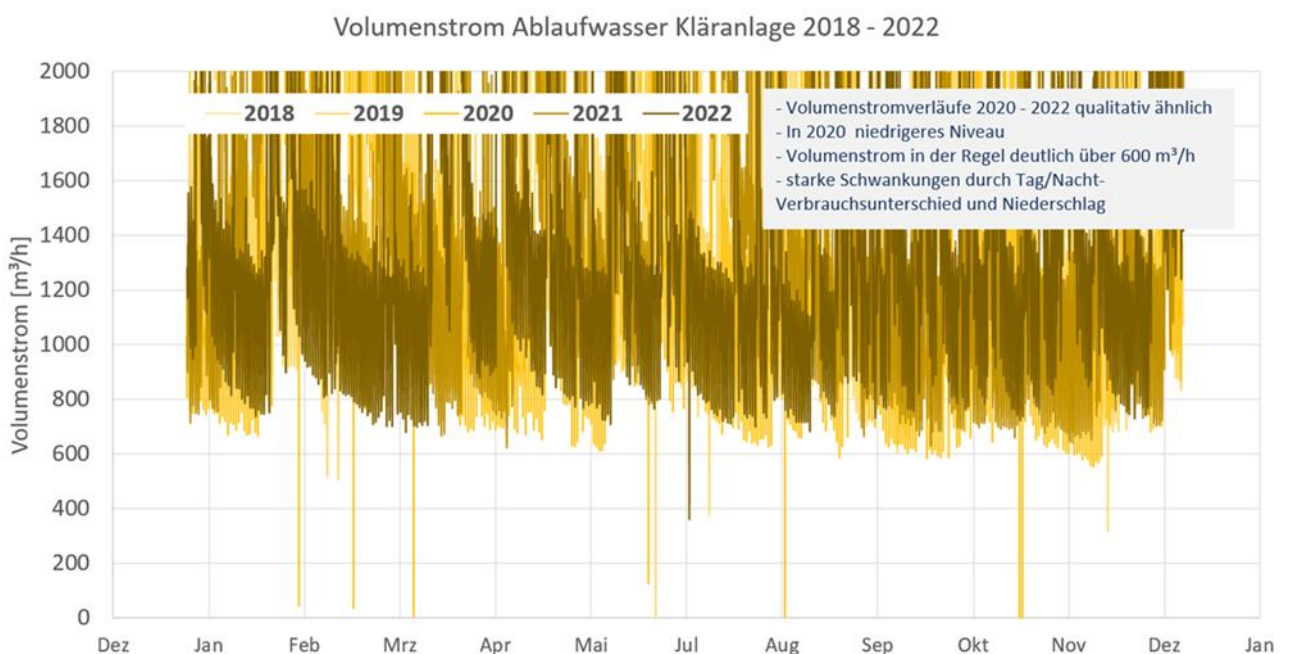


Abbildung 15: Durchfluss am Ablauf der Kläranlage 2018 – 2022

In Abbildung 16 ist die Anzahl der Stunden pro Jahr unterhalb eines für die Abwasserwärme nutzbaren Mindest-Volumenstroms dargestellt. Der Volumenstrom ist stabil über 600 m³/h und für über 80 % der Jahresstunden liegt der Volumenstrom über 1.000 m³/h. Der maximal nutzbare Volumenstrom im Ablauf der KA beträgt 1.200 m³/h. Die Datenpunkte, bei denen der Volumenstrom 0 m³/h beträgt, sind Messfehler.

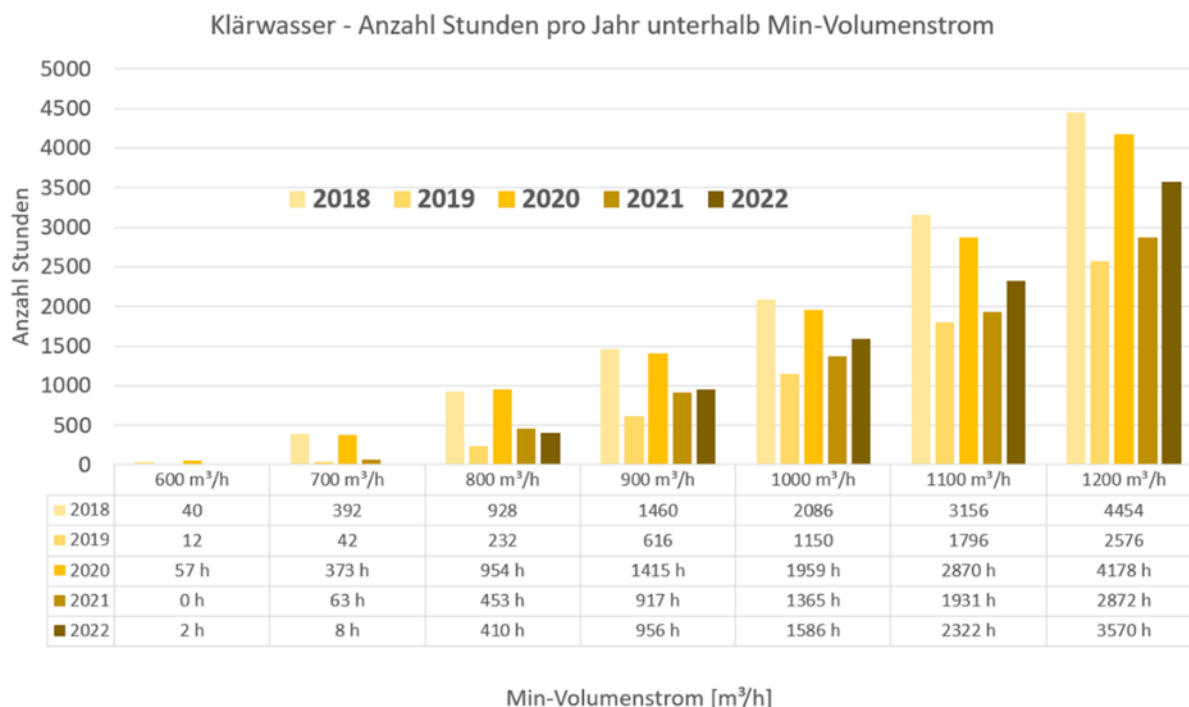


Abbildung 16: Klassierung der Abwasservolumenströme

Unter Annahme, dass eine ganzjährige Abkühlung um mindestens 4 K ohne Frostgefahr möglich ist, ergibt sich eine Mindestquelleleistung von ca. 5,8 MW und eine maximale Quellenleistung von 11,2 MW.

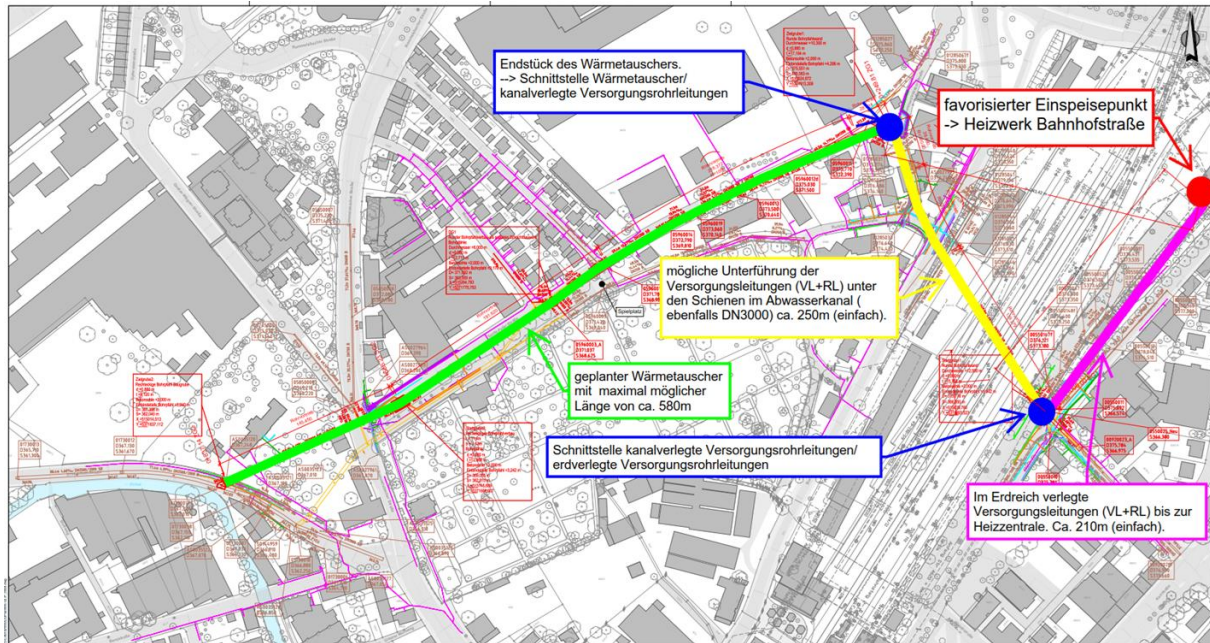
In der Vorplanung wurde die Wärmepumpe für eine Quellenleistung von 9,25 MW_{th} und einer Heizleistung von bis zu 15 MW_{th} (COP = 2,6) ausgelegt. Mit dieser Lösung kann eine Wärmearbeit von ca. 98 GWh/a erzeugt werden.

Das vorhandene Abwasserwärmepotenzial soll in zwei Abschnitten genutzt werden. Im Rahmen des ersten Maßnahmenpakets soll bis ca. [REDACTED] zunächst ein erstes Modul mit einer thermischen Leistung von ca. [REDACTED] umgesetzt werden. Für das zweite Modul müssen zunächst weitere Kapazitäten im Stromnetz geschaffen werden, daher wird diese Option langfristig weiterverfolgt.

3.4. Abwärme aus Abwasserleitung

Die Stadt Reutlingen plant einen neu zu errichtenden Hauptentwässerungskanal in DN 3.000, der sogenannte Hauptsammler OST (HSO). Entlang der Sankt-Peter-Straße könnte Abwasserwärme aus dem Kanal genutzt werden. Die Abwasserwärme soll dem Abwasser durch einen im Kanal verlegten Wärmetauscher (Inline-Verfahren) entzogen und über Rohrleitungen bis zur Heizzentrale in der Bahnhofstraße geführt werden, siehe Abbildung 17.

In einer Studie durch die Fa. ita engineering GmbH wurden die Möglichkeiten zur Abwärmegewinnung in verschiedenen Varianten untersucht.



Zur Bewertung des Potentials wurden Messungen durch die Stadtentwässerung Reutlingen durchgeführt und ausgewertet. Die Messungen haben Volumenströme von ca. 50 bzw. 70 l/s ergeben. Die 70 l/s sind aber erst mit der finalen Ausbaustufe des HSO zukünftig zu erreichen. Die daraus gewinnbare Umweltwärme beträgt ca. 800 – 1.200 kW_{th}.

Insgesamt ist das Wärmepotential nur gering, der wirtschaftliche Aufwand zur Realisierung des Wärmepotentials ist allerdings verhältnismäßig hoch, so dass sich dazu entschlossen wurde, dieses Potential im Transformationsplan 2.0 nicht weiter zu verfolgen.

3.5. Tiefengeothermie

Seite 24 von 72

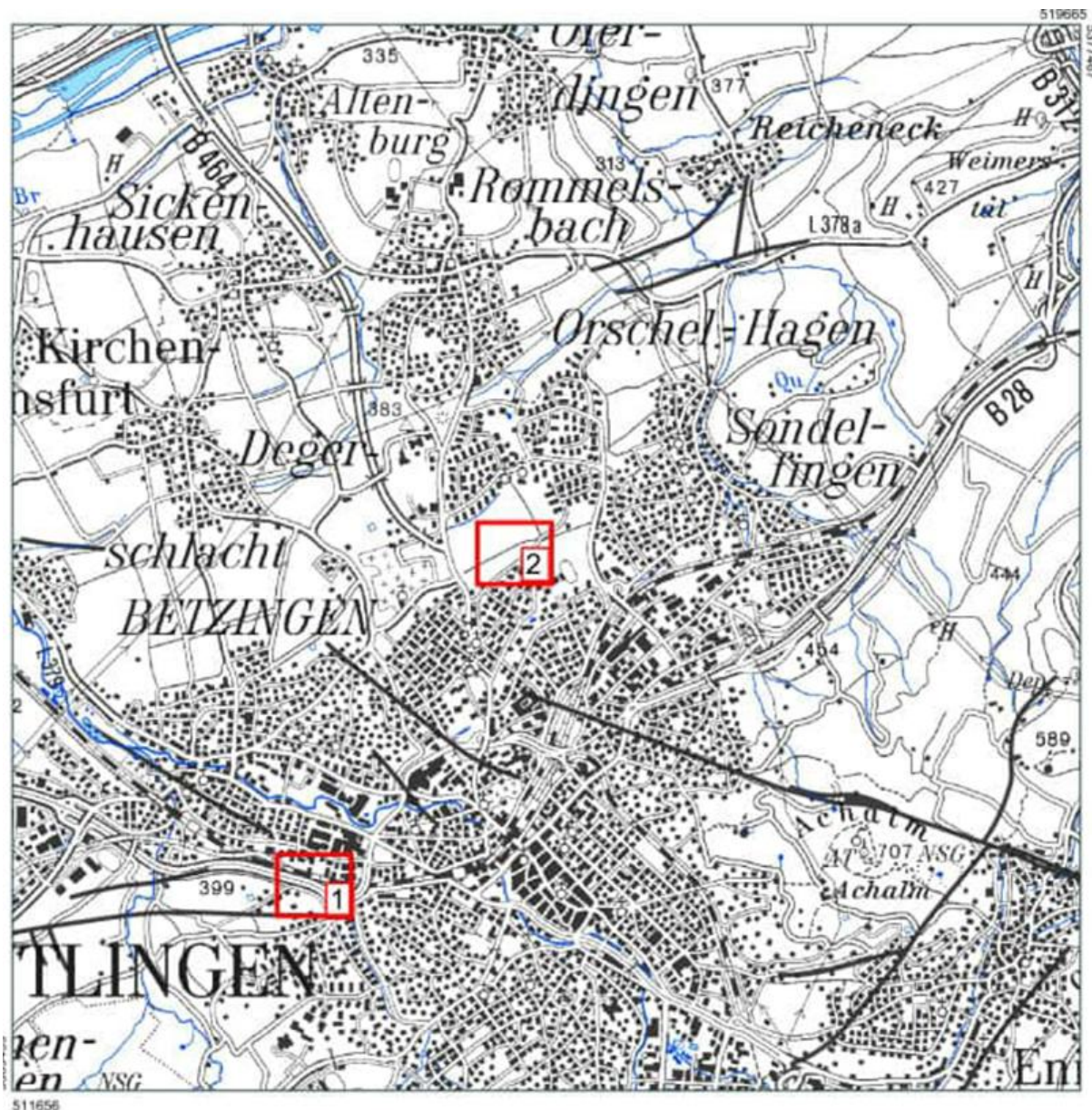


Abbildung 18: Evaluierungsflächen zur Fernwärmeversorgung mit Geothermie

Je Evaluationsfläche kommen theoretisch zwei Grundwasserstockwerke in Frage, Bundsandstein und Muschelkalk:

Tabelle 3: Geothermiefotentiale in Reutlingen

	Muschelkalk	Bundsandstein
Tiefe	300-350 m	455-600 m
Temperaturgradient	24-27 °C	30-35 °C
Ergiebigkeit	5-15 l/s (geschätzt)	4-22 l/s (geschätzt)

Diese Potenzialabschätzung auf Basis einer Vor-Machbarkeitsstudie ist noch mit hohen Unsicherheiten behaftet, besonders was die Schüttungen angeht. Vor einer Investitionsentscheidung sollten noch weitere Untersuchungen erfolgen (Seismik, etc.).

Allerdings lassen sich aus Projekten in der Region Abschätzungen treffen. So hat die im Muschelkalk liegende Mineralquelle der Romina-Mineralbrunnen GmbH im Norden Reutlingens eine Schüttung von 5 l/s, die Thermalquelle der Stadt Bad Urach hat eine Schüttung von 15 l/s. Im Bundsandstein gibt es Bohrungen in Böblingen, die eine Schüttung von 4-22 l/s aufweisen, daher kann man zu diesem Zeitpunkt von einer Schüttung von ca. 10 l/s für eine Potentialabschätzung ausgehen. Da bei der Nutzung des Muschelkalks Einspruch der Romina-Mineralbrunnen GmbH aufgrund eines Heilquellenschutzgebietes zu erwarten sein dürfte, soll v.a. die Bundsandsteinschicht betrachtet werden. Im Heilquellengebiet ist eine Bohrtiefenbegrenzung von 100 m bzw. mit Ausnahmegenehmigung bis zu 400 m möglich.

Geht man von einer nutzbaren Temperaturdifferenz von 20-25 K aus, kann eine Quellleistung von ca. 1,05 MW und bei einem COP = 3,0 eine Heizleistung einer Wärmepumpe von ca. 1,5 MW_{th} je Bohrung (Dublette) erreicht werden. Bei einem Betrieb von 8.000 h/a kann eine Jahresarbeit von 12.000 MWh/a je Bohrung erreicht werden. Wenn man 3 Dubletten je Standort abteufen kann, ergibt sich je Bohrstandort ein Potenzial von ca. 4,5 MW_{th} Heizleistung der Wärmepumpe und einer Jahresarbeit von ca. 36.000 MWh/a.

Im Herbst 2024 wurde im Auftrag der FairNetz GmbH eine Studienarbeit zur Wirtschaftlichkeit der Geothermie in Reutlingen fertiggestellt. Dabei wurde neben der hydrothermalen Geothermie auch das neue Eavor-Loop-Verfahren untersucht und bewertet. Das Eavor-Loop System beruht auf einem geschlossenen Kreislauf (closed Loop). Hierbei zirkuliert ein spezielles Wärmeträgerfluid durch ein unterirdisches Rohrnetz, welches aus mehreren horizontalen Verzweigungen besteht, die von zwei vertikalen Bohrungen abzweigen. Diese Bohrungen reichen mehrere Kilometer in die Tiefe und bilden zusammen eine Wärmeschleife durch die das Fluid strömt. Das System befindet sich derzeit noch in der Erprobungsphase.

Zusammenfassend kommt die Studie zum Ergebnis, dass das Eavor-Loop System eine wirtschaftlich attraktive Alternative zur konventionellen hydrothermalen Geothermie darstellt, sofern sich die technische Machbarkeit des Systems bestätigen lässt.

Derzeit wird geprüft, welche Förderprogramme sich zur Verbesserung des Kenntnisstands über das tiefengeothermische Potenzial eignen. Darüber hinaus wird ermittelt, welche Grundlagen und Vorbereitungen für die Durchführung einer Seismik erforderlich sind.

3.6. Industrielle Abwärme

Als potenzielle industrielle Abwärmequelle wird ein am Erzeugerstandort Hauffstraße benachbarter Industriebetrieb in Betracht gezogen. Gegenwärtig plant das Unternehmen den Bau einer neuen Erzeugerzentrale und könnte ab dem Jahr 2026 Abwärme mit einer Temperatur von ca. 40 °C zur Verfügung stellen.



Tvl = 
Trl = 

Abbildung 19: Lageplan zur Auskopplung industrieller Abwärme

Im Zuge der Dekarbonisierung der Energieversorgung versucht der Industriebetrieb immer mehr die eigenen Abwärmeströme selbst zu nutzen. In Abbildung 20 ist gezeigt, welches Abwärmepotenzial für die FairEnergie GmbH in Abhängigkeit der Außentemperatur noch zur Verfügung stünde.

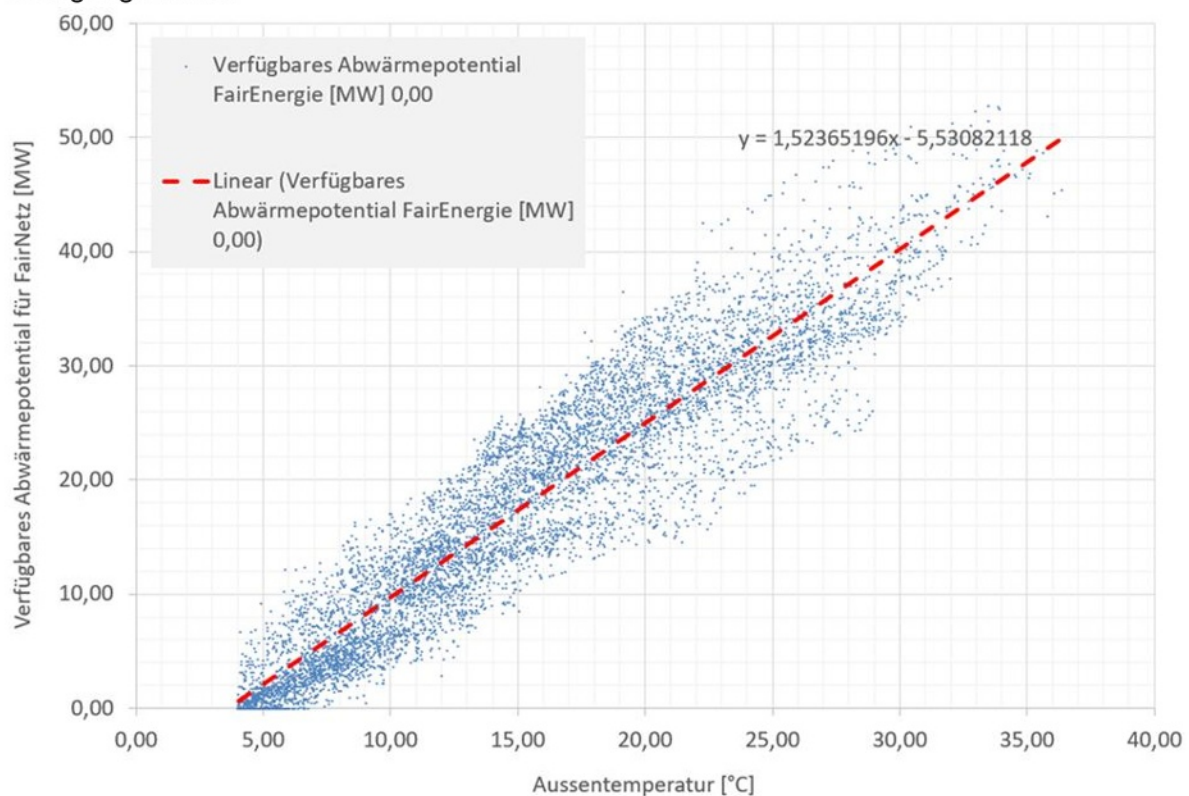


Abbildung 20: Industrielles Abwärmepotential für FairEnergie GmbH

Die Darstellung zeigt, dass unterhalb einer Außentemperatur von 4 – 5 °C keine Abwärme für die FairEnergie GmbH zur Verfügung stünde.

Tabelle 4: Abschätzung des Abwärmepotentials der industriellen Abwärme

Abwärme Kühlkreislauf		Abwärme		Abwärme	
		Winter		Sommer	
Durchfluss	[m³/h]				
Prozent Entnahme	%				
Durchfluss	[m³/h]				
bei Abkühlung um	K				
Leistung Umweltenergie	MW				
Temperatur Kühlkreis	°C				
Temperatur Rückeinspeisung	°C				
Rücklauftemperatur Netz	°C				
Einspeise-Temperatur ins Netz	°C				
Jahresarbeitszahl					
th. Leistung Wärmepumpe	MW _{th}				
Vbh	h				
Wärmeinspeisung	MWh				
Wärmeinspeisung pro Jahr	MWh				

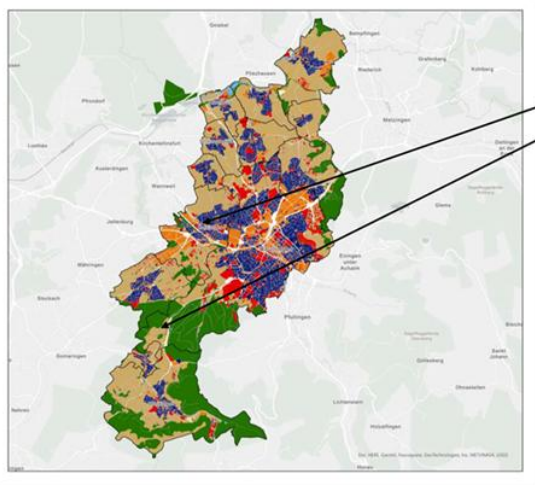
Wenn man versucht, das industrielle Abwärmepotential zu quantifizieren, kann eine max. Heizleistung der Wärmepumpe von ca. 11,6 MW_{th} im Sommer und eine Heizleistung von ca. 6,7 MW_{th} abschätzen. Bei einem ganzjährigen Betrieb käme man auf ein max. Potenzial von ca. 80.000 MWh/a.

Aufgrund des geringen Abwärmepotenzial bei niedrigen Außentemperaturen und einer möglichen Abhängigkeit von den strategischen Entscheidungen des Industriebetriebes ist die industrielle Abwärme für die Fernwärmeversorgung zunächst nicht besonders attraktiv und wird deshalb in den Überlegungen zum Transformationsplan zurückgestellt und mit einer niedrigen Priorität versehen.

3.7. Biomasse

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung, in Reutlingen Energienutzungsplan genannt, wurde das in Abbildung 21 dargestellte regionale Biomassepotenzial ermittelt. Für Holz ergibt sich für Reutlingen ein regionales wärmeseitiges Potenzial von ca. 19.500 MWh/a.

Potenzialanalyse Biomasse



Annahmen: *Erschließungsfaktor 30%, BHKW: $\eta_{el} = 38\%$; $\eta_{th} = 45\%$

22 | RBS wave | Februar 2023 | Energienutzungsplan Reutlingen

Bestehende Anlagen:

Kläranlage Nord / West Klärgas- BHKW: 5	Ertrag Wärme [MWh]	Ertrag Strom [MWh]
Faulgasmenge: 1.351 kNm³	3.405	2.714
Biogasanlage	?	?

Potenziale:

Biogas	Methan- ertrag [kNm³]	Ertrag Wärme [MWh]	Ertrag Strom [MWh]
Dauergrünland *	900	4.000	3.400
Viehhaltung *	72	290	242

Therm. Verwertung	Fläche [ha]	Ertrag Wärme [MWh]	Faktor
Waldrestholz	1.950	7.550	4,3 MWh/ha

Anteile wärmeseitig	Holz [GWh]	Klär-/ Biogas [GWh]	Summe [GWh]	Anteil [%]
Ist	12	3,4	15,4	1,2
Potenzial	+ 7,5	+ 4,3	+ 11,8	2,1

› Bis zu 2% des Endenergiebedarfes kann durch lokale Biomasse- Potenziale gedeckt werden.

Quelle: FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Statistisches Landesamt BW

Abbildung 21: Biomassepotential (regional) für Reutlingen

Zusätzlich zum regionalen Biomassepotential kann der Brennstoff Holz auch aus überregionalen Quellen erworben, so dass das Potenzial zur Nutzung von Biomasse für die Fernwärmeversorgung eine nennenswerte Größe hat. Biomasse kann deshalb für die zukünftige erneuerbare Wärmeerzeugung eine Rolle spielen und sollte im Erzeugerkonzept der Transformation berücksichtigt werden.

Da es in Reutlingen schwierig ist Standorte für eine Wärmeerzeugung zu finden sollte eine Holzverbrennung möglichst am Standort Hauffstraße stattfinden.

Aktuell arbeitet die Stadt Reutlingen an der Realisierung eines Bioenergiezentrums, welches Landschaftspflegeholz, Grünschnitt, etc. aus der Landschaftspflege des Landkreises sammeln und zu Biomethan bzw. verbrennbarem Altholz aufbereiten soll. Die Potentiale werden hier als sehr groß eingeschätzt. Der auf Biomethan-Niveau aufbereitet Bioabfall kann direkt in den BHKWs der FairEnergie GmbH eingesetzt werden, sodass hier möglicherweise auch schon schneller höhere Anteile an erneuerbarer Wärme realisiert werden können. Außerdem wird dadurch eine erste realistische Alternative zur zukünftigen Deckung der Spitzenlast aus erneuerbaren Quellen aufgezeigt.

Auch die Verbrennung von Landschaftspflegeholz zeigt eine weitere nachhaltige Alternative auf, die vorhandene Wärmequellen effizient nutzt. Aktuell befindet sich die Stadt Reutlingen in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden zur Sicherung der angestrebten Flächen, diese befinden sich in unmittelbarer Nachbarschaft zum Fernwärmenetz. Einen belastbaren Zeitplan zur Realisierung des Bioenergiezentrums liegt der FairEnergie GmbH zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vor. Am angedachten Standort kann das Fernwärmenetz ca. 10 MW thermischer Leistung aufnehmen.

3.8. Zusammenfassung der Potentiale

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse der Potenzialanalyse zusammengefasst und die Priorisierung mit einem Ampelsystem visualisiert.

Tabelle 5: Übersicht über die Potentiale an erneuerbaren Energien und Abwärme

Erneuerbare Energie	Potential vorhanden	Temperatur-niveau	Zeitliche Verfügbarkeit	Kommentar	Priorität
Solarthermie	✓	Mittel (zeitweilig)	Tagsüber, vorwiegend im Sommer	Flächen schwierig	
Oberflächen-gewässer	✗	Niedrig	ganzjährig	Potential im Sommer höher als im Winter	
Grundwasser	ggf.	Niedrig	ganzjährig	Quantifizierung nicht prioritär	
Abwasserwärme	✓	Niedrig, im Sommer höher als im Winter	ganzjährig	Hohes Potential	
Tiefe Geothermie	✓	35 °C in 600 m 100 °C in 2000 m	ganzjährig	In Prüfung	
Industrielle Abwärme	✓	Mittel (40 °C)	ganzjährig (theor.)	Im Winter Eigennutzung der Abwärme	
Abwärme Rechenzentrum	✗	Niedrig	ganzjährig		
Müllverbrennung	✗	Hoch	ganzjährig		
Klärschlamm-verbrennung	✗	Hoch	ganzjährig		
Biomasse	✓	Hoch	disponibel		
Luft (Umgebung)	✓	Niedrig, im Sommer höher als im Winter	ganzjährig	Immer möglich	
Im Fokus:		Alternative:		Keine Priorität:	

Potenziale, denen im Rahmen des Transformationsplans eine hohe Priorität beigemessen wird, sind in der rechten Spalte grün gekennzeichnet.

⁴ Quelle: Angaben durch die Technischen Betriebsdienste Reutlingen, Eigenbetrieb der Stadt Reutlingen

Primär sollte die Abwärmenutzung des Abwassers erfolgen. Im Rahmen des Modul-1-Antrags wurden bereits Planungen für die HOAI-Leistungsphasen durchgeführt. Zudem sollte das Biomassepotenzial im Rahmen der gesetzlichen Einschränkungen genutzt werden.

Das industrielle Abwärmepotenzial ist grundsätzlich auch ein Potenzial, das mit hoher Priorität genutzt werden sollte. Im konkreten vorliegenden Fall ist aber die Abwärmeverfügbarkeit im Winter stark eingeschränkt, so dass die aufwändige Einbindung über eine Wärmepumpe die Nutzbarkeit einschränkt und deshalb die industrielle Abwärme zunächst im Vergleich zu anderen Quellen zurücksteht.

Als Ergänzungen im Erzeugerportfolio bieten sich noch die tiefe Geothermie und Luft als erneuerbare Wärmequellen an. Sollten sich im Laufe des Transformationsprozesses neue Erkenntnisse ergeben, kann die Bewertung der Potenziale angepasst werden.

4. Bewertung des zukünftigen Wärme- und Kältebedarfs

Die Entwicklung des Fernwärmeabsatzes wird maßgeblich von zwei Faktoren bestimmt, von den Energieeffizienzmaßnahmen, die die Bestandskunden an ihren Gebäuden vornehmen und von der Entwicklung der Kundenanzahl des Fernwärmenetzes.

In Anlehnung an den Energienutzungsplan (ENP) der Stadt Reutlingen wurde ein mittlerer Bedarfsrückgang von 1,5 % pro Jahr bezogen auf den Raumwärmeanteil aufgrund von Sanierungen angesetzt. Für Eignungsgebiete, in denen vor allem der Neubau größerer Netzbereiche nötig ist, wurde eine Anschlussquote von 80 % zugrunde gelegt, diese sollen spätestens 13 Jahre nach Inbetriebnahme des entsprechenden Leitungsstücks erreicht werden. Entlang des Bestandsnetzes wurde für diejenigen Wärmepotentiale, die noch nicht an das Fernwärmenetz angeschlossen sind, ebenfalls eine Anschlussquote von 80 % angesetzt.

Die Fernwärmeausbauggebiete wurden auf Basis einer Wärmedichtekarte auf Baublock-Ebene bestimmt. Hierfür wurden die gebäudescharfen Daten aus dem Wärmeatlas Deutschland 2.0⁵ verwendet. Neben der Wärmedichte wurde als zweites, nachrangiges Kriterium der Siedlungstyp berücksichtigt. Reihenhaussiedlungen gelten beispielsweise als weniger attraktiv für einen Fernwärmeanschluss. Die Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten wurde gemäß des Leitfadens KWP BW vorgenommen (siehe Tabelle 6).

⁵ WAD 2.0 Bedarfsdaten entsprechen der Nutzenergie, für die Fernwärmepotenziale erfolgte die Umrechnung in sekundäre Endenergie mit einem Aufschlag für interne Gebäudeverluste von 10 %

Tabelle 6: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten gemäß Leitfaden KWP BW

WÄRMEDICHTE [MWh/ha×a]	EINSCHÄTZUNG DER EIGNUNG ZUR ERRICHTUNG VON WÄRMENETZEN
0 – 70	<i>Kein technisches Potenzial</i>
70 – 175	<i>Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten</i>
175 – 415	<i>Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand</i>
415 – 1.050	<i>Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand</i>
> 1.050	<i>Sehr hohe Wärmenetzeignung</i>

Die Eignungsgebiete wurden im Transformationsplan 1.0 wie folgt klassifiziert:

- Bestandsnetz: bestehende FW-Versorgung mit hoher Durchdringung
- Ausbaugbiet: Gebiete mit keiner bzw. niedriger Durchdringung, auf die sich der mittelfristige Ausbau fokussieren wird
- Prüfgebiete: Gebiete für die noch zu überprüfen ist, ob ein Ausbau sinnvoll ist
- Fremdversorgt: Gebiete die aktuell mittels Inselnetz oder FW-Netz durch einen Dritten versorgt werden

Seit der Ersterstellung des Transformationsplans wurden die Prüfgebiete technisch und wirtschaftlich bewertet. Prüfgebiete, die sich nur mit negativen Auswirkungen auf die Wärmegestehungskosten und schlussendlich auch auf den Wärmepreis an das Fernwärmenetz anschließen lassen, werden nicht weiter betrachtet. Fremdversorgte Gebiete sind nicht mehr in der Darstellung enthalten. Prüfgebiete, die positiv evaluiert wurden, werden nun als Ausbaugbiete geführt. Damit gibt es im Transformationsplan nur noch die folgenden Eignungsgebiete:

- Bestandsnetz: bestehende FW-Versorgung mit hoher Durchdringung
- Ausbaugbiet: Gebiete mit keiner bzw. niedriger Durchdringung, auf die sich der mittelfristige Ausbau fokussieren wird

In Abbildung 22 ist dargestellt, welche Eignungsgebiete der Transformationsplan 2.0 noch umfasst. Insbesondere in der Reutlinger Nordstadt und im südlichen Teil der Oststadt kam es zu signifikanten Veränderungen. In der Nordstadt wäre es insbesondere erforderlich gewesen, neue Leitungen in erheblichem Umfang zu verlegen. Da sich in dem betreffenden Gebiet zahlreiche Reihenhaus-Siedlungen befinden, stünde dem erforderlichen Leitungsbau kein ausreichender Wärmebedarf gegenüber, sodass eine flächendeckende Erschließung der Nordstadt als nicht sinnvoll erachtet wird.

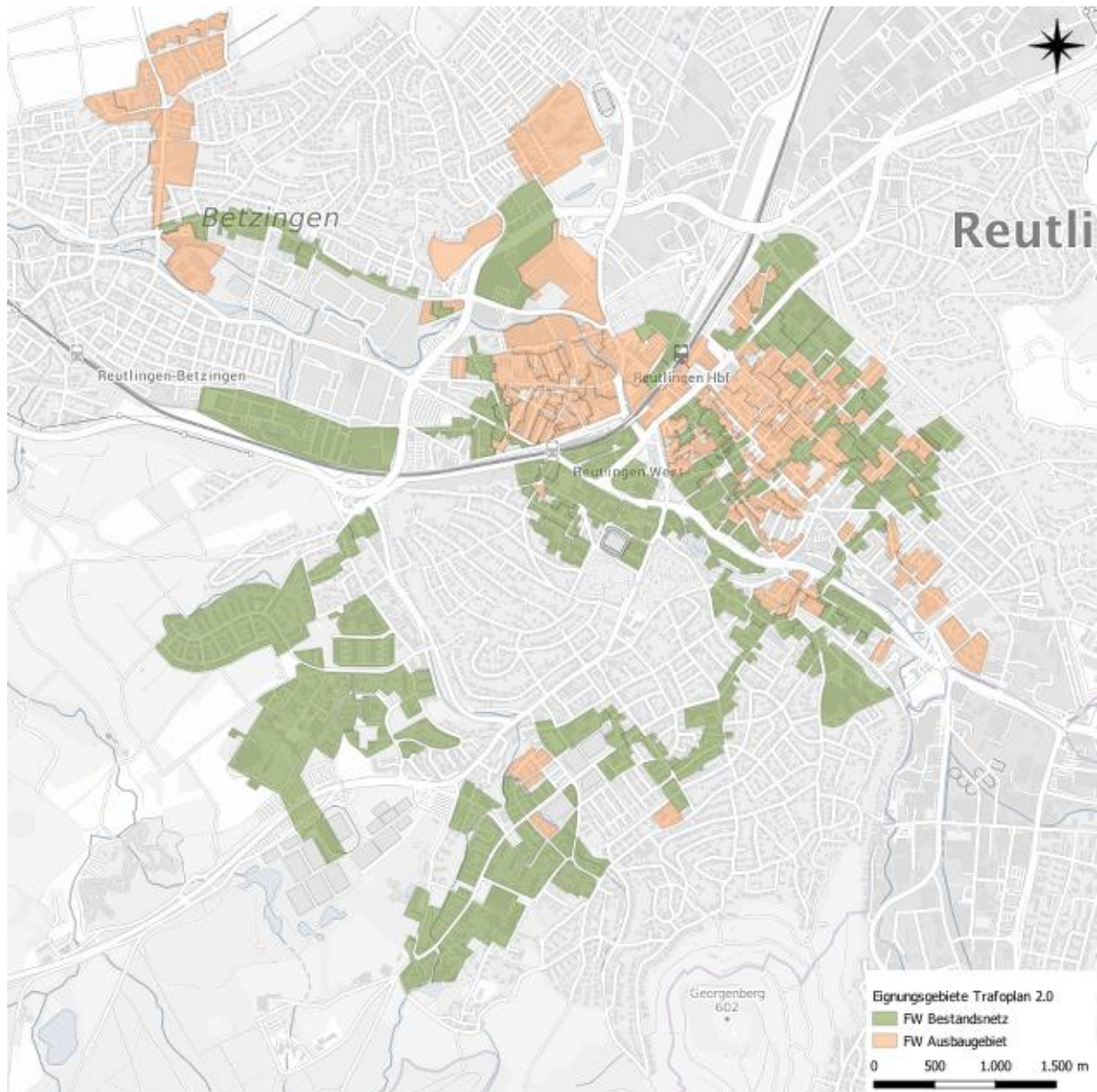


Abbildung 22: Klassifizierung Eignungsgebiete Transformationsplan 2.0

Aufbauend auf der Festlegung der Fernwärmeausbaubereiche erfolgte der Netzentwurf für den Fernwärmeausbau und die zeitliche Zuordnung des Netzausbaus, so dass jedem Trassenabschnitt ein Ausbaujahr zugeordnet wurde (s. Abbildung 23). Die Ausbaujahre wurden anhand der aktuellsten Erkenntnisse, insbesondere der Anschlussanfragen, verifiziert und aktualisiert.

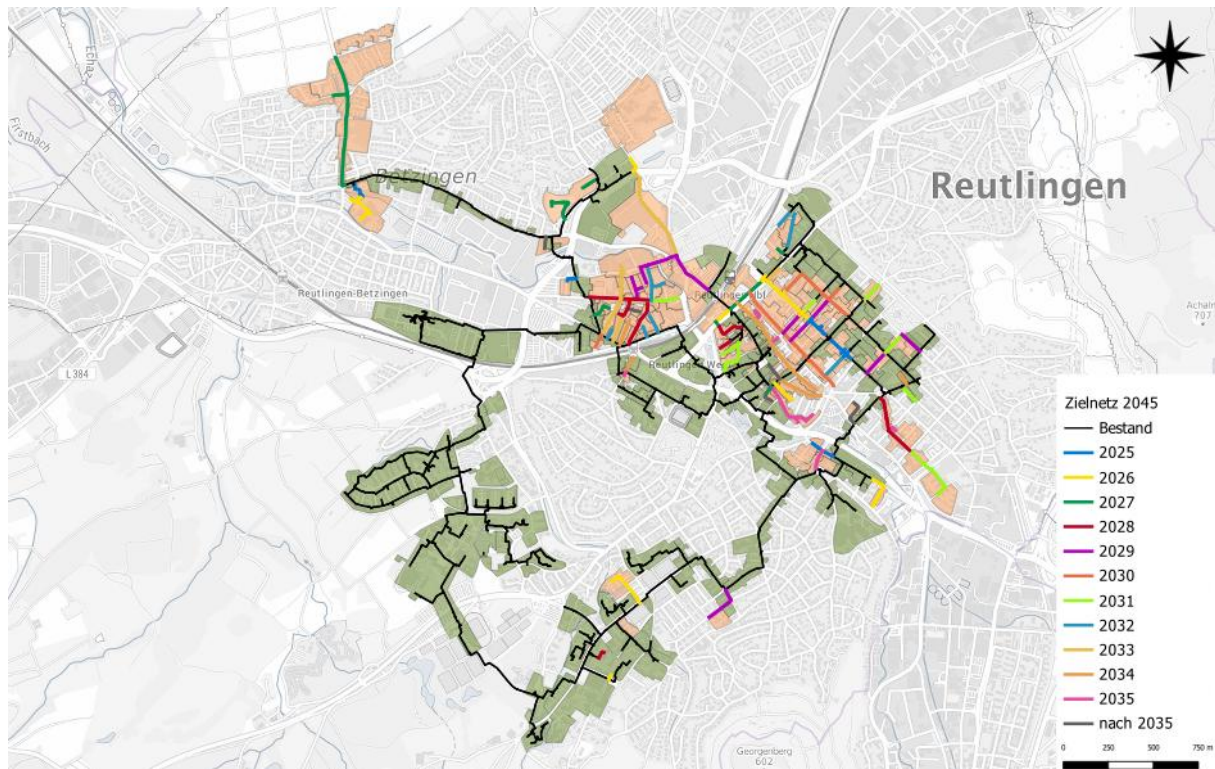


Abbildung 23: Baujahr Fernwärmetrassen

Im Rahmen der Prüfung der potenziellen Fernwärmeanschlüsse wurde zunächst ermittelt, an welchen Stellen bereits Anschlüsse anderer Medien (Strom, Wasser, Gas) vorhanden sind. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde anschließend abgeleitet, an welchen Stellen ein potenzieller Anschluss an das Fernwärmenetz erfolgen könnte. Schließlich wurden die potenziellen Fernwärmeanschlüsse den nächstgelegenen Ausbauabschnitten zugeordnet. Das Baujahr der Trasse entspricht dabei dem Startjahr für die Fernwärmeanschlüsse der umliegenden Objekte. Ausgehend vom Startjahr wurde für jedes Eignungsgebiet eine Aufsiedlung angenommen, die mit einer Anschlussquote von 20 % startet und von einem linearen jährlichen Zuwachs ausgeht bis schließlich 80 % erreicht werden.

In der Folge der Bewertung der Prüfgebiete reduziert sich der Umfang des Netzausbaus im Transformationsplan 2.0 deutlich. In den Fernwärmebestandsgebieten wurde bisher eine Anschlussquote von ca. 50 % erzielt. Die kurz- bis mittelfristige Strategie im Netzausbau fokussiert sich verstärkt auf Nachverdichtung, in deren Konsequenz auch die Zuwachsrate erhöht wurde. Der angestrebte Anschlussgrad im Bestandsnetz beträgt ca. 80 %. Dieser Wert bezieht sich auf das verbliebene Potenzial.

Neubaugebiete bzw. Konversionsgebiete wie z. B. „Schieferbuckel“ wurden mit Plandaten entsprechend berücksichtigt und detaillierter im Netzmodell abgebildet (Abbildung 24).



Abbildung 24: Größere Neubaugebiete: Ringelbachstraße und Schieferbuckel



Abbildung 25: Wärmebedarfsentwicklung Transformationsplan 2.0

Der Fernwärmezuwachs in Abbildung 25 übersteigt in Reutlingen den Rückgang durch Sanierung deutlich, so dass eine Steigerung der Fernwärmelast um fast 56 % bis 2045 unter den angenommenen Randbedingungen zu erwarten ist.

Die Anpassung, die sich aus der Bewertung der Prüfgebiete und der damit verbundenen Reduzierung des Umfangs des Netzausbaus ergibt, sowie die Erhöhung der Anschlussquoten ermöglichen es bis 2045 eine nahezu identische Fernwärmelast wie beim Transformationsplan 1.0 (mit AQ 50 %) zu erreichen. Dies ermöglicht einen deutlich effizienteren Ausbau des Reutlinger Wärmenetzes.

Diese Annahmen führen zu den in Tabelle 7 aufgeführten Kennwerten für Absatz, Netzeinspeisung und Höchstlast.

Tabelle 7: Kennwerte für die Fernwärmeentwicklung Transformationsplan 2.0

Kennwerte	Einheit	2024	2025	2030	2035	2040	2045
Netzeinspeisung	MWh/a						
Absatz	MWh/a						
Netzverluste	MWh/a						
Netzverluste bzgl. auf Einsp.	%						
Berechnete Höchstlast	MW						

Die Netzverluste variieren in Abhängigkeit vom Netzausbau und den zukünftigen Betriebstemperaturen. Für alle Stichjahre werden stundenscharfe Lastgänge erstellt, die der Konzeption von Varianten für dekarbonisierte Erzeugungsoptionen zugrunde gelegt werden.

Der Vergleich des Transformationsplans 1.0 mit dem Transformationsplan 2.0 zeigt, dass sich die Entwicklung der prognostizierten Fernwärmelast in den Stützjahren 2030, 2035 und 2040 erhöht und erst danach unter dem alten Basisfall liegt. Die Entwicklung der Netzverluste ist dabei besonders auffällig. Insgesamt zeigt sich eine Verbesserung der Netzverluste, die ab dem Jahr 2035 sogar erheblich unter den Annahmen des Transformationsplans 1.0 liegen werden. Dies verdeutlicht, dass die Gesamteffizienz des geplanten Ausbaus des Fernwärmenetzes durch die Bewertung der Prüfgebiete und deren Aussparung aus der weiteren Betrachtung erheblich verbessert wird.

Im Falle einer Veränderung der Absatzprognosen während des Transformationsprozesses wird das Konzept entsprechend angepasst.

Ein Kältenetz existiert bisher in Reutlingen nicht, ein Einstieg in dieses Geschäftsfeld ist nicht vorgesehen. Aus diesem Grund wird auf die Entwicklung eines Szenarios für die Entwicklung des Kältebedarfs verzichtet.

5. Erzeugerkonzept

5.1. Entwicklung Erzeugerpark – aktueller Stand

Die FairEnergie GmbH hat zum Ende des Jahres 2024 die BHKW-Module 1 bis 5 mit einer Gesamtleistung von 11,9 MW_{th} außer Betrieb genommen. Diese wurden durch [REDACTED] Motoren mit einer Gesamtleistung von ca. [REDACTED] ersetzt. Die neuen Motoren können zukünftig auf einen Wasserstoffbetrieb umgestellt werden (H₂-Ready). Diese befinden sich seit Herbst 2025 im Dauerbetrieb.

Als Teil des ersten Maßnahmenpakets wurden Planungen zu den HOAI-Leistungsphasen 1-4 zum Bau einer Abwasser-Wärmepumpe und eines Wärmespeichers durchgeführt. Die Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden sowie die Vorbereitungen für die Umsetzung innerhalb des ersten Maßnahmenpakets werden fortgeführt. Für einen Holzkessel wurde ein erstes Grobkonzept erstellt, für das Thema Geothermie wurde eine Studienarbeit durchgeführt.

Parallel dazu treibt die Stadt Reutlingen die Planungen für ein mögliches Bioenergiezentrum voran. Diese Maßnahmen⁶ wurde im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung (der Energienutzungsplan der Stadt Reutlingen) identifiziert. Die FairEnergie GmbH befindet sich derzeit in einem Dialog mit der Stadt Reutlingen, um die Integration dieses Potenzials in die Erzeugung des Reutlinger Fernwärmenetzes zu ermöglichen.

⁶ Quelle: Energienutzungsplan Stadt Reutlingen, S.120

<https://www.reutlingen.de/de/Rathaus/Rathaus-Themen/Klimaschutz/Energie/Energienutzungsplan>

5.2. Randbedingungen

5.2.1. Commodity-Preise

Für die Ermittlung von Wärmegestehungskosten wurden Annahmen für die Entwicklung der relevanten Commodities (Strompreis, Erdgaspreis und CO₂-Preis) getroffen.

5.2.2. Verfügbarkeit grüner Gase

Als Betreiber mehrerer Gas-KWK-Anlagen verfolgt die FairEnergie intensiv die Diskussionen und Entwicklungen im Bereich grüner Gase, speziell grünen Wasserstoffs.

Ein dekarbonisierter Erzeugerpark, der sowohl erneuerbare KWK-Anlagen als auch Großwärmepumpen umfasst, ermöglicht einen besser an den Strommarkt angepassten Anlagenbetrieb. Ein diversifiziertes Erzeugungsportfolio ist deutlich weniger anfällig für Schwankungen innerhalb einzelner Märkte. In einer Strommangellage wird die Wärme durch erneuerbare KWK erzeugt. Wenn der Strompreis günstig ist, kommen die Wärmepumpen zum Einsatz.

Es ist derzeit weder abzusehen, ob Reutlingen an ein zukünftiges Wasserstoffnetz angeschlossen wird, noch in welchem Zeitraum dies geschehen wird. Gleiches gilt für die Frage, ob und zu welchen Preisen grüner Wasserstoff zukünftig verfügbar sein wird. Um die Anforderungen einer vollständigen Dekarbonisierung in Baden-Württemberg bis 2040 zu erfüllen, ist im Erzeugerpark des Wärmenetzes Hauffstraße die Installation eines oder mehrerer wasserstoffgefeuerter BHKWs als Ersatz für die erdgasgefeuerten BHKWs vorgesehen.

5.2.3. Klimaneutrale Spitzenlast

Spitzenlastanlagen tragen in der Regel nur einen geringen Anteil (unter 25 % der in das Netz eingespeisten Wärmemenge) zur Wärmeversorgung bei. Der Hebel zur Dekarbonisierung ist folglich geringer als bei der Grundlast. Aus strategischer Sicht ist es daher ratsam, erneuerbare Anlagen zunächst in der Grundlast und anschließend in der Mittellast zu etablieren, um den Prozess der Dekarbonisierung zu beschleunigen. Für die Erzeugung von Spitzenlast werden Technologien gewählt,

- die günstig in der Investition sind
- deren spez. Brennstoffkosten aber i.d.R. hoch sind,
- die disponierbar sind (d.h. „auf Knopfdruck“ zuverlässig in den kältesten Tagen und Nächten des Jahres zur Verfügung stehen),
- deren Brennstoff transportabel ist und
- deren Brennstoff, wenn möglich, auch lagerbar ist.

Heute dominieren Erdgaskessel und z.T. auch Erdgas-KWK-Anlagen die Spitzenlasterzeugung in der Fernwärme. Oft sind die Kessel als bivalente Kessel ausgeführt, die sowohl Erdgas als auch Heizöl nutzen können. Aufgrund der hohen Investitionskosten

vieler erneuerbarer Techniken (z.B. Geothermie, Wärmepumpen) kommen diese zur Spitzenlasterzeugung weniger in Frage. Es ist davon auszugehen, dass auch zukünftig in der Spitzenlast Kessel eingesetzt werden. Als Energieträger kommen grundsätzlich erneuerbare Gase, flüssige synthetische Brennstoffe (PtL), Biomasse oder Strom (PtH) in Frage. Die zuverlässige Verfügbarkeit und das Preisniveau in den Kälteperioden sind heute nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit zu prognostizieren, um eine Technologieauswahl zu treffen. Es erscheint jedoch plausibel, dass Energieträger im Winter sowohl knapp als auch in der Konsequenz teuer sein werden. Entsprechend ist davon auszugehen, dass die Kosten für Leistung in Zukunft stark ansteigen werden.

Die Betrachtung von Spitzenlast- und Reservekapazitäten steht nicht im Fokus dieser Konzeptentwicklung, weil

1. die Entscheidung über die zukünftige Spitzenlasttechnik nicht zeitnah (nicht vor 2030, vermutlich erst nach 2035) getroffen werden muss, um die Transformationsplanung umzusetzen;
2. weder zur Verfügbarkeit noch zur Wirtschaftlichkeit von Spitzenlasttechnologien für den Zeitraum nach 2030 bzw. 2040 ausreichend verlässliche Aussagen getroffen werden können. Wie sich die globale und nationale Verfügbarkeit grüner Gase, wie Wasserstoff oder synthetisches Methan entwickeln wird, dazu gibt es eine große Bandbreite an Studien, aber keine gesicherten Erkenntnisse. Ähnliches gilt für die Entwicklung des europaweiten erneuerbaren Stromsektors. Dass belastbare Einschätzungen zur erneuerbaren Spitzenlast heute schwierig sind, ist jedoch nicht kritisch, da kein zeitnaher Entscheidungsbedarf besteht.

Für das Zieljahr, in dem 100 % Klimaneutralität erreicht werden soll, wird angenommen, dass erneuerbare Brennstoffe in ausreichender Menge zur Verfügung stehen, um die Spitzenlast zu decken.

Aus diesen Gründen beobachtet die FairEnergie GmbH die zuvor (Kap. 3.7 bzw. 5.1) skizzierten Entwicklungen beim Bioenergiezentrum mit großem Interesse, da dadurch eine erste realistische Alternative zur zukünftigen Deckung der Spitzenlast aus erneuerbaren Quellen aufgezeigt wird.

5.3. Entwicklung Zielerzeugerkonzept

Ein erheblicher Teil des aktuellen, vorwiegend erdgasbasierten Erzeugerarks im Wärmenetz Hauffstraße erreicht zwischen 2035 und 2040 das Ende seiner technischen Lebensdauer. Die Zeitschiene ist in Abbildung 26 dargestellt.

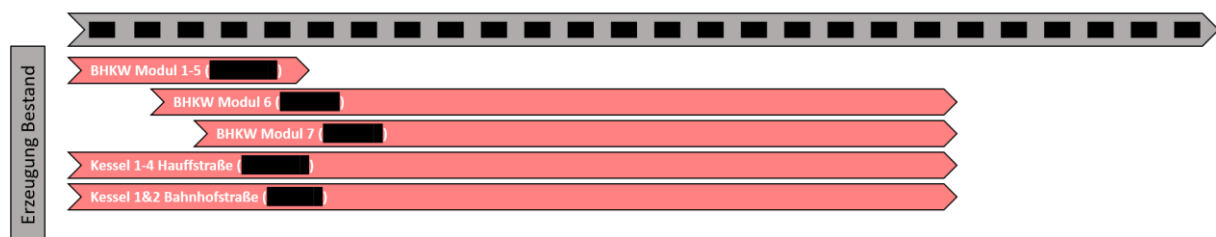


Abbildung 26: Zeitschiene Außerbetriebnahme des aktuellen Erzeugerarks

Die Kessel an den Standorten Hauffstraße und Bahnhofstraße sind zwischen 2036 und 2040 zur Außerbetriebnahme vorgesehen. Aufgrund der zuvor skizzierten Herausforderungen bei der Identifikation erneuerbarer Spitzenlastoptionen werden die Spitzenlastkessel jedoch so lange betrieben, wie dies technisch und rechtlich möglich ist. Sollten sich hier im Laufe der Zeit neue Potenziale ergeben, wird das Erzeugungskonzept entsprechend angepasst. Die bestehenden KWK-Anlagen (BHKWs) haben eine Laufzeit, die teilweise bis 2037–2039 reicht. Die neu gebauten BHKWs haben eine Laufzeit bis 2039.

Auf Basis der Potenzialanalyse wurde ein zukünftiger Erzeugerpark entworfen, der sich auf die Nutzung der Abwasserwärme fokussiert. Ergänzend wird feste Biomasse und Umweltwärme aus geothermalen Quellen und Luft vorgesehen.

Tabelle 8: Übersicht über zukünftige Erzeugungsanlagen

Quelle	Informationen zur Anlage
Klarwasser-Auslauf der Kläranlage West	Nutzung der Abwärme mit Wärmepumpe am Standort Hauffstraße ca. [REDACTED]
Feste Biomasse (Holz)	Holz-Kessel am Standort Hauffstraße ca. [REDACTED]
Tiefe Geothermie	Nutzung mit Wärmepumpe an einem potenziellen neuen Standort ca. [REDACTED]
Luft	Nutzung mit Wärmepumpe am Standort Hauffstraße ca. [REDACTED]
Wasserstoff oder PtG	BHKW am Standort Hauffstraße ca. [REDACTED]
Wasserstoff/PtG/PtL(Bioöl)	Spitzenlastkessel [REDACTED] ([REDACTED] im Jahr [REDACTED] und [REDACTED]) am Standort Bahnhofstraße 20 MW _{th} am Standort Hauffstraße

In Abbildung 27 ist die Entwicklung des aktualisierten Erzeugerparks für den Transformationsplan 2.0 dargestellt. Die Entwicklung der Höchstlast ist der Tabelle 7 zu entnehmen. Die Darstellung des angestrebten Erzeugerparks für den Transformationsplan 2.0 wurde insgesamt etwas vereinfacht. So wurden gleichartige Anlagen (bspw. BHKW Modul 1-3 & 6/7, Spitzenlastkessel 1-4, WP Modul 1-3) in der Darstellung zusammengefasst.

Die benötigte erneuerbare Erzeugungsleistung für die Höchstlast für 2045 wird mit ca. [REDACTED] prognostiziert. Unter der Annahme, dass die größte Erzeugungseinheit weiterhin ca. [REDACTED]

Leistung hat, wird eine Anlage mit dieser Größenordnung zur Besicherung angesetzt (insgesamt also [REDACTED]).

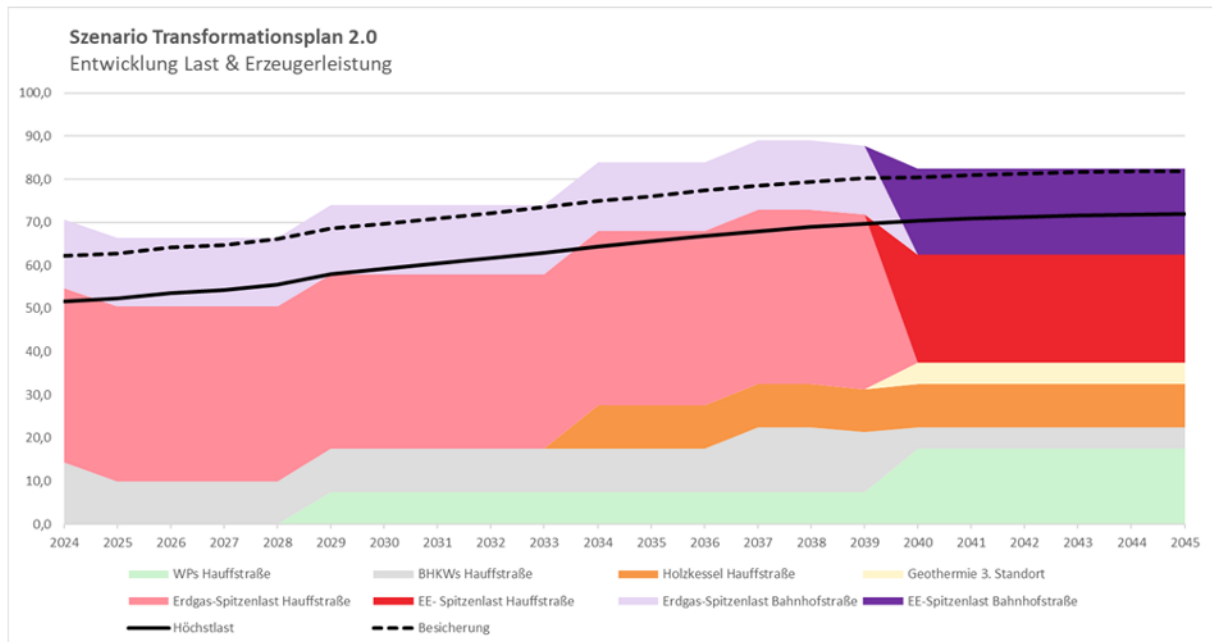


Abbildung 27: Entwicklung Anschlussleistung und Erzeugerleistung Trafoplan 2.0

Die Inbetriebnahme der ersten Abwasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von [REDACTED] ist für das Jahr [REDACTED] vorgesehen. Sie nutzt das Klarwasser der Kläranlage West als Wärmequelle.

Für das zweite Maßnahmenpaket der Erzeugung ist die Integration eines Holzkessels vorgesehen. Gemäß der Wärmebedarfsprognose des Transformationsplans 2.0 werden die Redundanz-Anforderungen an die Besicherungsleistung [REDACTED] mit dem Bestandspark, einschließlich der zu diesem Zeitpunkt in Betrieb befindlichen ersten Abwasser-Wärmepumpe, aufgrund des Netzausbaus nicht mehr erfüllt. Aus diesem Grund ist die Inbetriebnahme des neuen Holzkessels für das Jahr [REDACTED] vorgesehen.

Im Falle einer eigenständigen Realisierung am Standort des Heizkraftwerks auf dem Betriebsgelände der FairEnergie GmbH könnten dort ca. [REDACTED] erreicht werden. Im Falle der Realisierung des Bioenergiezentrums durch die Stadt Reutlingen sind an diesem Standort bis zu [REDACTED] möglich.

Da die zur Verfügung stehende Abwasserwärme der Kläranlage noch nicht vollständig ausgenutzt ist, ist ein zweiter Bauabschnitt mit einer zweiten Abwasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von bis zu [REDACTED] geplant. Für die Umsetzung des zweiten Abwasser-Wärmepumpenmoduls ist es zunächst erforderlich, dass der Stromnetzbetreiber die entsprechenden Kapazitäten auf Ebene der Mittelspannung schafft. Gemäß dem aktuellen Kenntnisstand ist die Implementierung des zweiten Abwasser-Wärmepumpen-Moduls in den Transformationsplan 2.0 [REDACTED] möglich.

Da sowohl das zweite Abwasser-Wärmepumpenmodul als auch ein möglicher Holzkessel von externen und internen Faktoren abhängig sind, wird in Vorbereitung des betreffenden Maßnahmenpakets intensiv bewertet, welches die wirtschaftlich effizienteste Lösung zu

diesem Zeitpunkt ist und dementsprechend wird das Erzeugungskonzept dann dementsprechend fortgeschrieben.

Zu diesem Zweck soll das Wärmepumpengebäude erweitert werden. Im Zuge dieser Erweiterung ist die Schaffung eines zusätzlichen Platzes im Wärmepumpengebäude für ein weiteres WP-Modul mit einer Leistung von bis zu [REDACTED] vorgesehen. Dieses Modul ist für die perspektivische Nutzung von Luft als Wärmequelle ab dem Jahr [REDACTED] eingeplant.

Aufgrund hydraulischer Anforderungen, die sich bei einem potenziellen Ausfall von Erzeugereinheiten ergeben, ist im zweiten Erzeugungsstandort Bahnhofstraße in naher Zukunft die Nachrüstung eines Redundanz-Kessels mit einer Kapazität von ca. [REDACTED] erforderlich. Für einen solchen Redundanz-Kessel mit einer thermischen Leistung von ca. 8-[REDACTED] werden derzeit verschiedene Optionen untersucht. Gegenwärtig werden insbesondere ein mit Strom oder Gas befeuerter Kessel als realistischste Optionen angesehen. Da aktuell keine förderfähigen Optionen zur Auswahl stehen, wird dieser Kessel außerhalb der BEW umgesetzt. Eine spätere Umrüstung auf Wasserstoff oder grüne Gase wird derzeit geprüft.

Auf der Basis der aktuellen Simulationsergebnisse des hydraulischen Netzmodells, die auf dem aktuellen Netzausbau basieren, ist für den Winter 2025/26 noch keine Erweiterung erforderlich. Die kurz- bis mittelfristige Ausbaustrategie im Transformationsplan 2.0 sieht vor allem die Verdichtung mit neuen Netzanschlüssen im Einzugsgebiet der Bahnhofstraße in der Oststadt vor. Unter Berücksichtigung der aktuellen Kenntnisse ist daher eine Umsetzung im Jahr 2027 sinnvoll.

Weitere Erzeugeranlagen, die ab 2040 eine vollständige Dekarbonisierung ermöglichen, sind perspektivisch eingeplant:

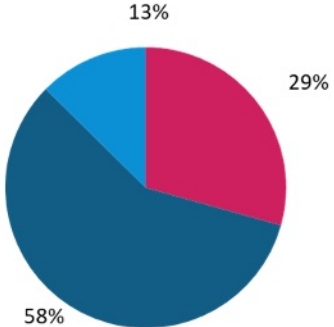
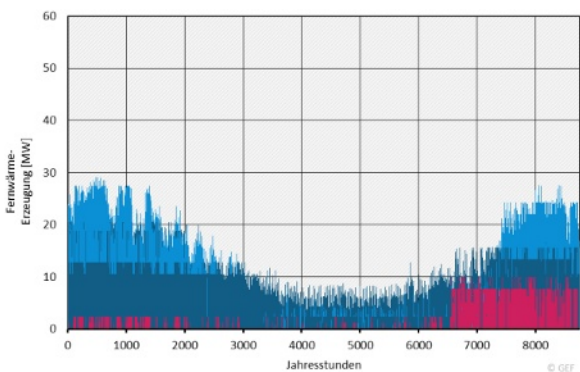
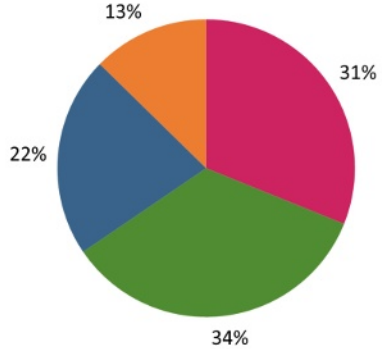
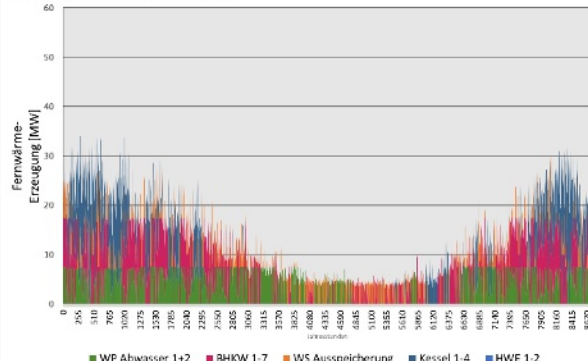
- Nutzung von tiefer Geothermie in Kombination mit einer Wärmepumpe an einem neuen Erzeugerstandort. Eine Erzeugerleistung von ca. [REDACTED] könnte ab ca. [REDACTED] zur Verfügung stehen.
- Ersatz der Erdgas-BHKWs durch Wasserstoff/PtG-BHKWs ab ca. 2040 mit einer thermischen Leistung von ca. [REDACTED]
- Ersatz der Erdgas-Kessel durch erneuerbare Spitzenlastkessel mit einer Leistung von insgesamt ca. [REDACTED] ab ca. [REDACTED]

Folgende Erzeugungsanlagen, die im Transformationsplan 1.0 enthalten waren, werden nicht mehr weiterverfolgt:

- Die ursprünglich für 2033 vorgesehene Nutzung der Abwasser-Wärme aus dem geplanten neuen Hauptsammler der Stadt Reutlingen wurde bewertet und auf Grund des geringen Potentials verworfen.

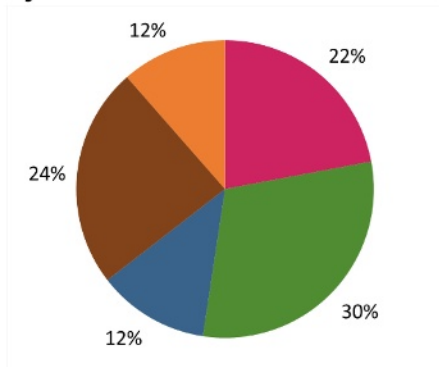
Da der Zeitraum bis 2045 einen langen Planungshorizont umfasst, können derzeit noch nicht für alle potenziellen erneuerbaren Erzeugungsoptionen vollständige Anlagenparameter benannt werden. Diese sind jedoch erforderlich, um den Erzeugereinsatz im Simulationsprogramm BoFiT modellieren zu können. Um dennoch ein rechenfähiges Simulationsmodell sicherzustellen, wurden in der Modellierung Anlagen über ein Sammelprofil zusammengefasst. In der nachfolgenden Darstellung wurden gleichartige Anlagen ebenfalls zusammengefasst, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen und Redundanzen zu vermeiden, ohne die Aussagekraft der Ergebnisse zu beeinträchtigen.

Tabelle 9: Übersicht Netzeinspeisung und Erzeuger-Einsatzreihenfolge für die Stützjahre

Netzeinspeisung	Erzeuger-Einsatzreihenfolge
Stichjahr 2025  Anteil dekarbonisierter Wärme: 0 %	Reutlingen 2025 Szenario AQ50: Lastgang  Erzeuger-Portfolio: - Erdgas-BHKWs - Erdgas-Kessel
Stichjahr 2030  Anteil dekarbonisierter Wärme: - im Wärmespeicher: ca. 46 % - gesamt: ca. 40 % Die Anforderung des Wärmeplanungsgesetzes nach mindestens 30 % dekarbonisierter Wärme werden eingehalten.	Reutlingen 2030 Szenario: Transformationsplan 2.0  Erzeuger-Portfolio: - Erdgas-BHKW - Wärmepumpe 1 Kläranlage - Erdgas-Kessel - Redundanz-Kessel (bis zu  Wärmespeicher)

Netzeinspeisung

Stichjahr 2035



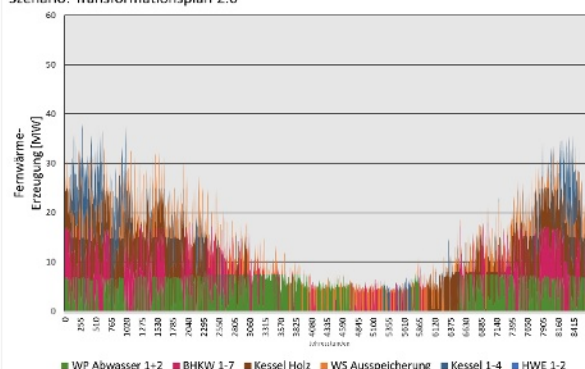
Anteil dekarbonisierter Wärme:

- im Wärmespeicher: ca. 64 %
- gesamt: ca. 61 %

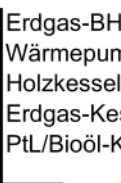
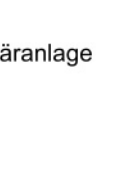
Erzeuger-Einsatzreihenfolge

Reutlingen 2035

Szenario: Transformationsplan 2.0

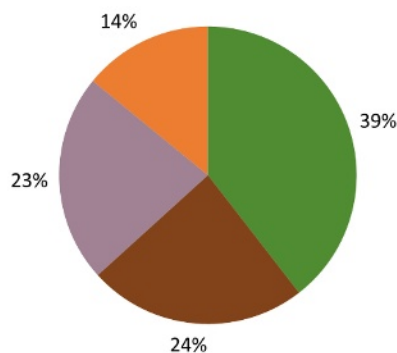


Erzeuger-Portfolio:

 Erdgas-BHKW
 Wärmepumpe 1+2 Kläranlage
 Holzkessel
 Erdgas-Kessel
 PtL/Bioöl-Kessel

(bis zu  Wärmespeicher)

Stichjahr 2040



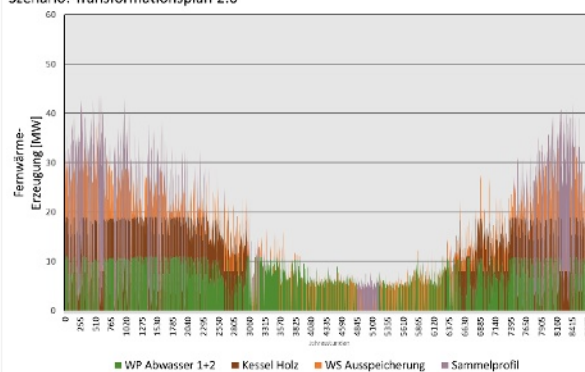
Anteil dekarbonisierter Wärme:

- im Wärmespeicher: 100 %
- gesamt: 100 %

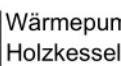
Die Anforderung des Wärmeplanungsgesetzes nach mindestens 80 % dekarbonisierter Wärme werden eingehalten.

Reutlingen 2040

Szenario: Transformationsplan 2.0

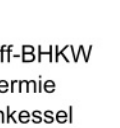


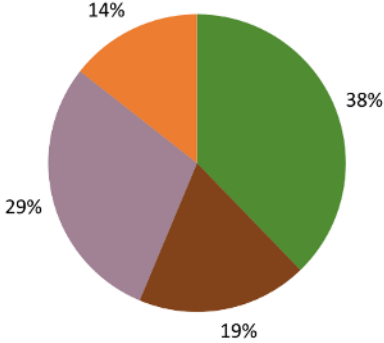
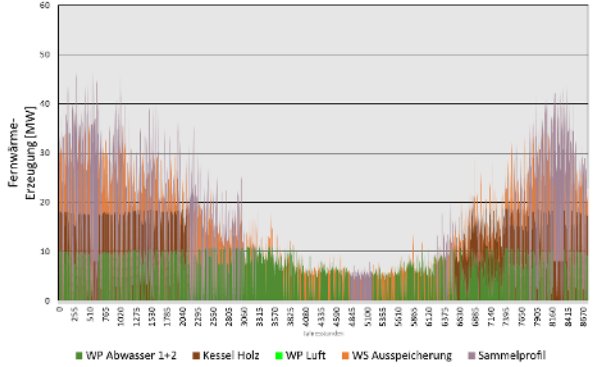
Erzeuger-Portfolio:

 Wärmepumpe 1+2 Kläranlage
 Holzkessel

(bis zu  Wärmespeicher)

Für die Darstellung in einem Sammelprofil aufgrund unzureichender technischer Anlagenparameter zusammengefasst:

 WP Luft
 Wasserstoff-BHKW
 WP Geothermie
 EE-Spitzenkessel

Netzeinspeisung	Erzeuger-Einsatzreihenfolge
	PtL/Bioöl-Kessel
Stichjahr 2045  Anteil dekarbonisierter Wärme: - im Wärmespeicher: 100 % - gesamt: 100 % Die Anforderung des Wärmeplanungsgesetzes nach mindestens 100 % dekarbonisierter Wärme werden eingehalten.	Reutlingen 2045 Szenario: Transformationsplan 2.0  Erzeuger-Portfolio: Wärmepumpe 1+2 Kläranlage Holzkessel (bis zu Wärmespeicher) Für die Darstellung in einem Sammelprofil aufgrund unzureichender technischer Anlagenparameter zusammengefasst: WP Luft Wasserstoff-BHKW WP Geothermie EE-Spitzenkessel PtL/Bioöl-Kessel

In Tabelle 10 sind die zentralen Parameter des Transformationspfades wie gefordert zusammengefasst. Die Parameter zu den Netztemperaturen sind in Kapitel 6.1 näher erläutert. Im Vergleich zum Transformationsplan 1.0 wurde in Tabelle 10 der Anteil der Wärme ergänzt, der durch den Wärmespeicher zeitlich entkoppelt nutzbar ist. Der EE-Anteil des Wärmespeichers kann den Tabelle 9 bzw. Tabelle 10 entnommen werden.

Tabelle 10: Parameter Transformationspfad im Transformationsplan 2.0

Parameter	Einheit	2025	2030	2035	2040	2045
Anteil erneuerbarer Energien ohne Biomasse	[%]	0	34,4	30,2	39,5	37,8
	[GWh/a]					
Anteil Biomasse	[%]	0	0	23,9	23,8	18,5
	[GWh/a]					
Anteil Abwärme	[%]	0	0	0	0	0
	[GWh/a]					
Anteil gasbefeuerter KWK (inkl. EE-Gas)	[%]	29,2	31,1	22,0	0	0
	[GWh/a]					
Anteil gas- und ölbefeuerter Kessel (fossil)	[%]	70,8	21,8	12,5	0	0
	[GWh/a]					
Anteil Wärmespeicher	[%]	0	12,7	11,4	14,1	14,4
	[GWh/a]					
EE-Anteil Wärmespeicher	[%]	0	46,1	63,6	100,0	100,0
	[GWh/a]					
EE-Sammelprofil	[%]	0	0	0	22,6	29,3
	[GWh/a]					
Anzahl Endkunden	[-]					
Anzahl Gebäude und Wohneinheiten	[-]					
Trassenlänge	[km]					
Netzeinspeisung (Gesamtwärmebedarf)	[GWh/a]					
Vorlauftemperatur	[°C]					
Rücklauftemperatur	[°C]					

6. Netzkonzept und Temperaturabsenkung

6.1. Konzept zur Netztemperaturabsenkung

Auch im Transformationsplan 2.0 wird davon ausgegangen, dass durch die zunehmende Gebäudesanierung sowie Sensibilisierung der Kunden für einen effizienten Betrieb der Hausanlagen die Rücklauftemperaturen bis 2040 auf 50 °C im Winter und 55 °C im Sommer absinken. Maßnahmen zur Sensibilisierung und Überzeugung der Kunden werden erforderlich

sein, um diese zur kostenintensiven Umsetzung zu bewegen. Art und Umfang der Maßnahmen sind im Detail noch zu ermitteln. Ein erster Schritt in Richtung Zielnetztemperaturen ist eine zeitnahe Anpassung der TAB. Auch beim Abschluss neuer Versorgungsverträge sowohl mit Bestandskunden als auch mit Neukunden werden die Zieltemperaturen für 2040 vereinbart. Entsprechend kann man im Erfolgsfall auch die Vorlauftemperatur absenken (s. Tabelle 11).

Für den Ausbau in der Heppstraße sind bereits niedrigere Vorlauftemperaturen von max. 95 °C vorgesehen. Diese sollen über eine Beimischstation erreicht werden.

Tabelle 11: Entwicklung der Netztemperaturen

Parameter Winter	Einheit	Ist	2025	2030	2035	2040	2045
Netz Hauffstraße - Vorlauftemperatur	°C	110					
Netz Hauffstraße - Rücklauftemperatur	°C	60					

Eine Absenkung der Rücklauftemperaturen im Netz ist eine No-Regret-Strategie. Die Rücklauftemperatur wird von den Kundenanlagen bestimmt. Abbildung 28 gibt einen Überblick über mögliche Anreize für Kunden die Rücklauftemperatur in den Gebäudeanlagen zu senken.

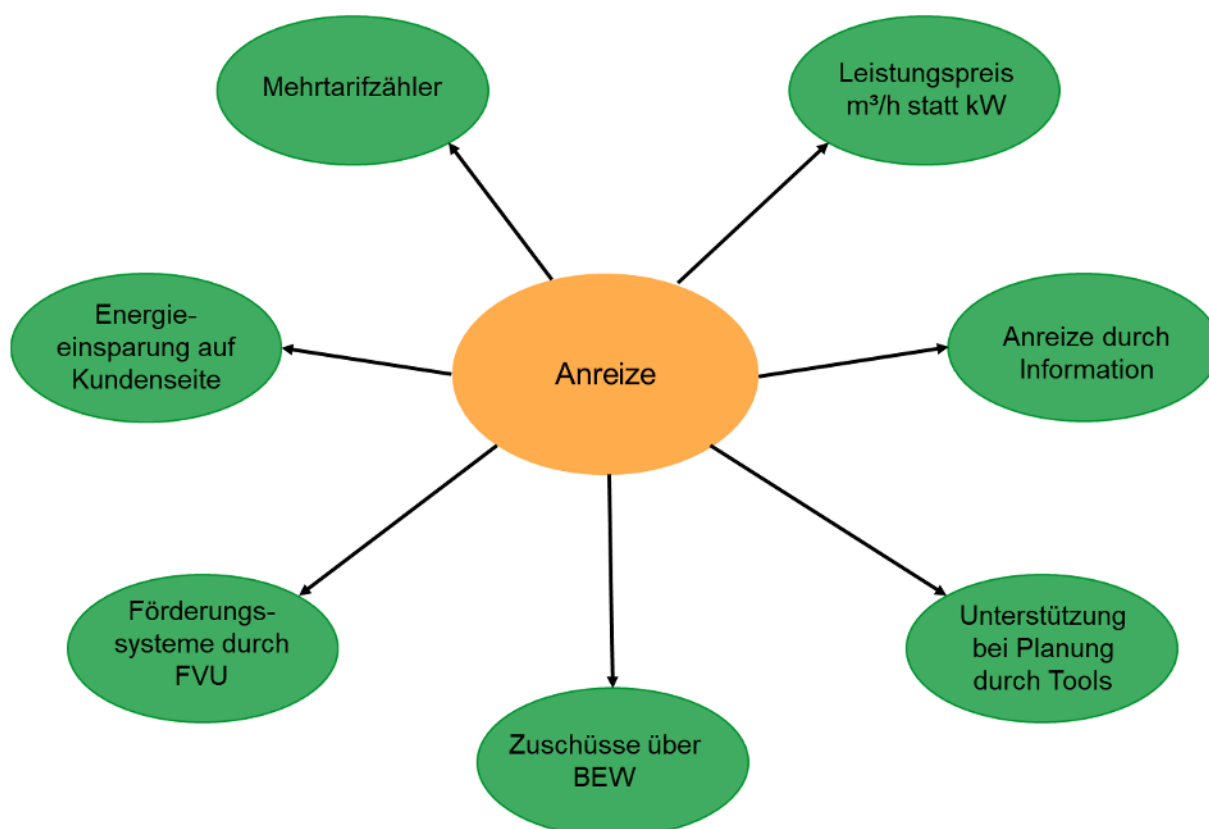


Abbildung 28: Anreize für Kunden zur Erreichung niedriger Rücklauftemperaturen

Damit Kunden sich mit dem Thema Rücklauftemperaturabsenkung befassen, ist in der Regel erhebliche Kommunikation erforderlich. Der erste Schritt ist, die Kunden mit hoher Rücklauftemperatur zu identifizieren. Bei Kunden mit Fernauslesung ist das technisch jederzeit möglich. Bei den restlichen Kunden muss der Wert bei jeder Vor-Ort-Ablesung miterfasst und

die Temperaturspreizung kontrolliert werden. Abbildung 29 zeigt ein Ablaufprogramm zur Erreichung niedriger Rücklauftemperaturen.

1. Messungen durchführen (Temperaturschreiber, Fernauslesung) und Protokollieren der hohen RL-Temperaturen
2. Identifikation von Anlagen mit hohen RL-Temperaturen
3. Kommunikation mit Kunden hinsichtlich hoher RL-Temperaturen
4. Analyse der Ursachen für hohe RL-Temperaturen, gemeinsam mit Kunden und dessen Heizungsplaner bzw. Heizungsbauer
5. Erarbeitung von Vorschlägen zur RL-Temperaturabsenkung
6. Kontrolle und Messung der RL-Temperaturen nach einer angemessenen Reaktions- bzw. Umbauzeit

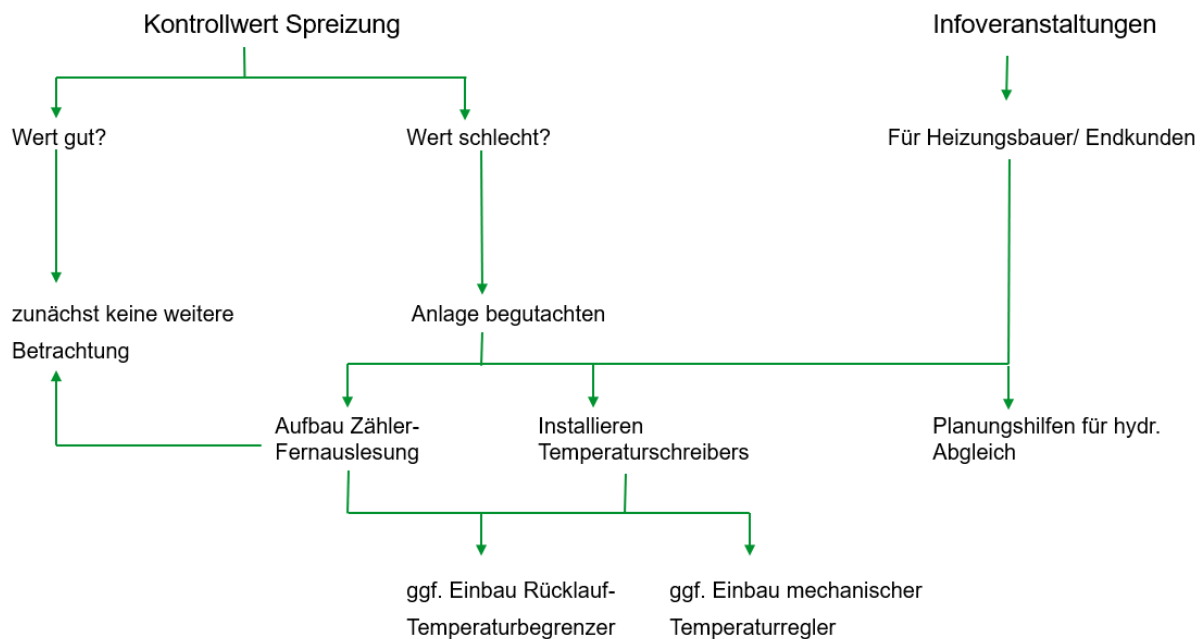


Abbildung 29: Ablauf-Programm Analyse Temperaturspreizung bei Bestandskunden

Im Rahmen des Digitalisierungskonzeptes plant die FairEnergie GmbH den Einbau fernauslesbarer Zähler sowie den Aufbau eines digitalen Netzzwillings. Neben den Wärmemengen werden u.a. auch die Rücklauftemperaturen digital erfasst. Diese verbesserte Datenbasis soll es ermöglichen, noch intensiver als bisher mit Kunden, die eine zu hohe Rücklauftemperatur ins Netz liefern, in den Austausch über Abhilfemöglichkeiten zu gehen. Zusätzlich ist es sinnvoll, weitere Anreize zu schaffen, z.B. durch Etablierung finanzieller Anreize (Förderung, Tarife).

6.2. Entwicklung Netzkonzept

Die Entwicklung des Zielnetzes erfolgte unter Anwendung von hydraulischen Netzberechnungen mit dem Programm STANET. Das Rechnernetzmodell wurde anhand von GIS-Daten (Shape-Dateien) erstellt und mit dem Netzmodell aus ROKA (Hydraulikprogramm, welches die FairNetz GmbH nutzt) abgeglichen. Das Krankenhaus und die Bruderhausdiakonie sind bislang Redundanzkunden, die zwar in den Leistungsmesswerten i. d. R. nicht enthalten sind, deren Leistung aber auch im Höchstlastfall zur Verfügung gestellt und somit im Wärmenetz übertragen werden muss. Der Gleichzeitigkeitsfaktor für die

Netzberechnung wurde aus der Bestandsanalyse abgeleitet und beträgt 65 %. Für potenzielle Neukunden wurde eine Gleichzeitigkeit von 70 % verwendet.

Anschließend wurden die geplanten Ausbautrassen mit dem geplanten Erschließungsjahr ins STANET-Modell überführt. Die potenziellen Kunden entlang der Trassenabschnitte wurden als Summenverbraucher je Trassenabschnitt ins Netzmodell integriert. Die Lastprofile wurden in STANET so abgebildet, dass daraus sowohl der Wärmerückgang durch Sanierung hervorgeht als auch die Aufsiedlungsraten für die jeweiligen Ausbaubereiche. Dadurch konnten vor allem auch die Stichjahre mit geeigneter Einstellung der Lastprofile berechnet werden.

Die Zielnetzdimensionierung erfolgte unter folgenden Randbedingungen:

- Auflösen der Vermaschung bei der Dimensionierung (Vermeidung von Stagnationsbereichen, die zu unsinnigen Nennweiten führen)
- Da sich die potentiellen Flächen für Solarthermie, Geothermie und dem potentiellen Bioenergiezentrum alle in räumlicher Nähe (zwischen Hochschule und Schafstall) befinden wurden diese zu einem potentiellen dritten Erzeugungsstandort mit max. [REDACTED] Einspeiseleistung zusammengefasst
- Die Lastfälle an diesem Erzeugungsstandort wurden so definiert, dass sie den jeweiligen Erzeuger widerspiegeln (bspw. Einspeisung Solarthermie nur im Sommer)
- Dimensionierung der Leitungen auf eine Anschlussquote von 80 %
- Temperaturspreizung TVL / TRL = 95 / 50 °C

Die Zielnetzdimensionierung erfolgte außerdem auf Basis der nachfolgend genannten Lastfälle:

- Höchstlast Standardbetrieb HKW Hauffstraße und HW Bahnhofstraße
- Teillast maximale alleinige Einspeisung aus dem Standort Hauffstraße
- Teillast maximale alleinige Einspeisung aus dem Standort Bahnhofstraße mit einer maximalen Kapazität von [REDACTED]

Im Zielnetz bei abgesenkter Vorlauftemperatur wird davon ausgegangen, dass die Beimischstation in der Heppstraße nicht mehr in Betrieb ist.

Die aktuelle Druckhaltung am Standort Hauffstraße führt zu Einschränkungen im Netzbetrieb. Über die Rücklaufdruckhaltung wird ein Druck von [REDACTED] gehalten. Mit der Regelungsabweichung können bis zu [REDACTED] im Netzurücklauf anstehen. Der Vorlaufdruck wird über die Sicherheitskette bei maximal [REDACTED] liegen, für die Berechnung sollten daher zur Sicherheit nur [REDACTED] angesetzt werden. Damit beträgt der Differenzdruck für die Netzdruckverluste inklusive Differenzdruck für die Hausübergabestationen nur maximal [REDACTED]. Mögliche Optimierungen wären:

1. Anstatt mechanischer Druckbegrenzer auf elektronische Druckbegrenzer umstellen.
2. Anstatt einer Rücklaufdruckhaltung auf eine Mitteldruckhaltung umstellen

Da grundsätzlich nichts gegen eine Mitteldruckhaltung spricht, wird diese Option weiterverfolgt. Diese Option wurde im Rahmen der Planungen zum Wärmespeicher detailliert

untersucht. Die Umstellung wird [REDACTED] umgesetzt. Bei der Detailbetrachtung ist auch das Zusammenspiel mit der Druckhaltung in der Bahnhofstraße zu betrachten.

- Bei der Zielnetzbetrachtung ergeben sich auf Basis der vorhandenen Druckhaltung folgende Ergebnisse Ruhedruck HKW Hauffstraße im Rücklauf [REDACTED] bezogen auf 357 m üNN
- Minimaler Rücklaufdruck Hochschule [REDACTED] bezogen auf 407 m üNN
- Differenzdruck Netzschlechtpunkt [REDACTED]
- Rücklaufdruck am Hochpunkt [REDACTED] bezogen auf 414 m üNN

Die Betrachtungen für die Anpassung der Druckhaltung hat das Folgende ergeben. Um Ausgasung am Netzhochpunkt zu vermeiden, dürfen in den beiden Heizwerken folgende Drücke nicht unterschritten werden (bezogen auf die Höhe des Eintritts der Rohrleitungen in das Heizwerk):

- Hauffstraße [REDACTED]
- Bahnhofstraße [REDACTED]

Um Kavitation in den Pumpen zu vermeiden, dürfen folgende Zulaufdrücke nicht unterschritten werden (bezogen auf die Höhe des Pumpenzulaufs):

- Hauffstraße [REDACTED]
- Bahnhofstraße [REDACTED]

Der maximale Druck im Vorlauf des Heizkraftwerks Hauffstraße ist auf [REDACTED] begrenzt. Bei Überschreitung werden die Netzpumpen heruntergeregelt.

Auf Grund der insbesondere in der Hauffstraße relativ kleinen Differenz zwischen dem hohen Mindestdruck (wegen Ausgasung im Hochpunkt) und dem Maximaldruck (Druckwächter bzw. SDBs) ist mit einer normalen Rücklauf-Druckhaltung der maximale Volumenstrom des Heizkraftwerks Hauffstraße auf näherungsweise [REDACTED] begrenzt. Dies entspricht ca. [REDACTED] bei [REDACTED] Temperaturspreizung. Daher wird eine Mittendruckhaltung empfohlen, die im Fall stehender Netzpumpen den Mindestdruck im Hochpunkt sicherstellt und mit wachsendem Volumenstrom einen niedrigeren Druck auf der Rücklaufseite der Anlage ermöglicht. Dadurch sind Volumenströme von [REDACTED] ([REDACTED]) in der Hauffstraße und [REDACTED] ([REDACTED]) in der Bahnhofstraße realisierbar.

Gemäß den bereits skizzierten Anpassungen fokussiert sich der Transformationsplan 2.0 auf ein einziges Szenario, in dem v.a. ein signifikanter Anteil der Nordstadt keine Fernwärmeversorgung erhält und ein Teil der unteren Oststadt nicht mehr im Ausbauplan berücksichtigt wird.

Abbildung 30 zeigt den Lastfall „Trafoplan 2.0“, bei dem im Zielnetz die Summe der Höchstlasteinspeisung [REDACTED] beträgt, die sich wie folgt aufteilt: HKW Hauffstraße [REDACTED], HW Bahnhofstraße [REDACTED], und am Standort des angedachten Bioenergiezentrums bis zu [REDACTED]. Der Netzschlechtpunkt befindet sich in der [REDACTED] mit [REDACTED] Minstdifferenzdruck. Der Mindestdruck im Netz an der [REDACTED] beträgt [REDACTED] und der Maximaldruck am [REDACTED].

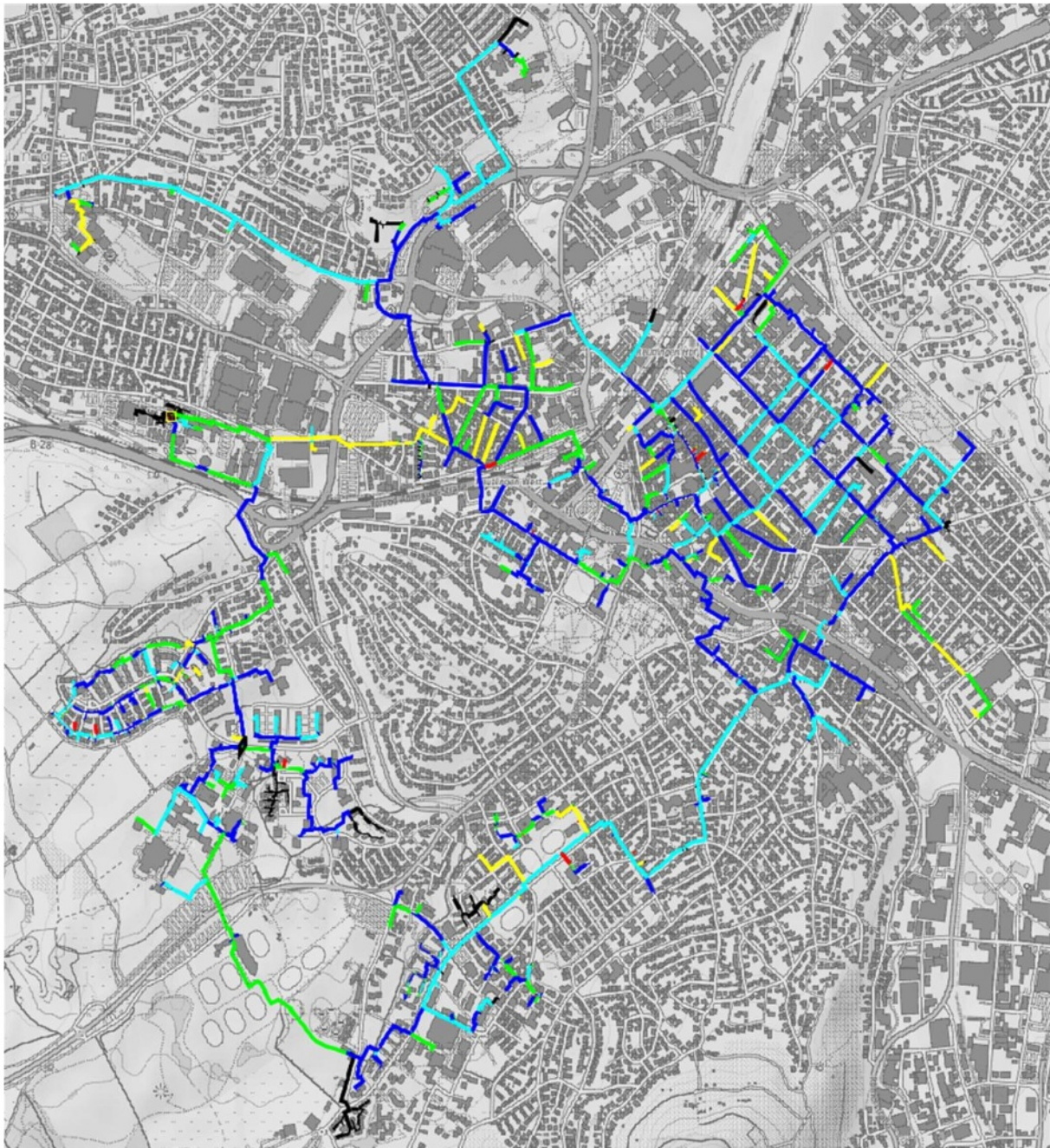


Abbildung 30: Spezifische Druckverluste Zielnetz 2045 mit Einspeisung BEZ

Die nachfolgende Abbildung 31 zeigt das Zielnetz 2045 bei Vollversorgung ohne eine zusätzliche Einspeisung. Das heißt, die Einspeisung beschränkt sich auf die Standorte Hauffstraße und Bahnhofstraße. In diesem Fall zeigt die Abbildung die Strömungsgeschwindigkeiten, die sich für diese Versorgungssituation ergeben.

Bei allen Fällen, in denen es keinen zusätzlichen Einspeisepunkt gibt, weist die Leitung in der [REDACTED] erhöhte Druckverluste auf. Allerdings bewegen sich die Drücke noch innerhalb der zulässigen Grenzen unter der Voraussetzung, dass die Druckhaltung angepasst wird.

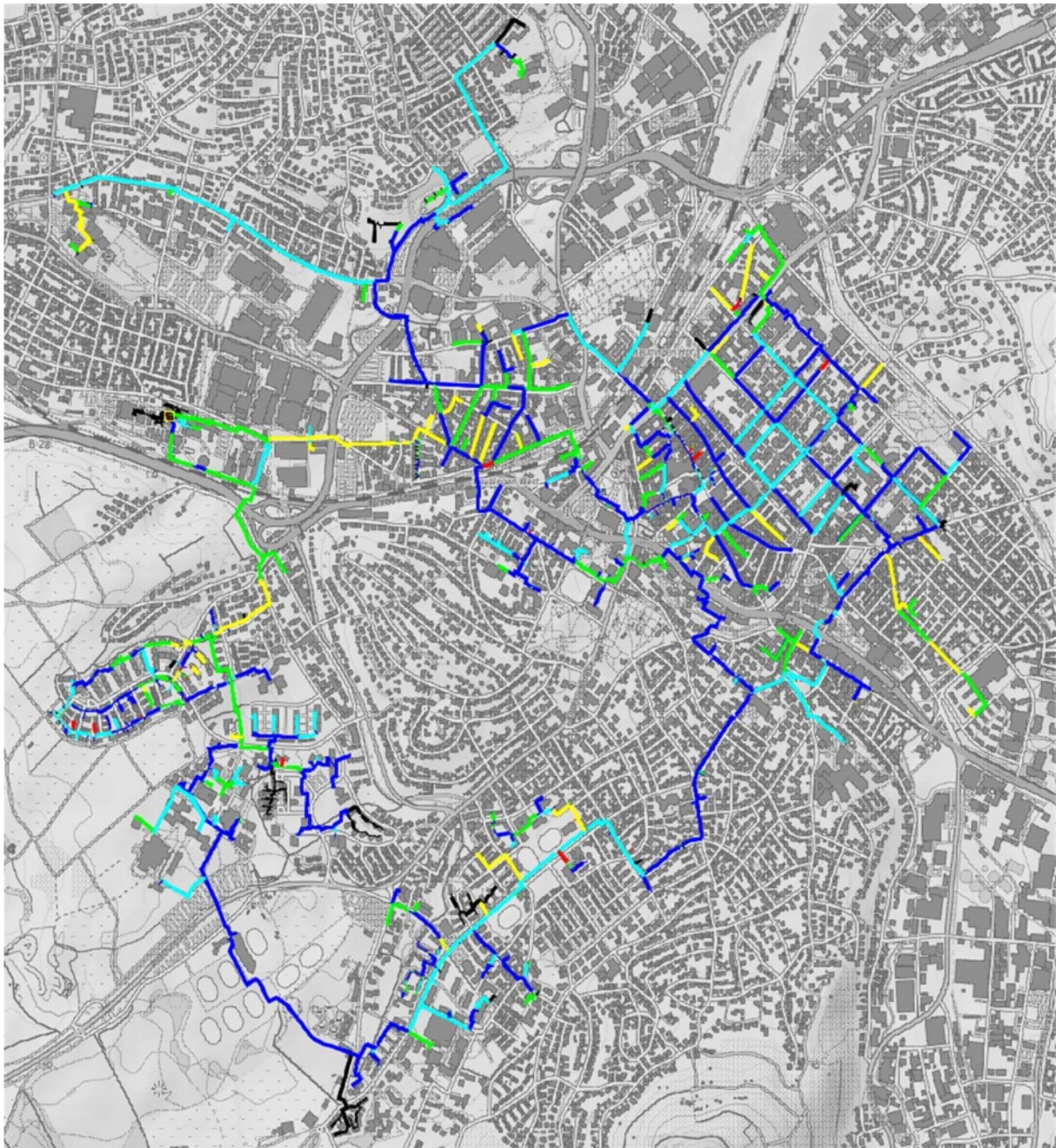


Abbildung 31: Strömungsgeschwindigkeiten Zielnetz 2045 Transformationsplan 2.0

Bei einem weiteren Höchstlastfall für das Zielnetz 2045 wurden in der Simulation große Teile der Nordstadt ausgegrenzt, bei denen davon ausgegangen wird (vgl. Abbildung 32), dass ein Anschluss an das Fernwärmenetz eher unwahrscheinlich ist. Die Versorgung erfolgt bei einer Vorlauftemperatur von 95 °C und funktioniert auch in diesem Fall ohne Netzmaßnahmen im Bestandsnetz. Die Summe der Einspeisung aus dem Standort Hauffstraße, der Bahnhofstraße und Bioenergie beträgt [REDACTED]. Die Einspeisung aus der Bahnhofstraße mit [REDACTED] spielt dabei eine wichtige Rolle. Dieser Lastfall wurde mit einer Mitteldruckhaltung an der Hauffstraße mit reduziertem Rücklaufdruck gerechnet. Der Netzschlechtpunkt befindet sich ebenfalls in der [REDACTED] mit [REDACTED] Minstdifferenzdruck. Der Minstdruck im Netz an der [REDACTED] beträgt [REDACTED] und der Maximaldruck am [REDACTED].

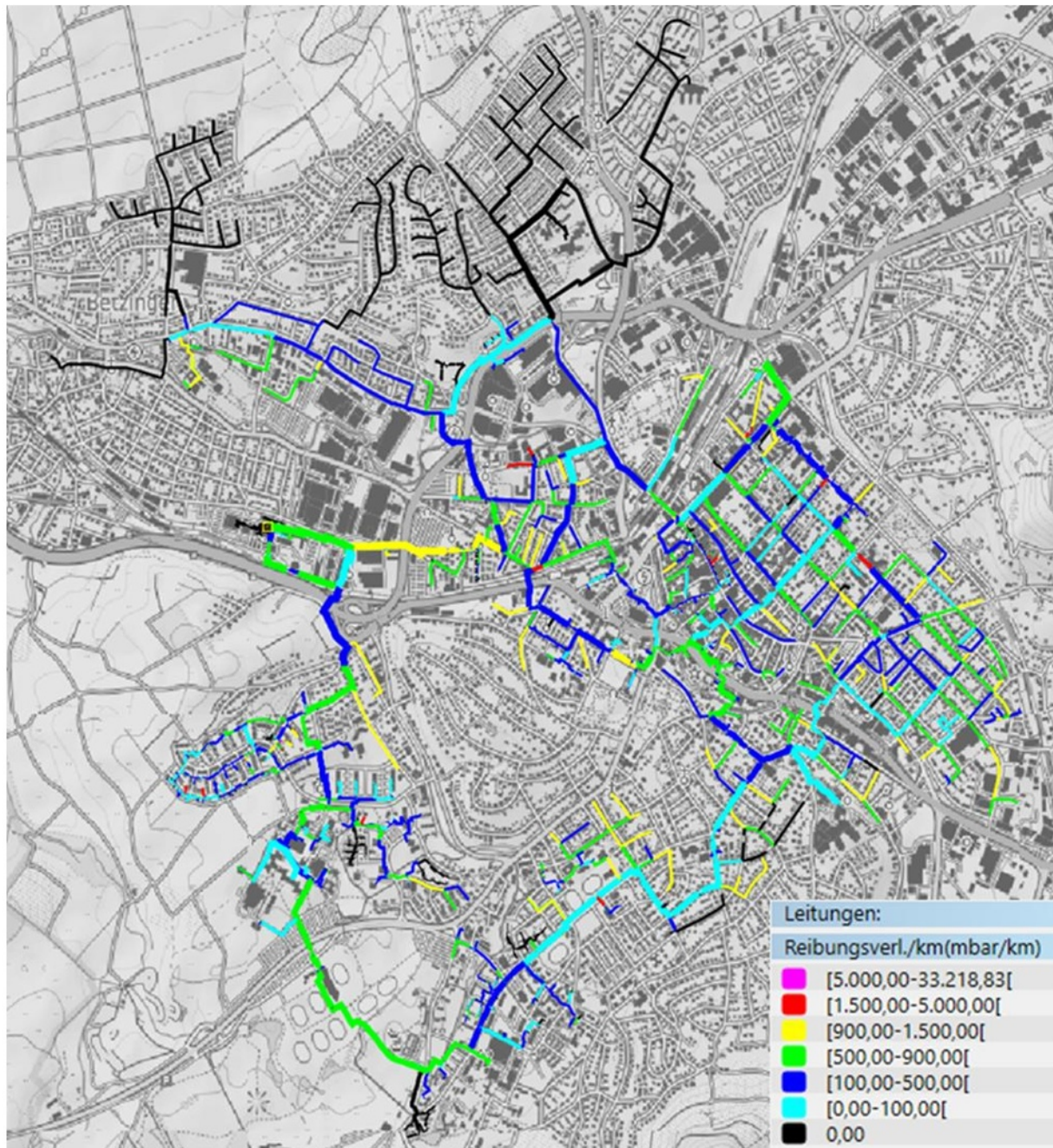


Abbildung 32: Spezifische Druckverluste Zielnetz 2045 – Transformationsplan 2.0

Für den Transformationsplan 2.0 wurde zudem noch ein Teillastfall berechnet, der die Grundlastversorgung abbilden soll. Daraus wurde u. a. auch die maximale Einspeisung aus dem Standort Hauffstraße abgeleitet. Die Einspeisung aus der Hauffstraße beträgt hierbei [REDACTED] bei [REDACTED], die Bahnhofstraße würde mit [REDACTED] ein am Bioenergiezentrum erfolgt [REDACTED] Einspeisung.

Die resultierenden Zielnetzennennweiten für den Transformationsplan 2.0 sind in der Abbildung 33 dargestellt.

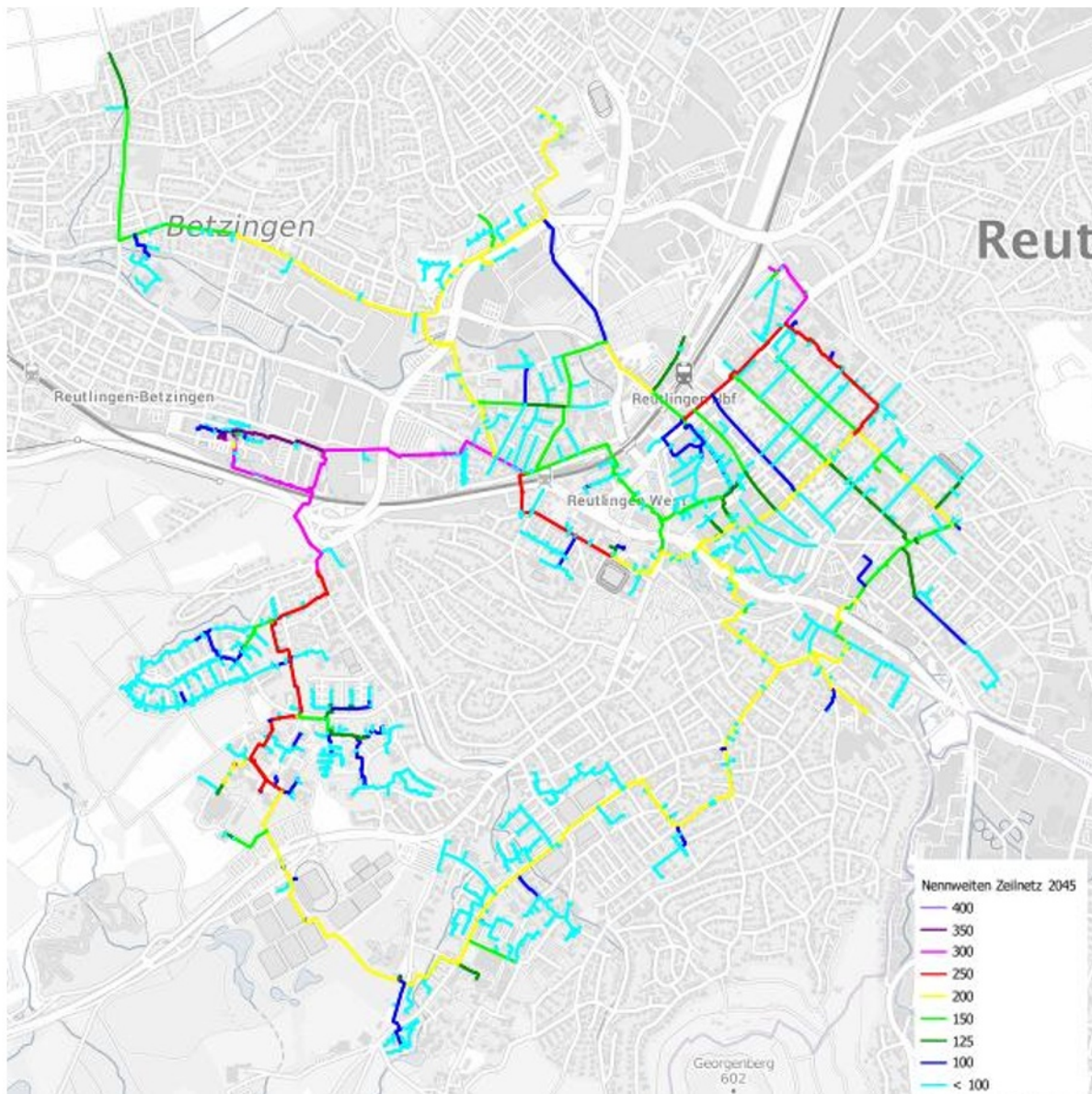


Abbildung 33: Nennweitendarstellung Zielnetz 2045⁷ - Transformationsplan 2.0

Im Rahmen des Transformationsplans 1.0 wurde das Zielnetzmodell herangezogen, um eine Bewertung der Einspeisestandorte Schafstall und Nordstadt vorzunehmen. Das Ziel bestand darin, eine [REDACTED]-Einspeisung bei Höchstlast von Geothermie/Solarthermie zu ermitteln. Der Standort Schafstall weist eine grundsätzlich höhere Eignung auf, erfordert jedoch simultan eine höhere Einspeisung von ca. [REDACTED] aus dem Standort Bahnhofstraße.

Aufgrund der topografischen Gegebenheiten, insbesondere der Höhenlage, erweist sich der Standort Nordstadt als eine Herausforderung bei der Integration in das Verbundnetz. Eine potenzielle technische Lösung könnte in der Errichtung einer Rücklauf-Druckerhöhungspumpe in der unvermassten Leitung zum Standort Nordstadt bestehen. Diese Aussage findet sich in unveränderter Form auch im Transformationsplan 2.0 wieder.

⁷ In türkis sind alle Nennweiten kleiner als DN100 dargestellt.

Die Realisierung eines Bioenergiezentrums an dem bereits erörterten Standort in direkter Nachbarschaft zum Schafstall eröffnet jedoch weitere Möglichkeiten. So wäre es möglich, an dieser Stelle einen gemeinsamen dritten Erzeugungsstandort zu etablieren, der eine Einspeisung von ca. [REDACTED] aus Biomasse und Geothermie ermöglicht.

Mit dem zuvor dimensionierten Zielnetz wurden die Stützjahre 2030, 2035 und 2040 berechnet, um zu überprüfen, ob die dimensionierten Nennweiten auch für die Zwischenschritte ausreichend sind unter Berücksichtigung des zum jeweiligen Stützjahr verfügbaren Erzeugerparks. Für die Stützjahre wurde ebenfalls eine Temperaturspreizung von [REDACTED] vorgegeben, sodass die Vorlauftemperaturabsenkung mit einer gleichzeitigen Absenkung der Rücklauftemperatur einhergeht. In den einzelnen Stützjahren waren hydraulisch keine inakzeptablen Engpässe zu verzeichnen. Das Fernwärmesystem zeichnet sich zudem durch eine hohe Flexibilität aus. Es besteht die Möglichkeit, es von zwei und später ggf. sogar drei unterschiedlichen Erzeugerstandorten einzuspeisen. Durch geänderte Einspeiseverhältnisse kann das System auf entstehende Engpässe reagieren. Auf der anderen Seite besteht die Möglichkeit, bei Wärmehöchstlast weiterhin mit etwas höheren Vorlauftemperaturen ins Netz zu fahren.

Zusammenfassend ergeben sich folgende Kernaussagen für das Zielnetz und die Stützjahre dazwischen:

- Die maximale Einspeisemenge aus dem Standort Hauffstraße liegt je nach zulässigem Vorlaufdruck zwischen [REDACTED] und [REDACTED].
- Die Druckhaltung (Ruhedruck-Einstellwert) muss um [REDACTED] erhöht werden. Dadurch steigt der Vorlaufdruck in der Hauffstraße ebenfalls um [REDACTED] und beträgt somit [REDACTED] bei einem Massenstrom von [REDACTED]. Durch die Anpassung der Druckhaltung ergibt sich am Tiefpunkt ein Druck von [REDACTED]. Mit der Einspeisung aus dem Bioenergiezentrum ist davon auszugehen, dass sich der Vorlaufdruck am Standort Hauffstraße weiter erhöht.
- Die Anpassung der Druckhaltung sollte als eine der ersten Maßnahmen erfolgen und befindet sich auch gerade in der Umsetzung.
- Im Zielnetz bei einer Gesamtlast von [REDACTED] kann eine Einspeisung von etwa [REDACTED] aus der Bahnhofstraße ausreichend sein, sofern das Bioenergiezentrum ebenfalls einspeist. Die erforderliche Einspeisemenge beziehungsweise Leistung aus der Bahnhofstraße hängt somit von der tatsächlichen Last im Zielnetz sowie von der jeweiligen Einspeisekonstellation ab.
- Der Standort Bahnhofstraße hat somit auch zukünftig eine wichtige Bedeutung und muss sich aus hydraulischen Gründen selbst besichern.
- Geringe Einspeisemengen aus der Hauffstraße und große Einspeisemengen in der Bahnhofstraße führen am Hochpunkt [REDACTED] zu sehr niedrigen Rücklaufdrücken. Hierfür ist angedacht die Druckhaltung anzupassen und auf eine asymmetrische Mitten-Druckhaltung umzustellen.
- Teillastfälle mit hoher Einspeisung aus dem Standort Bahnhofstraße und geringer Einspeisung aus der Hauffstraße führen ggf. zu Problemen. Mit der angepassten Druckhaltung können diese Probleme allerdings gelöst werden.

7. Umsetzungsstrategie und Maßnahmenplan

Wie zuvor bereits erwähnt, wurde bei der Überarbeitung des Transformationsplans die neu geschaffene Möglichkeit des BAFA genutzt, innerhalb desselben Wärmenetzes Maßnahmenpakete teilweise zu überlappen. Aus diesem Grund wurde der bisherige Maßnahmenplan angepasst. Künftig wird es einen Maßnahmenplan für die Dekarbonisierung des Erzeugerparks und einen für den Ausbau des Netzes geben.

Die Transformation des Erzeugungsparks des Fernwärmenetzes Hauffstraße in Reutlingen gliedert sich bis 2045 voraussichtlich in bis zu vier Maßnahmenpakete, die jeweils aufeinander folgen. In Abbildung 34 sind die zentralen Transformationsmaßnahmen für die Vorzugsvariante in der Erzeugung auf der Zeitachse dargestellt.

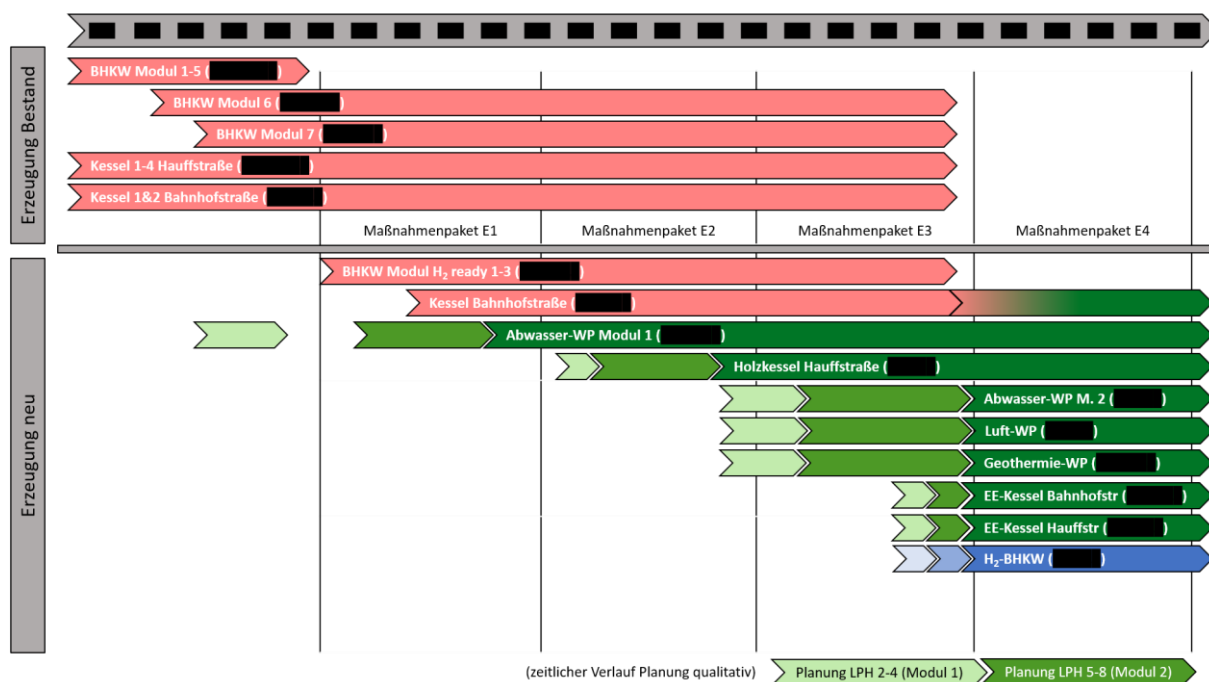


Abbildung 34: Maßnahmenplan Erzeugung - Transformationsplan 2.0

In Abbildung 35 ist der Maßnahmenplan für den Netzausbau dargestellt. Dieser gliedert sich voraussichtlich in bis zu fünf Maßnahmenpakete. Die beiden Maßnahmenpläne werden durch eine stetige Abstimmung mit der Stadt Reutlingen und anderen Trägern öffentlicher Belange hinsichtlich Standorten, Trassenverläufen und deren Koordination mit Maßnahmen anderer Medien im Straßenkörper sowie der Weiterentwicklung der kommunalen Wärmeplanung begleitet.

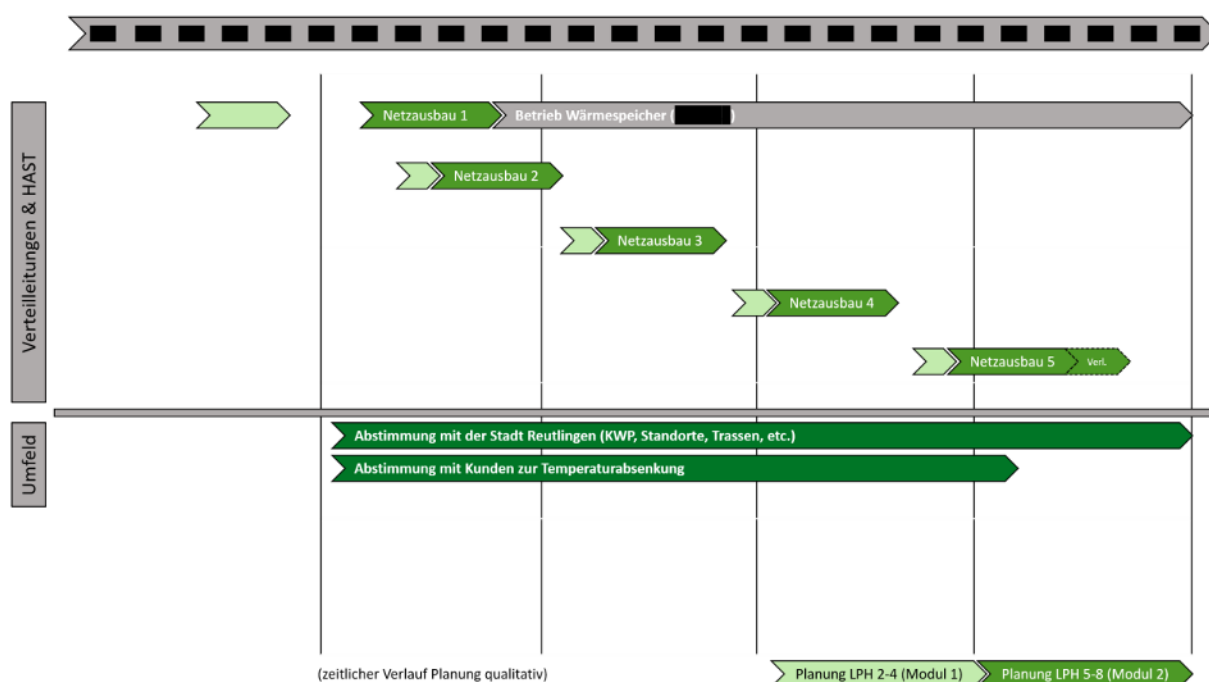


Abbildung 35: Maßnahmenplan Netz - Transformationsplan 2.0

7.1. Maßnahmenpaket E1 – 2026 bis 2029

Groß-Wärmepumpe (GWP) Abwasser 1: Für das erste Maßnahmenpaket ist der Bau einer Wärmepumpe am Standort Hauffstraße zur Nutzung der Abwasserwärme der Kläranlage West (voraussichtlich [REDACTED]) vorgesehen. Für die Wärmepumpe mit ihren beiden Ausbaustufen sind bereits im Rahmen des Modul 1-Antrages die Planungen zu den HOAI-Leistungsphasen 2-4 durchgeführt worden. Im Maßnahmenpaket 1 des Modul 2 sind dann die Planungen der Leistungsphasen 5-8, das Vergabeverfahren sowie der Bau der Anlage enthalten.

Planungen für weitere Erzeugungsanlagen: Zeitlich parallel zum ersten Maßnahmenpaket für die Erzeugung, aber voraussichtlich außerhalb der BEW soll ein Kessel mit ca. [REDACTED] als Redundanzkessel (Bahnhofstraße) in Betrieb genommen werden, der zu einem späteren Zeitpunkt mit regenerativen Brennstoffen betrieben werden kann. Dazu sollen Planungsleistungen und Umsetzung parallel zum ersten Maßnahmenpaket durchgeführt werden. Alternative Möglichkeiten, die noch in der Untersuchung sind, ist die Überbrückung mit einer mobilen Heizzentrale gemietet oder als On-Demand-Lösung.

Umfeldmaßnahmen: Bei den Umfeldmaßnahmen steht die Abstimmung mit der Stadt Reutlingen im Vordergrund.

7.2. Weitere Maßnahmenpakete

Maßnahmenpaket N1 – [REDACTED]:

Wärmespeicher: Für das erste Maßnahmenpaket ist der Bau eines Wärmespeichers mit einem Volumen von [REDACTED] am Standort Hauffstraße zur Optimierung des Erzeugereinsatzes vorgesehen. Der Wärmespeicher hat eine Be- und Entladeleistung von ca. [REDACTED]. Im Rahmen des Baus der Wärmespeicheranlage sollten auch die Anpassungen zur

Druckhaltung erfolgen. Für den Wärmespeicher sind bereits im Rahmen des Modul 1-Antrages die Planungen zu den HOAI-Leistungsphasen 2-4 durchgeführt worden. Im Maßnahmenpaket 1 des Modul 2 sind dann die Planungen der Leistungsphasen 5-8 sowie der Bau der Anlage enthalten.

Maßnahmenpaket E2 – [REDACTED]:

Im Bereich Erzeugung sind die Planungsleistungen und die Umsetzung eines Holzkessels ([REDACTED]) am Standort Hauffstraße vorgesehen. Für die Vorbereitung in Modul 1 muss eine Synchronisierung erfolgen. Die Inbetriebnahme soll bis spätestens [REDACTED] erfolgen.

Maßnahmenpaket N2 – [REDACTED]:

Netzmaßnahmen: Im Laufe des Jahres [REDACTED] sollen Planungsleistungen nach HOAI LP1-4 durchgeführt werden. Diese Planungsleistungen werden zu Beginn des Jahres in Eigenfinanzierung und ohne Inanspruchnahme einer Förderung durchgeführt. Diese Planungsleistungen bilden die Basis für die Beantragung des folgenden Modul-2-Antrags für Maßnahmenpaket N2.

Im Mittelpunkt der Netzmaßnahmen für das Maßnahmenpaket N1 stehen die unterschiedlichen Netzausbaumaßnahmen. Der Netzausbau ist insbesondere in den Gebieten Innenstadt (Oststadt), Tübinger Vorstadt und Heppstraße vorgesehen. Außerdem ist die Nachverdichtung im Bestandsnetz geplant.

Konzept HAST mit niedrigen Vorlauftemperaturen: Temperaturabsenkungen erfordern gegebenenfalls Anpassungen der HAST. Hierfür soll gemeinsam mit den Betroffenen – beispielsweise der gewerblichen Wohnungswirtschaft – ein Konzept entwickelt und kommuniziert werden. Der Prozess zur Entwicklung eines solchen Konzepts sollte zeitnah beginnen, da die Umsetzung langwierig ist. Unabhängig von der BEW ist außerdem geplant, einen digitalen Netzzwilling einzuführen, um die Kenntnis über die tatsächlichen Temperaturen im Betrieb zu verbessern und das Fernwärmenetz insgesamt effizienter betreiben zu können.

Maßnahmenpaket N3 – [REDACTED]:

Im Bereich Fernwärme-Netz läuft der Wärmenetzausbau kontinuierlich weiter. Der Ausbau im Bereich Innenstadt (Oststadt) und der Tübinger Vorstadt soll fortgeführt werden. Außerdem sollen weiterhin Möglichkeiten zur Nachverdichtung genutzt werden. Im Maßnahmenpaket N3 soll analog zu Paket N2 vorgegangen werden, in dem über Planungen nach LP 1-4 die spätere Umsetzung in Modul 2 vorbereitet wird.

Maßnahmenpaket E3 – [REDACTED]:

In diesem Maßnahmenpaket wird die Umsetzung der geplanten Erzeugungsanlagen des nachfolgenden Maßnahmenpaket E4 vorbereitet, d.h. im Maßnahmenpaket E3 werden Planungsleistungen LPH 2-4 im Modul 1 durchgeführt und die Beantragung der Förderung im Modul 2 vorbereitet. Im Konkreten sollen Planungen für das zweite Modul der Abwasserwärmepumpe ([REDACTED]) und eine Luft-Wärmepumpe ([REDACTED]) in der Hauffstraße sowie eine Geothermie-gepeiste Wärmepumpe ([REDACTED]) an einem potentiellen dritten Standort durchgeführt werden.

Maßnahmenpaket N4 – [REDACTED]:

Im Bereich Fernwärme-Netz läuft der Wärmenetzausbau kontinuierlich weiter. Vorgesehen ist der Ausbau u.a. im Bereich Oststadt und der Altstadt. Die Verdichtung entlang des

Bestandsnetzes wird weiterhin fortgeführt. Im Maßnahmenpaket N4 soll analog zu den vorherigen Paketen vorgegangen werden.

Maßnahmenpaket E4 – [REDACTED]:

Im Bereich der Erzeugung ist die Umsetzung und Inbetriebnahme der Wärmepumpe Abwasser Hauffstraße 2 ([REDACTED]), die Wärmepumpe Geothermie ([REDACTED]) sowie die Luft-Wärmepumpe ([REDACTED]) vorgesehen.

Ohne BEW-Förderung ist am Standort Hauffstraße ein BHKW mit [REDACTED] vorgesehen, dass spätestens ab [REDACTED] mit Wasserstoff betreiben wird. Ebenfalls ohne BEW-Förderung ist die Errichtung und Inbetriebnahme von EE-Spitzenlastkesseln mit einer Leistung von insgesamt [REDACTED] geplant.

Maßnahmenpaket N5 – [REDACTED]:

Im Bereich Fernwärme-Netz läuft der Wärmenetzausbau kontinuierlich weiter, wobei der Ausbau des Verteilnetzes nahezu abgeschlossen ist. Ein Großteil dieses Maßnahmenpakets beschäftigt sich mit der Nachverdichtung im Bestandsnetz. Im Maßnahmenpaket N5 soll analog zu den vorherigen Paketen vorgegangen werden. Da aktuell noch nicht absehbar ist, wo in den vorangegangenen Maßnahmenpaketen die Notwendigkeit besteht eine Verlängerung zu beantragen, kann noch nicht abschließend bewertet werden, ob nach dem Maßnahmenpaket N5 noch ein weiteres Maßnahmenpaket nötig ist oder ggf. eine Verlängerung ausreichend ist. Diese Bewertung wird zu gegebener Zeit vorgenommen, der Maßnahmenplan Netzausbau wird bei Bedarf dahingehend fortgeschrieben.

Alle förderbezogenen Maßnahmen beruhen auf der Annahme, dass die BEW auch nach September 2028 weiterläuft.

8. Kostenrahmen und Treibhausgasbilanz

8.1. Kostenrahmen

Für die förderfähigen Anlagen wurden die Investitionen inkl. Planungsleistungen abgeschätzt. Für die Abwasser-Wärmepumpe und den Wärmespeicher liegen bereits Kostenschätzungen vor, die entsprechend eingeflossen sind. Die Fördersummen wurden entsprechend der Förderquoten, 50 % für Modul 1 und 40 % für Modul 2 abgeschätzt. Die Preise sind netto und berücksichtigen keine Inflation. Sämtliche im vorliegenden Transformationsplan aufgeführten Kosten basieren auf dem Preisstand zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Plans. Kosten für den Erwerb von Grundstücken sind nicht berücksichtigt.

In Tabelle 12 werden die Investitionen und die Förderung für das Netz sowie die einzelnen geplanten Erzeugeranlagen dargestellt. Inkludiert sind dabei auch jene Anlagen, die nach heutigem Stand nicht förderfähig sind, jedoch einen Beitrag zur Erreichung der Dekarbonisierung leisten. In der nachfolgenden Tabelle 13 werden die Investitionen und Förderungen dargestellt, die gemäß der BEW förderfähig sind. Alle Werte sind gerundet.

Tabelle 12: Gesamtübersicht Kostenrahmen (gerundet) – Transformationsplan 2.0

Maßnahmenpakete		Modul 1	Modul 2				
			MP E1	MP E2	MP E3	MP E4	
Investition inkl. Planung							
Erzeugung							
Wärmepumpe Abwasser BA1	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Holzkessel	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Wärmepumpe Abwasser BA2	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Tiefengeothermie	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Luft WP Hauffstraße	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Redundanzkessel Bahnhofstr	[Mio. €]						
Spitzenkessel EE	[Mio. €]						
BHKW H2	[Mio. €]						
Summe Investition Erzeugung	[Mio. €]						
Summe Förderung BEW Erzeugung	[Mio. €]						
Maßnahmenpakete		Modul 1	Modul 2				
			MP N1	MP N2	MP N3	MP N4	MP N5
Investition inkl. Planung							
Netz							
Wärmespeicher	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Verteilnetz	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Hausanschlüsse	[Mio. €]						
Förderung BEW - Investition	[Mio. €]						
Summe Investition Netz	[Mio. €]						
Summe Förderung BEW Netz	[Mio. €]						

Tabelle 13: Übersicht förderfähiger Investitionen (gerundet) – Transformationsplan 2.0

Maßnahmenpakete		Modul 1	Modul 2					Summe Modul 2	Summe Modul 1 + 2
Erzeugung	[Mio. €]							90,00	95,00
Netz	[Mio. €]							110,00	117,00
Summe	[Mio. €]							199,00	211,00
BEW Förderung Modul 1 + 2	[Mio. €]							85,00	91,00

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung und die Projektion der Wärmegestehungskosten wurden auf Basis der zuvor skizzierten Anpassungen aktualisiert. Die Entwicklung der Wärmegestehungskosten sind relativ zum Basisjahr in Abbildung 36 dargestellt. Abweichend von den anderen Darstellungen wurde für die Projektion nicht das Basisjahr 2024 gewählt. Die Wärmegestehungskosten sind insbesondere für die Jahre 2023 und 2024 maßgeblich von der Energiekrise beeinflusst, was zu einer Verzerrung des Bildes führt.



Abbildung 36: Projektion Wärmegestehungskosten Transformationsplan 2.0

Auswirkungen auf die Endkundenpreise: Die Entwicklung der Endkundenpreise erfolgt auf Basis einer Preisgleitklausel. Diese wird in den kommenden Jahren mit der Inbetriebnahme der Wärmepumpe aus Maßnahmenpaket E1 angepasst werden, um den sich ändernden Erzeugerpark abzubilden. Die Preisänderungen orientieren sich an den in der Preisgleitklausel verwendeten Indices. Wie sich die Preise zwischen 2028 und 2045 entwickeln ist daher noch nicht abzusehen.

8.2. Energie- und Treibhausgasbilanz

Für das Ist-System und das Zielsystem werden eine Energie- und eine Treibhausgasbilanz erstellt. Ist-Werte sind gemäß AGFW FW-309 mit der Stromgutschriftmethode berechnet, Emissionsfaktoren wurden nach AGFW FW-309 Anhang A.2 verwendet. Für den netzbezogenen Strom für Hilfsenergien wurde ein Emissionsfaktor von $0,560 \text{ t CO}_2_{\text{äq}}/\text{MWh}_{\text{Hi}}$ bis 2040 angesetzt. Abweichend von den Standardwerten nach AGFW FW-309 wurde für den Antriebstrom für Wärmepumpen der Strommix der FairEnergie GmbH angesetzt, dieser beträgt 2024 $0,323 \text{ t CO}_2_{\text{äq}}/\text{MWh}_{\text{Hi}}$ ⁸. Ab 2040 wird davon ausgegangen, dass in Baden-Württemberg nur noch grüner Strom verfügbar ist und somit der Emissionsfaktor $0 \text{ t CO}_2_{\text{äq}}/\text{MWh}_{\text{Hi}}$ beträgt. Für das Ist- und das Zielsystem werden für die Energieträger EE-Gase bzw. EE-Brennstoffe jeweils Treibhausgas- (THG) und Primärenergiefaktoren von 0 angesetzt. Für Erdgas wird ein Primärenergie-(PE)-Faktor von 1,1 und ein THG-Faktor von $0,240 \text{ t CO}_2_{\text{äq}}/\text{MWh}_{\text{Hi}}$ verwendet.

⁸ Quelle: <https://www.fairenergie.de/service/veroeffentlichungen.html>

Tabelle 14 sind die ermittelten Treibhausgas-Emissionsfaktoren und Primärenergiefaktoren sowie für ein Referenzsystem dargestellt.

Tabelle 14: Faktoren für Treibhausgas-Emissionen Ist-System und Zielsystem

	Einheit	Ist	2045
THG-Emissionsfaktor			
Fernwärme	kg CO ₂ äq/MWh _{EE HI}	0	0
Bestand: Erdgas-Brennwertkessel	kg CO ₂ äq/MWh _{EE HI}	240	240
Bestand: Hilfsstrom	kg CO ₂ äq/MWh	560	0
Antriebsstrom WP	kg CO ₂ äq/MWh _{EE HI}	323	0
Primärenergiefaktor			
Fernwärme Netz Hauffstraße		0,4	0
Bestand: Erdgas-Brennwertkessel		1,1	1,1

Der prognostizierte Verlauf für die CO₂-Emissionen bzw. den zugehörigen Einsparungen ist in Abbildung 37 dargestellt. Zum Ende des Jahres 2024 wurden 5 BHKW-Modul von der FairEnergie GmbH außer Betrieb genommen und im Laufe des Jahres gegen 3 neue BHKW-Modul ersetzt. Diese sind im Herbst 2025 in Betrieb genommen wurden. Durch die fehlende BHKW-Erzeugung sind die Emissionen im Jahr 2025 absolut gesunken. Dieses Jahr stellt damit eine Ausnahme dar. Im Jahr 2029 soll zwar das erste Modul der Abwasser-Wärmepumpe in Betrieb gehen, die auch die Emissionen senkt, aber durch den geplanten Netzausbau stiegen die Emissionen durch den vermehrten Einsatz der Bestandsanlagen zunächst an, bis die fortschreitende im Stützjahr 2035 sichtbar wird.

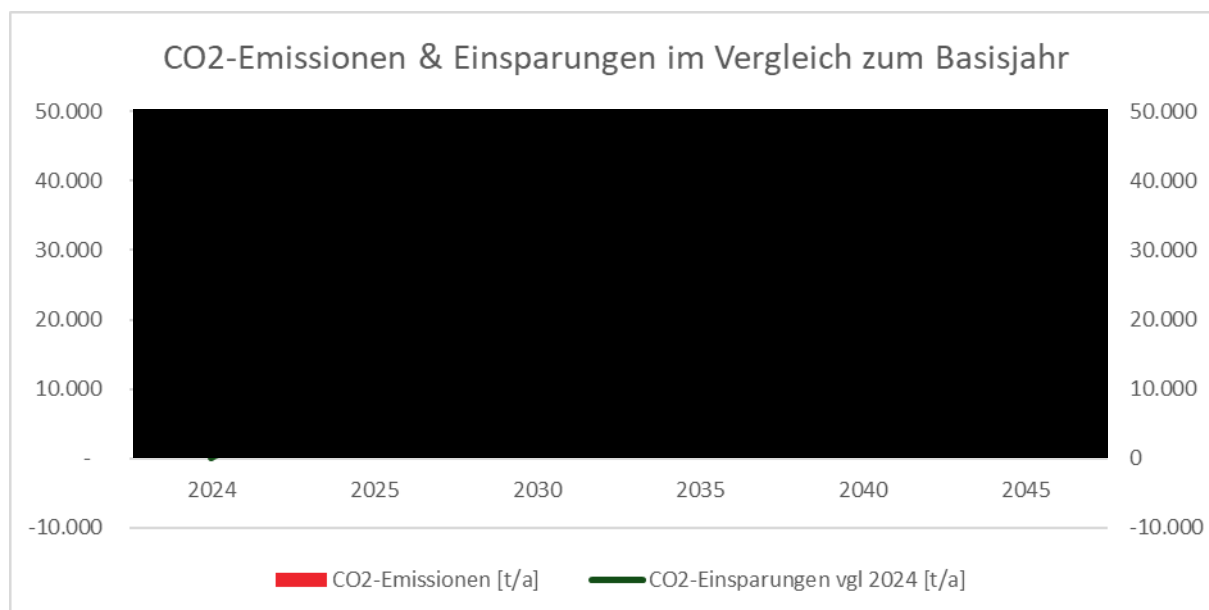


Abbildung 37: Prognose CO₂-Emissionen & Einsparungen

Für die Bilanz wird angenommen, dass die Neukunden der Fernwärme, die Bestandsgebäude beheizen, bisher eine Wärmeversorgung mit dem Referenzsystem Erdgas verwendet haben. In Tabelle 15 sind die Einsparungen an Treibhausgasen und Primärenergie im Szenario stärkere Sanierung für das Stichjahr 2045 gegenüber dem Basisjahr dargestellt.

Tabelle 15: Treibhausgas- und Primärenergie-Einsparung Transformationsplan 2.0

	Endenergie	THG-Emission / Primärenergie
THG-Emissionen	MWh _{HI} /a	t CO ₂ äq
Fernwärme		
Bestand: Erdgas-Brennwertkessel		
Summe		
Einsparung im Jahr 2045 gegenüber Ist		
Primärenergie	MWh/a	MWh _{PE}
Fernwärme		
Erdgas-Brennwertkessel		
Summe		
Einsparung im Jahr 2045 gegenüber Ist		

9. Analyse von Umfeld- und Kontextmaßnahmen

9.1. Digitalisierung

Die leitungsgebundene Wärmeversorgung von Stadtgebieten mit hoher Siedlungsdichte ist ein zentraler Baustein für das Gelingen der Energiewende. Im Zuge dieses Transformationsprozesses werden jedoch auch die Betriebs-, Steuerungs- und Verwaltungsprozesse zwangsläufig sowohl zunehmend komplexer als auch dynamischer. Die Fernwärme der Zukunft erfordert daher innovative Regelungskonzepte sowie neue kommunikative Ansätze.

Erste Schritte zur Digitalisierung der Fernwärme sehen die Installation und Einbindung fernauslesbarer Zähler auf Kundenseite vor, hierfür ist im Maßnahmenplan ein Kostenansatz getroffen worden. Parallel zum ersten Maßnahmenpaket soll 2026 ein digitaler Zwilling für das Fernwärmenetz eingeführt werden.

Weiterführende Ansätze implizieren die Verwendung Intelligenter Messsysteme (iMSys bzw. Smart Meter), die bidirektional an einen zentralen digitalen Leitstand angebunden werden. Da sich eine kabelgebundene Vernetzung bei der Erschließung des Bestands wirtschaftlich nicht darstellen ließe, muss dazu auf drahtlose Kommunikationslösungen zurückgegriffen werden. Hausübergabestationen befinden sich in der Regel jedoch in schlecht zugänglichen Kellerräumen mit sehr eingeschränkter Konnektivität für Funknetze, sodass etablierte Infrastrukturen wie Mobilfunk- oder WiFi-Netze nicht zweckmäßig sind. Das Internet der Dinge (Internet of Things, IoT) bietet hierzu mit der LPWAN-Technologie (Low Power Wide Area Networks, bspw. Mioty™ oder LoRaWAN™) jedoch eine geeignet erscheinende Lösung, die eine relativ gute Durchdringung baulicher Strukturen erlaubt und darüber hinaus nicht zwingend auf lokal verfügbare Hilfsenergie angewiesen ist. Der Aufbau eines flächendeckenden LPWAN-Netzes innerhalb des Versorgungsgebiets stellt somit eine grundlegende Voraussetzung für die Digitalisierung der Fernwärme dar.

Mit einer hinreichenden Verfügbarkeit von Echtzeit-Messdaten aus dem Fernwärmenetz ist es folgend auch erst möglich, das Netzverhalten transparent zu machen. Eine räumlich und zeitlich möglichst gut aufgelöste dynamische Echtzeit-Simulation des Leitungsnetzes, der sog. Digitale Netzzwilling, ist nötig, um die Effizienz zu steigern sowie Versorgungssicherheit und

Resilienz auch bei einer stark zunehmenden Systemkomplexität und -volatilität gewährleisten zu können. Darüber hinaus ließe sich die Effizienz signifikant steigern, wenn eine solche Simulation in eine zentrale Optimierung von Betriebsmitteleinsatz und -fahrweise integriert würde.

Ein weiteres, vermutlich noch deutlich weitergehendes Optimierungs- und Flexibilisierungspotenzial als die dezidierte Regelung des Primärkreislaufs könnte sich darüber hinaus mit einem steuernden Eingriff auf die Sekundär- bzw. Kundenseite heben lassen. Erste Forschungsergebnisse zum sog. Demand Side Management (DSM) lassen darauf schließen, dass sich mit einer ganzheitlichen systemischen Optimierung der Erzeugungs-, Verteilungs- und Kundenseite signifikante Effekte erzielen lassen.

Eine grundsätzliche Anforderung an alle Maßnahmen zur Digitalisierung besteht in der Beachtung und Umsetzung aller branchenüblichen Standards und gesetzlichen Vorgaben zu Datenschutz und -sicherheit.

9.2. Optionen für Tarifierungsmodelle

Tarifierungsmodelle variieren je nach Anbieter und Region und bieten verschiedene Preisstrukturen und Anreizsysteme für die Verbraucher. Im Folgenden werden die gängigsten Tarifierungsmodelle für Fernwärme beschrieben und auch auf spezielle Modelle eingegangen, die darauf abzielen, niedrige Rücklauftemperaturen anzureizen und somit die Effizienz der Fernwärmeversorgung zu steigern.

Die Zusammensetzung des Fernwärmepreises ist die Grundlage für Tarifierungsmodelle. In der Regel setzen sich die Kosten für die Fernwärme aus dem Leistungspreis oder Grundpreis [Euro/kW*Jahr] und dem Arbeitspreis [ct/kWh] zusammen, wobei der Leistungspreis nach der vertraglich vom Fernwärmelieferant vereinbarten vorzuhaltenden maximalen Wärmeleistung [kW] berechnet wird und der Arbeitspreis auf Basis des gemessenen Wärmeverbrauchs [kWh]. Einige Fernwärmeanbieter ziehen für die Berechnung des Fernwärmepreises auch noch ein drittes Element hinzu – den Dienstleistungs- oder Messpreis. Er deckt die Kosten, die für Messungen und Abrechnungen anfallen.

Die genaue Ermittlung der Fernwärmepreise geschieht mittels der Preisgleitklausel, also einer vertraglichen Vereinbarung zwischen dem Fernwärmeversorger und dem Kunden. Eine solche Klausel wird verwendet, um Änderungen der Kostenfaktoren des Fernwärmesystems widerzuspiegeln und den Preis entsprechend anzupassen.

In einigen Fällen können Preisgleitklausel und das Tarifierungsmodell miteinander verknüpft sein. Zum Beispiel kann ein Tarifierungsmodell wie der Staffelpreis verwendet werden, bei dem der Preis pro verbrauchter Wärmemenge von der Höhe der pro Jahr verbrauchten Wärme abhängt. In diesem Fall kann die Preisgleitklausel vorsehen, dass sich die Staffeln Grenzen und -preise periodisch ändern, um Veränderungen der Kostenfaktoren widerzuspiegeln. Allerdings enthalten nicht alle Tarifierungsmodelle eine Preisgleitklausel. Ein Tarifierungsmodell kann auch einen festen Preis für einen bestimmten Zeitraum festlegen, ohne dass eine Anpassung während dieses Zeitraums vorgesehen ist.

Hier sind einige gängige Tarifmodelle aufgeführt und beschrieben:

- **Einheitspreis-Tarifmodell:** Kunden zahlen einen festen Preis pro verbrauchter Wärmemenge, unabhängig von der Tageszeit, der Saison oder individuellen Verbrauchs- oder Leistungsfaktoren. Es handelt sich um einen einheitlichen Satz, der für alle Kunden gleichermaßen gilt. Dieses Modell ist weit verbreitet und kann für bestimmte Fernwärmesysteme von Vorteil sein, da es einfach und transparent ist. Allerdings kann das Einheits-Tarifmodell zu einer mangelnden Anreizwirkung für Kunden führen, ihre Energieeffizienz zu verbessern oder ihren Verbrauch zu reduzieren.
- **Staffelpreis-Tarifmodell:** Der Preis pro verbrauchter Wärmemenge variiert je nach Verbrauchsmenge. Kunden, die mehr Wärme verbrauchen, erhalten möglicherweise einen niedrigeren Preis pro Einheit, weil ihre Versorgung für das Fernwärmeunternehmen Effizienzvorteile bringt. Staffelpreise können sowohl für den Leistungspreis als auch für den Arbeitspreis angeboten werden.
- **Saisonales Tarifmodell:** Der Preis pro verbrauchter Wärmemenge variiert je nach Jahreszeit. In der Heizperiode kann der Preis höher sein als in den wärmeren Monaten. Es basiert auf dem Prinzip, dass die Kosten für die Wärmebereitstellung in verschiedenen Jahreszeiten unterschiedlich sind. Im Allgemeinen sind die Preise in der Heizperiode höher, da in dieser Zeit auch die Bereitstellungskosten pro Einheit für die Fernwärmeversorger am höchsten sind. Außerhalb der Heizperiode hingegen können die Fernwärmeversorger möglicherweise auf regenerative Energiequellen zurückgreifen, was zu geringeren Kosten führt. Kunden, die ihren Wärmebedarf in der Heizperiode reduzieren können, indem sie Energieeffizienz-Maßnahmen umsetzen, können davon profitieren.
- **Spitzenlast-Tarifmodell:** Kunden zahlen einen höheren Preis für die Wärme während der Spitzenlastzeiten, in denen die Nachfrage besonders hoch ist. Außerhalb dieser Zeiten kann der Preis niedriger sein. Somit ist das Spitzenlast-Tarifmodell vergleichbar mit dem saisonalen Tarifmodell und trägt zur effizienteren Nutzung der Fernwärmeressourcen bei und bietet sowohl den Fernwärmeversorgern als auch den Kunden Vorteile. Es kommt z. B. zum Einsatz, wenn Kunden eine Grundlast im Jahresverlauf durch eigene Erzeugungsanlagen decken, aber die Kosten für die Investition in Spitzenlast- und Besicherungsanlagen sparen möchten und diese Leistungen vom Fernwärmeversorger zukaufen.
- **Kombinierte Tarife:** Es gibt auch kombinierte Tarife, bei denen der Preis sowohl von der Verbrauchsmenge als auch von der Tageszeit abhängt. Zum Beispiel kann der Preis pro Einheit während der Spitzenlastzeiten höher sein als außerhalb dieser Zeiten.
- **Bonus- und Malus-Tarife:** Werden in einigen Fällen in der Fernwärme angewendet, um Anreize für bestimmte Verhaltensweisen oder Energiesparmaßnahmen zu schaffen. Im Wesentlichen werden Bonuszahlungen oder Vergünstigungen als Belohnung für positive Aktionen gewährt, während Maluszahlungen als Strafe für unerwünschtes Verhalten oder Verstöße gegen bestimmte Bedingungen auferlegt werden.
- Ergänzend dazu gibt es Tarifierungsmodelle für Fernwärmekunden, die darauf abzielen, niedrige Rücklauftemperaturen zu erreichen, um somit die Effizienz der Fernwärmeversorgung zu steigern. Diese können wie folgt aussehen:
 - **Niedertemperaturtarif:** Bei diesem Tarifmodell wird den Kunden ein Anreiz geboten, niedrige Rücklauftemperaturen beizubehalten. Kunden erhalten z. B.

einen günstigeren Preis pro verbrauchter Wärmemenge in den Stunden, in denen die Rücklauftemperatur unter einem bestimmten Grenzwert liegt.

- **Lastabhängiger Tarif:** Dieses Tarifmodell belohnt Kunden, die ihre Wärmenutzung auf außerhalb der Spitzenlastzeiten verlagern (vgl. Spitzenlast-Tarifmodell). Durch die Verlagerung des Wärmeverbrauchs auf Stunden mit niedrigerer Nachfrage können niedrigere Rücklauftemperaturen erreicht werden. In diesem Tarifmodell erhalten Kunden, die ihre Wärme während Spitzenlastzeiten reduzieren, einen niedrigeren Preis pro Einheit.
- **Temperaturabhängiger Tarif:** Der Preis pro verbrauchter Wärmemenge kann bei diesem Tarifmodell von der gemessenen Rücklauftemperatur abhängen. Je niedriger die Rücklauftemperatur gehalten wird, desto niedriger kann der Preis sein. Dies soll Anreize schaffen, die Rücklauftemperaturen zu senken und die Effizienz zu steigern.
- **Massenstromabhängiger Tarif:** Hier kann die Abrechnung des Leistungspreises über die maximal zur Verfügung gestellte Menge [m^3/h] statt wie zuvor über die eingestellte Maximalleistung [kW] erfolgen. Auch dadurch wird der Kunde motiviert, seine Rücklauftemperatur niedrig und die Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf hoch zu halten. Denn durch Unterschreiten der vertraglich vereinbarten Rücklauftemperatur reduziert sich der Volumenstrom bei gleichbleibender Leistung, was wiederum eine Reduzierung des Leistungspreises bewirkt, welcher der Kunde bezahlen muss.

Durch die Wahl der eingesetzten Wärmemengenzähler eröffnen sich dem Fernwärmenetzbetreiber Möglichkeiten, ein Tarifsystem mit mehreren Tarifzonen in Abhängigkeit von der Rücklauftemperatur aufzubauen. Das Tarifsystem könnte z. B. so gestaltet werden, dass es einen günstigeren Tarif für Rücklauftemperaturen unter 50°C gäbe, einen Standardtarif im Bereich 50 bis 60°C und einen erhöhten Tarif für Rücklauftemperaturen größer 60°C .

9.3. Abstimmung mit dem Umfeld

Stadt Reutlingen: Die FairEnergie stehen als kommunaler Energieversorger und Eigentümer des Fernwärmenetzes in einem engen Austausch mit der Stadt Reutlingen. Als Kommune im Land Baden-Württemberg ist Reutlingen verpflichtet, die Klimaneutralität bereits bis 2040 zu realisieren. Stadtwerke und Stadt stehen daher in einem engen Austausch u.a. auch zur kommunalen Wärmeplanung. Weitere Abstimmungsthemen sind u.a. die Standortfindung von Erzeugungsanlagen, die Nutzung des Klarwassers der kommunalen Kläranlage durch die Stadtwerke, die Trassenfindung und Trassenbau sowie die finanziellen Herausforderungen der Transformation.

Kunden (z.B. gewerbliche Wohnungswirtschaft, öffentliche Gebäude, etc.): Um die Temperaturabsenkung umzusetzen, ist eine intensive Zusammenarbeit mit den Kunden notwendig. Hier sollten Strukturen unter Einbeziehung des Gebäudemanagements der Kunden etabliert werden, damit die (vermutlich vorgesehenen) Gebäudesanierungen auch die technische Gebäudeausrüstung berücksichtigen und die Temperaturabsenkung im Netz unterstützen.

10. Fazit

Der vorliegende Transformationsplan 2.0 für das Fernwärmenetz Hauffstraße in Reutlingen zeigt sowohl die Bandbreite möglicher zukünftiger Entwicklungen auf als auch einen klaren Fokus für die Schritte in den nächsten Jahren:

- Realisierung eines ersten Bauabschnittes für eine Großwärmepumpe zur Nutzung der Abwärme der Kläranlage West
- Bau der Abwasser-Transportleitung vom Klärwerk bis zum Wärmepumpenstandort in der Hauffstraße
- Errichtung des Wärmespeichers am Standort Hauffstraße
- Ausbau der Fernwärmeversorgung in der Innenstadt

Die klimapolitischen Ziele der Stadt Reutlingen sowie die Vorgaben für Mindestanteile dekarbonisierter Fernwärme lt. Wärmeplanungsgesetz (mindestens 30 % am 01.01.2030 und 80 % ab 01.01.2040) werden mit dem Transformationsplan erreicht. Da in Baden-Württemberg für 2040 eine vollständige Dekarbonisierung gesetzlich vorgeschrieben ist, ist der Transformationsplan 2.0 so erstellt, dass auch die strengerer Anforderungen des KlimaschutzG BW erfüllt werden. Der umfangreiche Ausbau der Fernwärme in Reutlingen kann technisch und wirtschaftlich realisiert werden, erfordert aber erhebliche finanzielle und organisatorische Ressourcen.

Bis zum Jahr 2040 sind Investitionen in Höhe von ca. 134 Mio. € für neue Erzeugeranlagen zu tätigen, für das erste Maßnahmenpaket der Erzeugung stehen dem bereits ca. 34 Mio. € an konkreten Investitionen gegenüber. Für Netzmaßnahmen sind bis 2045 Investitionen in Höhe von ca. 116 Mio. € zu tätigen. Die BEW gewährt einen Investitionszuschuss in Höhe von 40 % sowie einen Betriebskostenzuschuss für den Betrieb der Wärmepumpen.

Die gleichzeitige Anforderung, die Versorgungssicherheit sowohl im Strom- als auch im Wärmebereich zu gewährleisten, beide Bereiche möglichst schnell zu dekarbonisieren und dabei sowohl die Renditeanforderungen der Anteilseigner als auch die Bezahlbarkeit der Produkte für die Strom- und Wärmekunden im Blick zu behalten, wird eine Herausforderung bleiben.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Fernwärmenetz Reutlingen	7
Abbildung 2: Untersuchungsbereich für den Transformationsplan der FairEnergie GmbH ...	10
Abbildung 3: Wärmedichten im Wärmenetz Hauffstraße der FairEnergie GmbH	11
Abbildung 4: Versorgungsschema des Wärmenetzsystems in Reutlingen.....	12
Abbildung 5: Wärmemix des Fernwärmesystems Hauffstraße.....	14
Abbildung 6: Netzaltersklassen und Verlegssysteme	15
Abbildung 7: Einspeiseleistung in Abhängigkeit der Außentemperatur	15
Abbildung 8: Netztemperaturen Wärmenetz Hauffstraße 2024.....	16
Abbildung 9: Hydraulische Analyse Netzlast 43 MW – Versorgung nur HKW Hauffstraße...	17
Abbildung 10: Hydraulische Analyse bei Höchstlast 48 MW - Versorgung beide Standorte ..	18
Abbildung 11: Altersstruktur Hausübergabestationen und Kundenstruktur	19
Abbildung 12: Potenzialflächen Solarthermie	20
Abbildung 13: Lage Klärwerk West.....	21
Abbildung 14: Temperaturwerte Kläranlage 2018 – 2022	22
Abbildung 15: Durchfluss am Ablauf der Kläranlage 2018 – 2022	22
Abbildung 16: Klassierung der Abwasservolumenströme	23
Abbildung 17: Lageplan Hauptsammler Ost und Verbindung zum Heizwerk Bahnhofstraße	24
Abbildung 18: Evaluierungsflächen zur Fernwärmeversorgung mit Geothermie	25
Abbildung 19: Lageplan zur Auskopplung industrieller Abwärme.....	27
Abbildung 20: Industrielles Abwärmepotential für FairEnergie GmbH.....	27
Abbildung 21: Biomassepotential (regional) für Reutlingen.....	29
Abbildung 22: Klassifizierung Eignungsgebiete Transformationsplan 2.0	33
Abbildung 23: Baujahr Fernwärmetrassen.....	34
Abbildung 24: Größere Neubaugebiete: Ringelbachstraße und Schieferbuckel.....	35
Abbildung 25: Wärmebedarfsentwicklung Transformationsplan 2.0.....	36
Abbildung 26: Zeitschiene Außerbetriebnahme des aktuellen Erzeugerparks	39
Abbildung 27: Entwicklung Anschlussleistung und Erzeugerleistung Trafoplan 2.0	41
Abbildung 28: Anreize für Kunden zur Erreichung niedriger Rücklauftemperaturen.....	47
Abbildung 29: Ablauf-Programm Analyse Temperaturspreizung bei Bestandskunden.....	48
Abbildung 30: Spezifische Druckverluste Zielnetz 2045 mit Einspeisung BEZ.....	51
Abbildung 31: Strömungsgeschwindigkeiten Zielnetz 2045 Transformationsplan 2.0	52
Abbildung 32: Spezifische Druckverluste Zielnetz 2045 – Transformationsplan 2.0.....	53
Abbildung 33: Nennweitendarstellung Zielnetz 2045 - Transformationsplan 2.0	54
Abbildung 34: Maßnahmenplan Erzeugung - Transformationsplan 2.0.....	56
Abbildung 35: Maßnahmenplan Netz - Transformationsplan 2.0	57
Abbildung 36: Projektion Wärmegestehungskosten Transformationsplan 2.0.....	61
Abbildung 37: Prognose CO ₂ -Emissionen & Einsparungen	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der Projektbeteiligten	9
Tabelle 2: Übersicht der Wärmeerzeugungsanlagen	13
Tabelle 3: Geothermiefotentiale in Reutlingen	25
Tabelle 4: Abschätzung des Abwärmepotentials der industriellen Abwärme	28
Tabelle 5: Übersicht über die Potentiale an erneuerbaren Energien und Abwärme	30
Tabelle 6: Klassifizierung der Wärmebedarfsdichten gemäß Leitfaden KWP BW	32
Tabelle 7: Kennwerte für die Fernwärmeentwicklung Transformationsplan 2.0	36
Tabelle 8: Übersicht über zukünftige Erzeugungsanlagen	40
Tabelle 9: Übersicht Netzeinspeisung und Erzeuger-Einsatzreihenfolge für die Stützjahre ..	43
Tabelle 10: Parameter Transformationspfad im Transformationsplan 2.0	46
Tabelle 11: Entwicklung der Netztemperaturen	47
Tabelle 12: Gesamtübersicht Kostenrahmen (gerundet) – Transformationsplan 2.0	60
Tabelle 13: Übersicht förderfähiger Investitionen (gerundet) – Transformationsplan 2.0	60
Tabelle 14: Faktoren für Treibhausgas-Emissionen Ist-System und Zielsystem	62
Tabelle 15: Treibhausgas- und Primärenergie-Einsparung Transformationsplan 2.0	63

Literaturverzeichnis

BNetzA 2024	Bundesnetzagentur: Wasserstoff-Kernnetz www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Wasserstoff/Antrag_FNB_Anlage6.pdf?__blob=publicationFile&v=1 . (abgerufen am 02.08.2024)
UBA 2023	Umweltbundesamt: <i>Dekarbonisierung von Energieinfrastrukturen – ein politischer Unterstützungsrahmen für das Beispiel Wärmenetze</i> . Erstellt durch ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung, GEF Ingenieur AG, HIC Hamburg Instut Consulting GmbH, AGFW. Dessau, November 2022 https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/dekarbonisierung-von-energieinfrastrukturen (abgerufen am 02.07.2024)

Anhang: Maßnahmenbeschreibungen Paket E1/N1

In der folgenden Tabelle sind die Maßnahmen des Maßnahmenpaketes E1 bzw. N1 zusammengestellt.

Nr.	Bereich	Maßnahme
E1	Erzeugung	Abwasser-Wärmepumpe Hauffstraße – Ausbaustufe 1
N1.1	Erzeugung	Wärmespeicher Hauffstraße
N1.2	Umfeld	Abstimmung mit Stadt Reutlingen
N1.3	Umfeld	Abstimmung mit relevanten Kunden zu Temperaturabsenkung

Im Folgenden sind die Maßnahmen aus Maßnahmenpaket E1 detaillierter beschrieben.

Maßnahme E1		Abwasser-Wärmepumpe Hauffstraße – Ausbaustufe 1		
Maßnahmenpaket E1		Bereich Erzeugung		
Beschreibung				
Die Abwärme des Klarwassers der Kläranlage West soll mittels Wärmepumpen genutzt werden. Das Klarwasser wird zum Standort Hauffstraße transportiert und dort von Wärmepumpen mit einer Gesamtleistung von ca. ██████ genutzt. Im 1. Bauabschnitt soll eine Wärmepumpe mit ██████ errichtet werden. Die Planungen der Leistungsphasen 1-4 sind bereits abgeschlossen.				
Beginn	Einstieg in die Planung bereits erfolgt. Inbetriebnahme ca. ██████		Dauer	4 Jahre
Initiator	FairEnergie GmbH		Mitwirkung	Stadt Reutlingen, Stadtentwässerung Reutlingen (SER)
Kosten	Investition [€]	MP1: ██████ Mio. € davon - Lp 2-4: ██████ Mio. € in Modul 1 - Lp 5-8: ██████ Mio. € in Modul 2 - Invest: ██████ Mio. € in Modul 2	Förderung	BEW: ██████ Mio. € davon Planung Lp 2-4 ██████ Mio. € Planung Lp 5-8 ██████ Mio. € Invest ██████ Mio. €
	Laufende Kosten	starke Abhängigkeit von Strompreinsniveau und Flexibilität beim Einsatz	Förderung	BEW: Betriebskosten Wärmepumpe

Maßnahme N1.2		Wärmespeicher Hauffstraße	
Maßnahmenpaket N1		Bereich Erzeugung	
Beschreibung			
Am Standort Hauffstraße soll ein Wärmespeicher mit einem Volumen von [REDACTED] zur Optimierung des Erzeugereinsatzes genutzt werden. Der Wärmespeicher hat eine Be- und Entladeleistung von [REDACTED]. Im Rahmen des Baus der Wärmespeicheranlage sollten auch die Anpassungen zur Druckhaltung erfolgen. Erste Planungen wurden bereits begonnen.			
Beginn	Einstieg in die Planung bereits erfolgt. Inbetriebnahme ca. [REDACTED]		Dauer 3 Jahre
Initiator	FairEnergie GmbH		Mitwirkung
Kosten	Investition [€]	MP1: [REDACTED] Mio. € davon - Lp 2-4: [REDACTED] € in Modul 1 - Lp 5-8: [REDACTED] € in Modul 2 - Invest: [REDACTED] € in Modul 2	Förderung BEW: [REDACTED] Mio. € davon Planung Lp 2-4 [REDACTED] Mio. € Planung Lp 5-8 [REDACTED] Mio. € Invest [REDACTED] Mio. €
	Laufende Kosten		Förderung