



erneuerbar und zukunftsfähig

Netzgebundene Wärmeversorgung der Stadt Freising





Liebe Freisingerinnen und Freisinger,

unsere Heimat lebenswert zu gestalten, liegt uns am Herzen – heute sowie für die Zukunft. Dabei ist Wärme ein Grundbedürfnis unseres Lebens. Die Gestaltung einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung für die Freisinger Bürgerinnen und Bürger spielt eine wichtige Rolle für die Umsetzung des Klimaschutzes und für eine lebenswerte Zukunft in unserer Heimat.

Die Große Kreisstadt Freising hat sich im Rahmen des Integrierten Klimaschutzkonzeptes aus dem Jahr 2013 ehrgeizige Ziele zur CO₂-Einsparung gesetzt, die vom Stadtrat einstimmig beschlossen wurden. Um das Ziel der Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern bis 2035 zu erreichen, besteht insbesondere im Bereich der Wärmeversorgung ein großer Handlungsbedarf und gleichzeitig ein großes Potential, um den Klimazielen näher zu kommen. Mit der Freisinger Resolution zum Klimawandel 2020 und der Klima-Offensive hat die Stadt Freising diese Ziele nochmals bekräftigt.

Für die Entwicklung einer Transformationsstrategie der bestehenden Wärmeversorgung hin zu einer zukunftsfähigen, effizienten und entwicklungsoffenen Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energieträger wurde die vorliegende Studie erstellt. Der Fokus liegt dabei auf der netzgebundenen Wärmeversorgung. In enger Zusammenarbeit mit dem Klimaschutzmanagement der Stadt Freising, externen Experten*innen und den Stadtwerken wurde analysiert, wie eine klimafreundliche Wärmeversorgung Freising aussehen kann und mit welchen Maßnahmen die zukunftsfähige Wärmeversorgung für die Bürgerinnen und Bürger der Stadt Freising entwickelt werden soll.

Erste Maßnahmen wurden bereits umgesetzt: Der Ausbau des Fernwärmenetzes für die Freisinger Innenstadt. Durch ihre hohe Wärmebedarfsdichte stellt dieses Stadtgebiet ein großes Potential für die regenerative Wärmeversorgung dar. Gleichzeitig bestehen hier, den Denkmalschutz betreffend, die größten Herausforderungen. Im Zuge der Innenstadt-Neugestaltung erfolgt daher der innerstädtische Ausbau des Wärmenetzes, sodass dieser Bereich mit effizienter, denkmalverträglicher und zukunftsfähiger Fernwärme versorgt werden kann.

Für eine insgesamt regenerative, effiziente und zukunftsfähige Wärmeversorgung müssen das Gesamtnetz bzw. die Wärmeversorgung der Stadt Freising mit dem bestehenden Gasnetz betrachtet werden. Die vorliegende Studie ist Basis für ein gesamtstädtisches Konzept mit Ansatzpunkten für die Transformation der bestehenden Wärmeversorgung des gesamten Stadtgebietes. Eine Wärmeversorgung, die im Hinblick auf den Klimawandel sinnvoll und zukunftsfähig ist, ist ein Grundbedürfnis und ein Anliegen, das uns alle betrifft. Auf den nachfolgenden Seiten finden Sie das Konzept für verschiedene Akteure und eine gemeinsame Gestaltung der zukunftsfähigen Wärmeversorgung Freising.

Wir freuen uns, Ihnen mit dieser Studie die Möglichkeiten aufzuzeigen, wie wir gemeinsam den Weg einer regenerativen, effizienten und zukunftsfähigen Wärmeversorgung in Freising beschreiten können.

Oberbürgermeister Tobias Eschenbacher

Stadtbaumeisterin Barbara Schelle

Netzgebundene Wärmeversorgung der Stadt Freising – erneuerbar und zukunftsfähig

*Gefördert durch das Förderprogramm „Energieeinsparkonzepte und Energienutzungspläne“
des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie*

Projekt-Nr.: B-STFS-001

Auftraggeber: Stadt Freising
Obere Hauptstraße 2
85354 Freising

Auftragnehmer: GEF Ingenieur AG
Ferdinand-Porsche-Straße 4a
69181 Leimen

Version: 2.1

Leimen, 28.07.2021

„Wärmestudie Freising“

Mitwirkende Personen:

Auftraggeber: Stadt Freising

Bearbeiter: GEF Ingenieur AG

Tobias Eschenbacher	Stadt Freising, Oberbürgermeister
Marie Hüneke	Stadt Freising
Johanna Krämer	Stadt Freising
Andreas Krumpe	Stadt Freising
Sven Gall	Stadt Freising
Dominik Schwegler	Freisinger Stadtwerke, Geschäftsführung
Andreas Voigt	Freisinger Stadtwerke, Geschäftsführung
Tobias Grießl	Freisinger Stadtwerke
Dr. Stephan Richter	GEF Ingenieur AG
Kerstin Bohn	GEF Ingenieur AG
Susanne Ochse	GEF Ingenieur AG
Marc Rein	GEF Ingenieur AG
Roland Ziegler	GEF Ingenieur AG
André Fastner	GEF Ingenieur AG

im Bereich Energie- und Klimabeirat:

Jürgen Mieskes	Stadtrat, CSU
Uli Vogl	Stadtrat, ÖDP
Werner Habermeyer	Stadtrat, Bündnis90/Die Grünen
Peter Warlimont	Stadtrat, SPD
Maria Lintl	Stadträtin, Freisinger Mitte
Johanna Hiergeist	Stadträtin, FW
Manfred Drobny	Stadtrat, Umweltreferent
Sepp Beck	Agenda21 „Energie- und Klimaschutz“
Prof. Dr. Stephan Pauleit	TUM, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung
Dr. Jens Kuckelkorn	TUM/ZAE Bayern Bereich Energiespeicherung
Prof. Dr. Matthias Drösler	HSWT, Professur für Vegetationsökologie
Prof. Dr. Oliver Falk	HSWT, Studiendekan Management erneuerbare Energien
Jonas Bellingrodt	Stadt Freising, Amt 61
Andrea Brandl	Stadt Freising, Amt 61
Barbara Schelle	Stadt Freising, Amt 61, Stadtbaumeisterin
Sabina Dannoura	Stadt Freising, Online-Redaktion

im Bereich Anlagen und Netzbetreiber:

Bernhard Weiß	Baudirektor; Staatl. Bauamt Freising; Zuständigkeit Wärmenetz Weihenstephan
Rudolf Altmann	TUM, Immobilienmanagement
Thomas Schieh-Schneider	TUM, Referatsleitung Gebäudemanagement
Robert Budde	Bayernwerk Natur GmbH
Alexander Wagner	Fernwärmeversorgung Freising GmbH (FFG); Technische Geschäftsführung
Marc Hiermeier	Bayernwerk/ FFG
Christian Schön	Bayernwerk/ FFG
Martina Knorr	Bayernwerk/ FFG
Herbert Hanrieder	Bayernwerk/ FFG
Günter Ott	ENGIE Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA
Hubertus Dünschede	ENGIE Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA

Abkürzungen

<i>BAFA</i>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<i>BEG</i>	Bundesförderung effiziente Gebäude
<i>BEHG</i>	Brennstoffemissionshandelsgesetz
<i>BEW</i>	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
<i>BHKW</i>	Blockheizkraftwerk
<i>COP</i>	Leistungszahl Wärmepumpe (Coefficient of Performance)
<i>DVGW</i>	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
<i>EE</i>	Erneuerbare Energien
<i>EEG</i>	Erneuerbare-Energien-Gesetz
<i>EEWärmeG</i>	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (1.11.2020 durch Gebäudeenergiegesetz abgelöst)
<i>E-Kessel</i>	Elektrokessel
<i>EnEV</i>	Energieeinsparverordnung (1.11.2020 durch Gebäudeenergiegesetz abgelöst)
<i>FFG</i>	Fernwärmeversorgung Freising GmbH
<i>FSV</i>	Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH
<i>GEG</i>	Gebäudeenergiegesetz
<i>GfK</i>	Glasfaserverstärkter Kunststoff
<i>GHD</i>	Gewerbe/Handel/Dienstleistung
<i>GIS</i>	Geoinformationssystem
<i>HKW</i>	Heizkraftwerk
<i>H_o</i>	oberer Heizwert / Brennwert
<i>H_u</i>	unterer Heizwert / Heizwert
<i>JAZ</i>	Wärmepumpen-Jahresarbeitszahl
<i>KMR</i>	Kunststoffverbund-Mantelrohr
<i>KWK</i>	Kraft-Wärme-Kopplung
<i>MHZ</i>	Mobile Heizzentrale
<i>NH</i>	Effizienzhaus mit Nachhaltigkeitszertifikat
<i>NawaRo</i>	Nachwachsende Rohstoffe
<i>NWG</i>	Nichtwohngebäude
<i>P2G</i>	Power-to-Gas
<i>P2H</i>	Power-to-Heat
<i>PEF</i>	Primärenergiefaktor
<i>PUR</i>	Polyurethan

- RL* Rücklauf
- SWOT* Stärken- und Schwächen-Analyse (Strengths, Weakness, Oppotunities, Threats)
- TAB* Technische Anschlussbedingungen
- TI* Texas Instruments
- VDI* Verein Deutscher Ingenieure
- VL* Vorlauf
- WG* Wohngebäude
- WGK* Wärmegestehungskosten

Inhalt

Abkürzungen	4
1. Anlass und Ziel	8
2. Vorgehensweise	9
3. Bestandsaufnahme und -analyse	11
3.1 Wärmenetze.....	11
3.1.1 Eigentums- und Betriebsverhältnisse	13
3.1.2 Fernwärmenetz Freising (Zolling bis Hallbergmoos)	14
3.1.3 Innerstädtisches Wärmenetz.....	20
3.1.4 Wärmenetz Steinpark.....	22
3.1.5 Zusammenfassung Wärmenetze	25
3.2 Gasnetz.....	26
3.2.1 Bestandsaufnahme Gasnetz	26
3.2.2 Perspektive Gasnetz	27
3.3 Stromnetz.....	28
3.4 Gesamtwärmebedarf der Stadt Freising	29
3.4.1 Auswertung der Kaminkehrerdaten	31
3.4.2 Wärmedichte- und Wärmepotentialkarte.....	32
3.4.3 Exkurs: Erstellung des Wärmekatasters	34
4. Potentialanalyse Freising	37
4.1 Regenerative Erzeugungsmöglichkeiten	37
4.1.1 Oberflächennahe Geothermie.....	39
4.1.2 Tiefengeothermie	43
4.1.3 Biomasse.....	47
4.1.4 Solar.....	53
4.1.5 Nutzung von Abwärme	58
4.1.6 Abwasserwärmenutzung	63
4.1.7 Zusammenfassung	66
4.2 Netzoptimierung und -effizienzsteigerung	67
4.2.1 Transportkapazität des Fernwärmebestandsnetzes	68
4.2.2 Optimierungsmöglichkeiten der bestehenden Wärmenetze	69
4.2.3 Optimierungs- und Ausbaumöglichkeiten bestehender Erzeuger(standorte)	70
4.2.4 Einsatzmöglichkeiten Sektorenkopplung	71
4.2.5 Integration von (saisonalen) Wärmespeichern	74
5. Transformationsstrategie für die städtische Wärmeversorgung	79
5.1 Ausblick: Wärmebedarfsentwicklung Freising	79
5.1.1 Exkurs: Grundlagen der Wärmebedarfsentwicklung.....	79
5.1.2 Wärmebedarfsentwicklungsszenarien	81

5.1.3	Referenzszenario	82
5.1.4	Energieeffizienzscenario	83
5.2	Ausblick: Fernwärmezuwachs	85
5.2.1	Konkurrenzsituation zum Gasnetz.....	85
5.2.2	Potentielle Wärmenetzgebiete	86
5.3	Ziel 2035: 100 % regenerative Wärmeversorgung.....	88
5.4	Erzeugervarianten	91
5.4.1	Referenzszenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs	95
5.4.2	Effizienzscenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs	97
5.4.3	Referenzszenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs	99
5.4.4	Effizienzscenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs	100
5.5	Identifikation von Netzeinspeisepunkten/Anlagenstandorten.....	101
5.6	Akteursbeteiligung	103
5.6.1	Einbindung des Energie- und Klimabeirats.....	103
5.6.2	Treffen der Anlagen- und Netzbetreiber	105
5.7	Zusammenfassung und Fazit	106
5.7.1	Gesamtüberblick (SWOT-Analyse).....	108
6.	Ausarbeitung von Schwerpunktprojekten.....	111
6.1	Projekt 1: Nutzung von Abwärme aus Prozesskühlung.....	111
6.1.1	Technisches Konzept	111
6.1.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	118
6.1.3	Primärenergieeinsparung und CO ₂ -Reduktion	119
6.1.4	Fazit	120
6.2	Projekt 2: Anbindung eines beispielhaften Neubaugebiets.....	120
6.2.1	Technisches Konzept	121
6.2.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	124
6.2.3	Primärenergieeinsparung und CO ₂ -Reduktion	125
6.2.4	Fazit	126
7.	Handlungsempfehlungen	127
7.1	Leitlinien und Ziele	130
7.2	Maßnahmenkatalog	131
8.	Gesamtfazit.....	137
	Abbildungsverzeichnis	139
	Tabellenverzeichnis	141
	Literaturverzeichnis.....	142
	Anhang	144

1. Anlass und Ziel

Die Große Kreisstadt Freising hat sich im Rahmen des Integrierten Klimaschutzkonzeptes aus dem Jahr 2013 ehrgeizige Ziele zur CO₂-Einsparung gesetzt und diese im Stadtrat einstimmig beschlossen. Gemeinsam mit dem Landkreis wird das Ziel verfolgt, bis 2035 unabhängig von fossilen Energieträgern zu sein. Um diese Ziele erreichen zu können, besteht großer Handlungsbedarf, insbesondere im Bereich der Wärmeversorgung. Mit der Freisinger Resolution zum Klimawandel 2020 hat die Stadt Freising diese Ziele nochmals bekräftigt.

Mit der vorliegenden Studie hat sich die Stadt Freising zum Ziel gesetzt, ein Konzept für eine Transformationsstrategie der bestehenden Wärmeversorgung hin zu einer zukunftsfähigen, effizienten und entwicklungsoffenen Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energieträger zu entwickeln. Der Fokus liegt dabei auf der netzgebundenen Wärmeversorgung.

Ein im Klimaschutzkonzept identifizierter zentraler Maßnahmenbereich ist die Freisinger Innenstadt. Die Freisinger Innenstadt besitzt mit die höchste Wärmebedarfsdichte im Freisinger Stadtgebiet und deckt ihren Wärmebedarf aktuell zu über 95 % mit fossilen Energieträgern (Einzelfeuerstätten). Ein Großteil der Gebäude in der Freisinger Innenstadt stehen unter Denkmalschutz. Wärmedämmung an den Außenfassaden ist auf Grund des Denkmalschutzes äußerst schwierig und die Nutzung Erneuerbarer Energien (wie z. B. Solarthermie auf Dachflächen) im Innenstadtbereich nur sehr begrenzt möglich. Aus diesem Grund installieren die Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH im Zuge der Baumaßnahmen zur Neugestaltung der Innenstadt ein innerstädtisches Wärmenetz. Erklärtes Ziel dessen ist es, den Freisinger Bürgerinnen und Bürgern im Innenstadtbereich dadurch eine denkmalverträgliche, nachhaltige und zukunftsfähige Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien und effizient genutzter Abwärme zu bieten. Die Energie für das Wärmenetz soll regional erzeugt und eingespeist werden. Die vorliegende Studie soll Ansatzpunkte für mögliche Wege zur Zielerreichung aufzeigen und konkrete nächste Schritte zur weiteren Vorgehensweise vorschlagen.

Um eine zukunftsfähige und nachhaltige Versorgung des Wärmenetzes in der Innenstadt zu erreichen, muss das Gesamtnetz bzw. die Wärmeversorgung der Stadt Freising inklusive des Gasnetzes betrachtet werden. Die Einsatzmöglichkeit von regenerativen Energieträgern in der Innenstadt ist begrenzt (Flächenknappheit, Denkmalschutz, etc.). Daher ist ein umfassendes gesamtstädtisches Konzept Ergebnis der vorliegenden Studie, welches Handlungsvorschläge für die Transformation der bestehenden Wärmeversorgung im Stadtgebiet hin zu einer zukunftsfähigen, effizienten und entwicklungsoffenen Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energieträger liefert. Dabei werden Annahmen über Umfang möglicher Leistungs- und Energievernetzungen mit dem Umland und ggf. entsprechende Maßnahmen zur Zusammenarbeit (interkommunale Kooperationsmöglichkeiten) aufgezeigt.

In diesem Zusammenhang beschäftigt sich die Studie im Wesentlichen mit folgenden Fragestellungen:

- In welchem Zustand ist das bestehende Netz (baulicher Zustand, Leistungsfähigkeit)?
- Wo im Stadtgebiet macht es Sinn, Wärmenetze auf- oder auszubauen?
- Welche Energieträger haben die größten Potentiale (z. B. Abwärme, Solar, Biomasse, Geothermie, ...)?
- Welche Synergien zwischen den bestehenden Netzen sind denkbar?
- Welche Rolle spielt der Standort Zolling in der zukünftigen erneuerbaren Wärmeversorgung?
- Welche Umsetzungsstrategien resultieren aus der Untersuchung und sollten im Weiteren von der Stadt Freising verfolgt werden?

2. Vorgehensweise

In einem ersten Schritt (AP 1) wurden die Grundlagen zur bestehenden Wärmeversorgung im Stadtgebiet Freising sowie im Umgriff bis nach Zolling ermittelt. Das Hauptaugenmerk lag hierbei auf den Wärmenetzen und deren Zustand, Betriebsparametern und Kapazitäten sowie den Möglichkeiten zur Optimierung, Effizienzsteigerung und dem Ausbau der Wärmenetze. Ausgehend von dieser Bestandsanalyse wurden Potentiale zur Optimierung der Netze und zum Einsatz Erneuerbarer Energien sowie zur Nutzung von Abwärme im Untersuchungsgebiet erarbeitet. Dabei wurde aufgezeigt, welche regenerativen Energieträger bzw. Abwärme am ehesten zum Einsatz kommen können.

Die exakte Abgrenzung des Untersuchungsgebietes und welche umliegenden Ortschaften von Freising mitbetrachtet wurden ist in **Abbildung 1** dargestellt. Ergänzend dazu wurde das komplette bestehende Fernwärmesystem bis hin zum Kraftwerksstandort Zolling betrachtet.

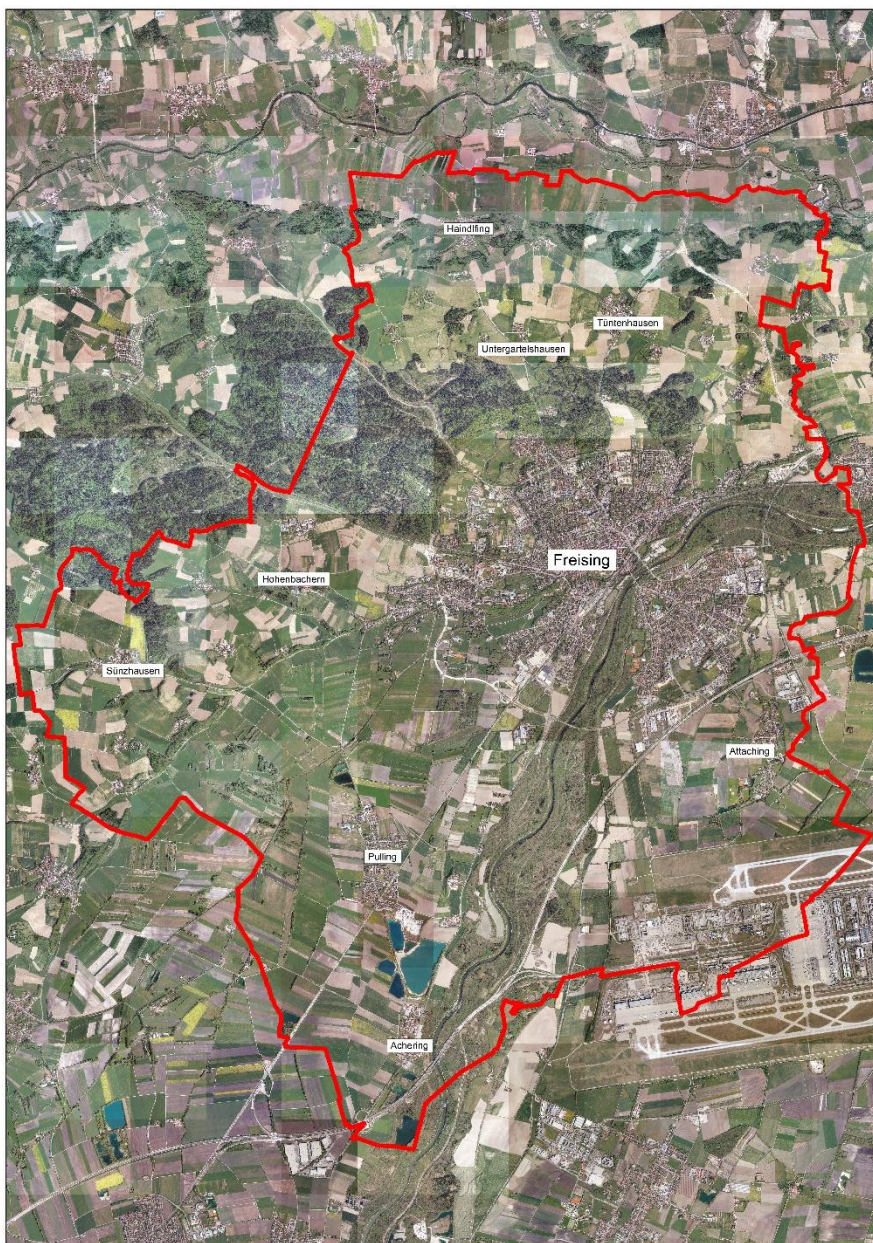


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet Stadt Freising

Aufbauend auf der Grundlagenermittlung und der Potentialanalyse erfolgte im zweiten Schritt die Konzeptentwicklung, bei der aufgezeigt wird, welche möglichen Ansatzpunkte es hin zu einer zukunftsfähigen, effizienten und entwicklungsoffenen Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien gibt. Die Ansatzpunkte berücksichtigen u. a. folgende Aspekte: Energieeinsparung, Steigerung der Energieeffizienz, Einsatz Erneuerbarer Energien, Sektorenkopplung sowie Flexibilität. Auf Basis des energetischen Ist-Zustands, der Potentialanalyse und der Beteiligung verschiedener Akteure, z. B. des Energiebeirats, wurde aus den Ansatzpunkten schließlich ein fundierter Maßnahmenkatalog zur schrittweisen Umgestaltung der Freisinger Wärmeversorgung entwickelt. Dieser umfasst zwei detailliert ausgearbeitete Schwerpunktprojekte.

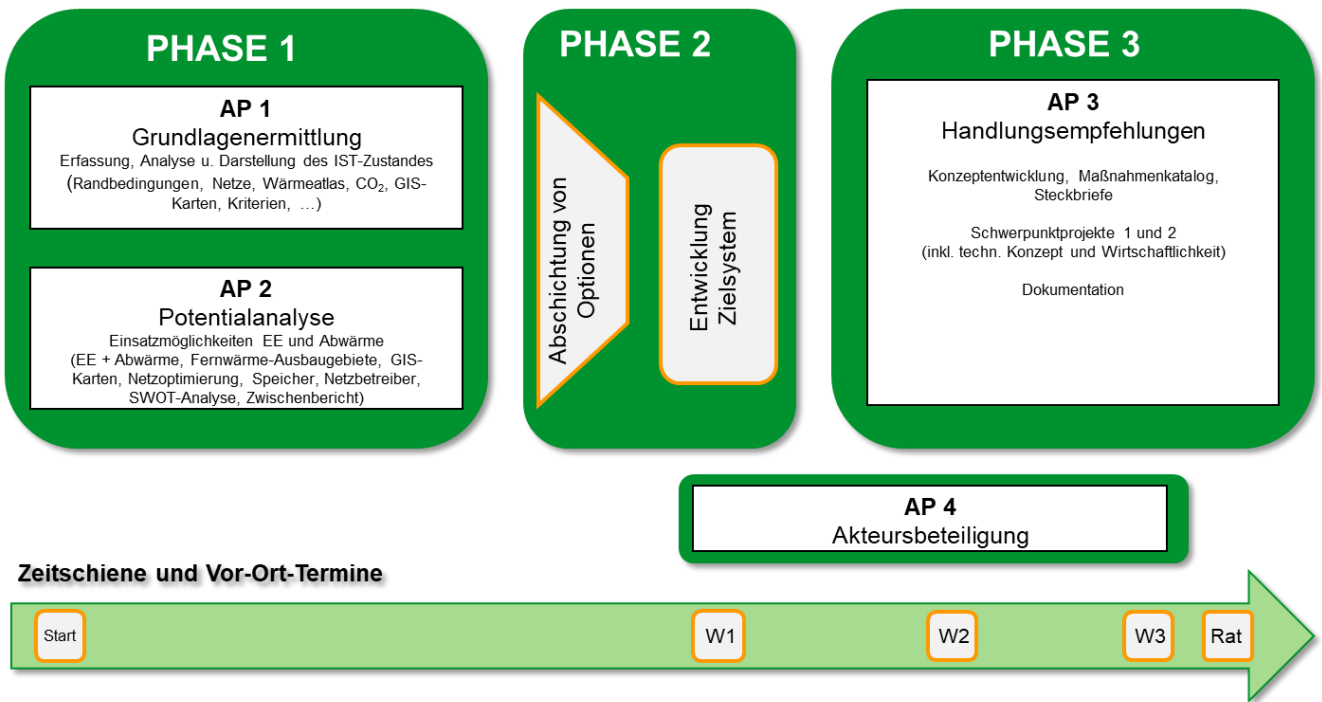


Abbildung 2: Übersicht Projektphasen

3. Bestandsaufnahme und -analyse

In einem ersten Schritt wurden die Grundlagen der bestehenden Wärmeversorgung der Wärmenetze im Stadtgebiet Freising sowie im Umgriff des Wärmenetzes bis nach Zolling ermittelt. Dabei wurden u. a. Netztopologien, Betriebsparameter, baulicher Zustand und Netzkapazitäten untersucht. Ausgehend von der Bestandsanalyse wurde im Anschluss aufgezeigt, wo entsprechende Tendenzen und Potentiale zur Optimierung der Netze und dem Einsatz Erneuerbarer Energien sowie Abwärme vorhanden sind.

Insgesamt bauen die Grundlagenermittlung (AP 1) und die Potentialanalyse (AP 2) größtenteils auf vorhandenen Datengrundlagen auf. So wurden beispielsweise bereits im Vorfeld der Studie Potentiale zur Nutzung Erneuerbarer Energien im Stadtgebiet im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes grob abgeschätzt. Weitere zur Bearbeitung benötigte Informationen wurden im Zuge der Bearbeitung der vorliegenden Untersuchungen gesondert eingeholt, z. B. durch Gespräche mit ortskundigen Ansprechpartnern*Innen. Daten, die nur durch erheblichen Aufwand bezogen werden könnten, wurden nach Rücksprache mit dem Auftraggeber auf Basis statistischer Werte abgeschätzt.

Im Rahmen der Grundlagenermittlung wurde zudem ein gebäudescharfes Wärmekataster mit Ausweisung der Wärmenachfrage jedes Bestandsgebäudes im Untersuchungsraum inklusive kartografischer Darstellung erstellt. Weiterhin umfasst die Grundlagenermittlung im Einzelnen:

- Netzplan mit den Trassenverläufen der Wärmenetze inklusive Zolling (**Anlage 1**)
- Darstellung der mit Fernwärme versorgten Gebiete (**Anlage 2**)
- Identifikation der größten Wärmeabnehmer anhand der Wärmepotentialkarte (**Anlage 3**)
- Darstellung der Erzeugerstandorte (**Anlage 4**)
- Bewertung der einzelnen Wärmenetze hinsichtlich Betriebstemperaturen, Netzverlusten, Alter, Primärenergiefaktor (PEF)
- Darstellung der Eigentumsverhältnisse der Wärmenetze
- Visualisierung von Gasnetz und Stromnetz.

3.1 Wärmenetze

Aktuell gibt es im Freisinger Stadtgebiet fünf Wärmenetzsysteme von unterschiedlichen Betreibern:

- Fernwärmenetz Freising (Zolling bis Hallbergmoos)
- Wärmenetz Campus Weihenstephan
- Wärmenetz Steinpark
- Wärmenetz Innenstadt (in Betrieb, wird weiter ausgebaut)
- Quartiersnetz Angerstraße (im Bau).

Mit Ausnahme des Netzes an der Angerstraße sind alle an das Fernwärmenetz Freising angebunden und beziehen Wärme aus dem Kraftwerksstandort Zolling.

Die Wärmenetze am Steinpark und in der Innenstadt gehören der Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH (FSV), die eine 100%ige Tochter der Stadt Freising sind. Das Fernwärmenetz Freising wird von der Fernwärmeversorgung Freising GmbH (FFG) betrieben, ein Zusammenschluss der Freisinger Stadtwerke (50 %) und Bayernwerk AG (50 %). Die Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH ist seit 01.01.2021 Eigentümer der Transportleitung auf dem

Freisinger Stadtgebiet. Die TU Weihenstephan betreibt eigenständig ein Arealnetz (Sekundärnetz) auf dem Campus Weihenstephan, welches über eine Wärmeübergabestation mit Wärme aus dem Transportnetz Zolling-Hallbergmoos versorgt wird.

Das Untersuchungsgebiet umfasst in erster Linie das Freisinger Stadtgebiet sowie den Kraftwerksstandort in Zolling. Angrenzende Netzgebiete entlang der Fernwärmetrasse bis nach Zolling waren nicht Bestandteil der detaillierten Bestandsanalyse. Eine Übersicht der innerstädtischen Netze ist in **Abbildung 3** dargestellt.

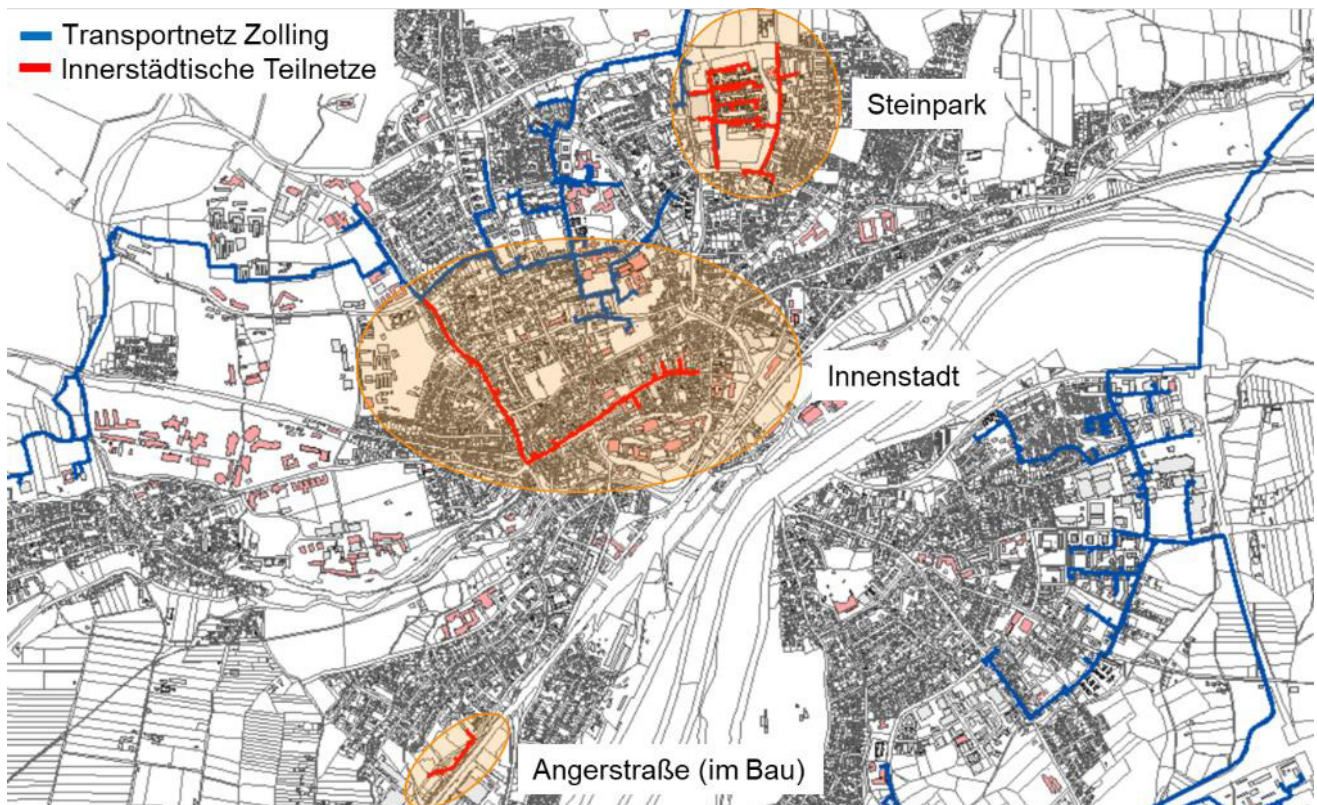


Abbildung 3: Übersicht Wärmenetze Freising im Stadtgebiet

Ein Gesamtüberblick über das hydraulisch zusammenhängende Fernwärmesystem von Zolling bis Hallbergmoos inklusive den angeschlossenen Teilnetzen ist in **Abbildung 4** zu finden.

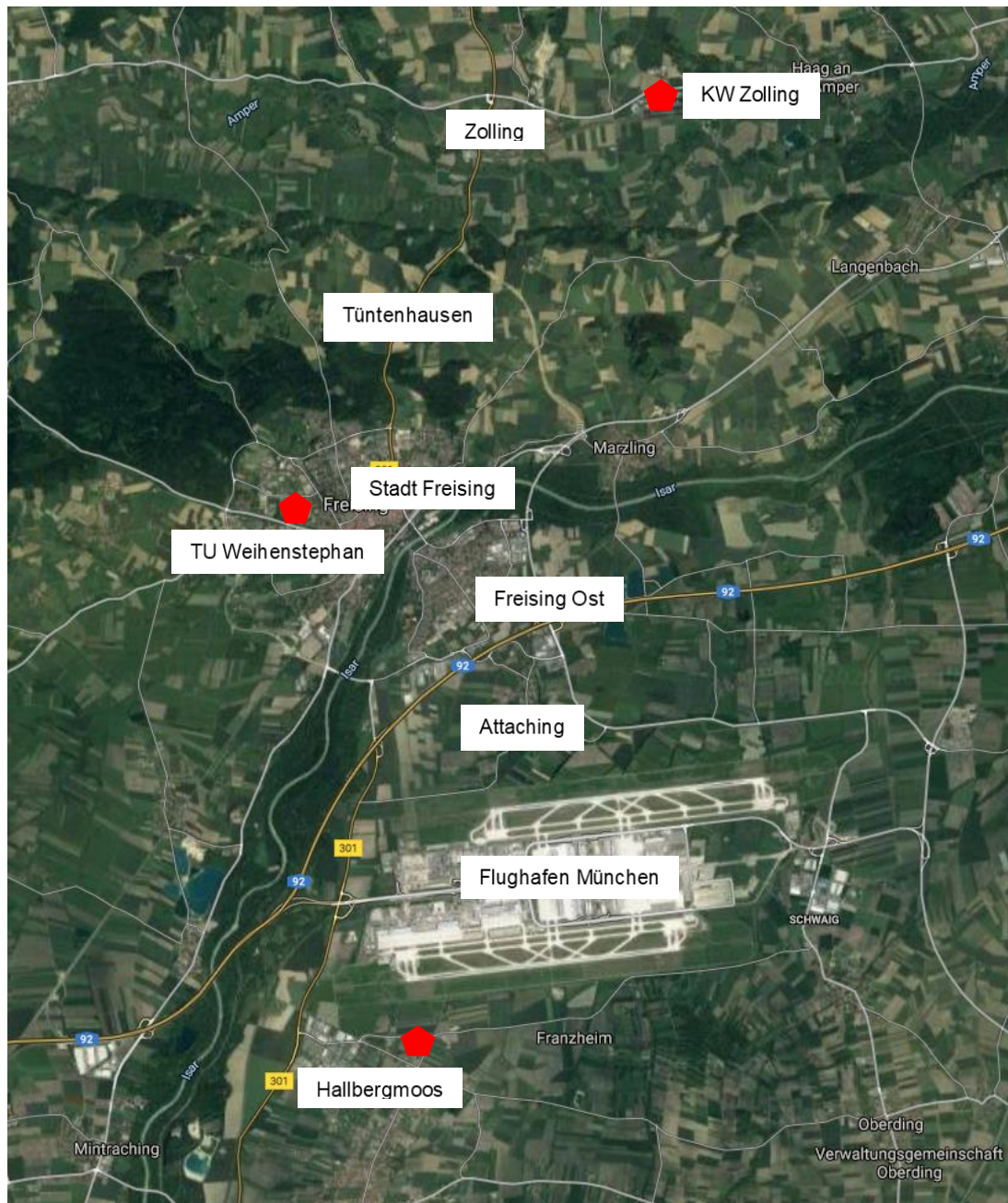


Abbildung 4: Gesamtüberblick Fernwärmesystem Zolling inkl. Teilnetze

3.1.1 Eigentums- und Betriebsverhältnisse

In den Freisinger Wärmenetzen und den dort eingebundenen Kraftwerken sind verschiedene Gesellschaften beteiligt und miteinander verzahnt. Die *Freisinger Stadtwerke* gehören zu 100 % der Stadt Freising und sind Eigentümer der Wasserversorgung und -gewinnung sowie des Badebetriebs. Die *Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH* (FSV) gehört ebenfalls zu 100 % der Stadt Freising bzw. den Freisinger Stadtwerken. Die Strom-, Gas- und Wärmeversorgung Steinpark, Innenstadt und Angerstraße ist im Eigentum der FSV. Die Stadt Freising/Freisinger Stadtwerke und die *Bayernwerk AG* sind zu jeweils 50 % an der Fernwärmeversorgung *Freising GmbH* (FFG) beteiligt, welche Eigentümer des Fernwärmenetzes Freising und wiederum Miteigentümer des Biomasse-HKW Zolling

ist. Die Transportleitung auf dem Freisinger Stadtgebiet ist seit dem 01.01.2021 im Eigentum der FSV. Das Wärmenetz Hallbergmoos sowie das Wärmenetz Zolling gehören der *Bayernwerk Natur GmbH*, welche zu 100 % der Bayernwerk AG gehört. Die FFG und die Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA teilen sich zu jeweils 50 % das Biomasseheizkraftwerk Zolling GmbH. Und die Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA ist schließlich der Eigentümer des Kohlekraftwerks sowie der Heizwerke Freising und Hallbergmoos.

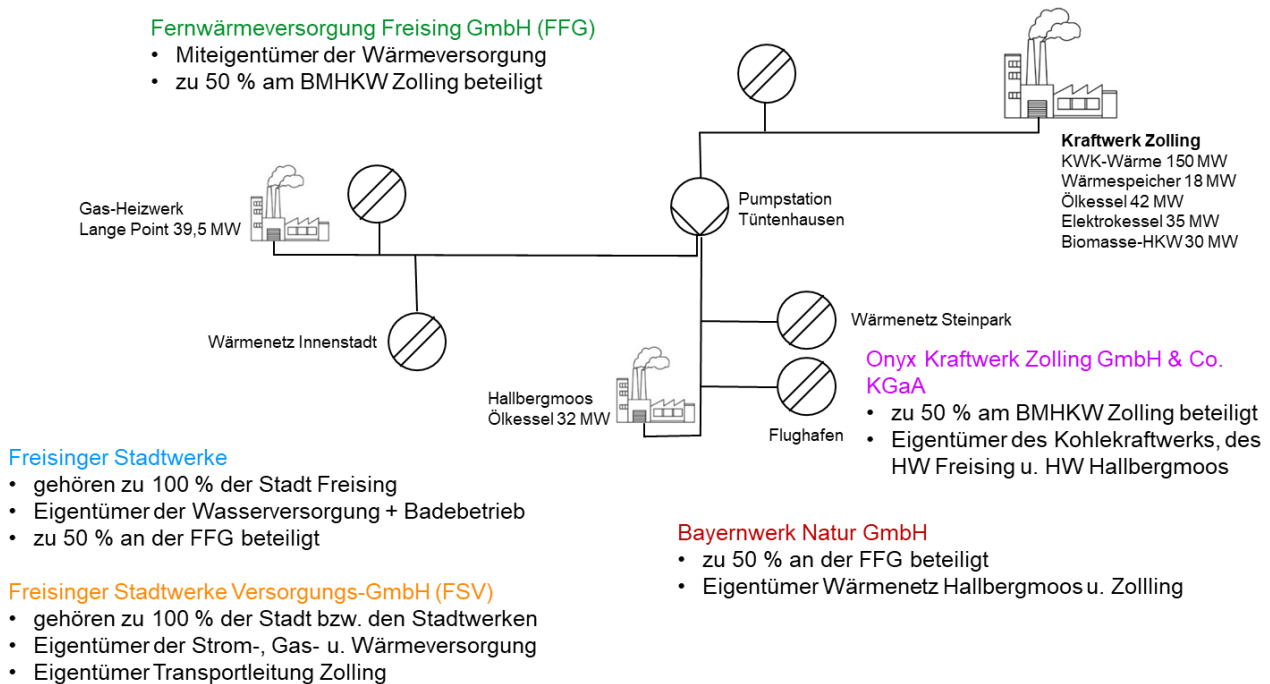


Abbildung 5: Komplexe Zusammenhänge der Eigentums- und Betriebsverhältnisse

3.1.2 Fernwärmenetz Freising (Zolling bis Hallbergmoos)

In Freising besteht seit 1988 ein von der Fernwärmeversorgung Freising GmbH betriebenes Fernwärmenetz, dessen Bedarf hauptsächlich vom Kraftwerksstandort Zolling gedeckt wird. Gesellschafter der GmbH sind die Stadtwerke Freising und die Bayernwerk Natur GmbH. Das Fernwärmenetz Zolling umfasst die Fernwärmeversorgungen der Städte Freising, Zolling, Hallbergmoos und des Flughafens München mit einer Anschlussleistung von rd. 120 MW (Höchstlast rd. 90 MW). Versorgt werden folgende Anschlüsse: Verwaltungsgebäude des Kraftwerks Zolling, Zolling, Freising, TU Weihenstephan, Freising Ost, Texas Instruments, Attaching, Flughafen München sowie Hallbergmoos.

Die Fernwärmeerzeugung erfolgt hauptsächlich im Kraftwerk Zolling in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit einer Erzeugerleistung von max. 150 MW und aus dem Biomasse-HKW (30 MW). Darüber hinaus gibt es Spitzen- und Reserve-Heizwerke in Hallbergmoos (32 MW) und am Standort Lange Point (39,5 MW). Die Fernwärmeeinspeisung erfolgt überwiegend über das Heizkraftwerk (HKW) Zolling in Verbindung mit der Pumpstation Tüntenhausen. Ab der Pumpstation teilt sich das Netz in zwei Stränge auf und weist signifikante Höhenunterschiede auf.

Tabelle 1: Kenndaten Fernwärmenetz Zolling

	Kenngröße	Anmerkung
Trassenlänge	40 - 50 km	fast ausschließlich KMR
Anschlusswert	ca. 120 MW (Höchstlast 90 MW)	
Anzahl Übergabestationen	238 Stk.	Kunden sind indirekt angeschlossen
Druckstufe	PN 25	
Betriebstemperaturen T_{VL} / T_{RL}	85 - 115 / 50 °C ¹	Sommer und Winter
Unterverteilnetze werden ohne hydraulische Trennung betrieben		
Inbetriebnahme	1987 - 1988	
Primärenergiefaktor	0,475	Stand 2019
CO₂-Emissionen	154,44 kg/MWh _{th} 29.800 t pro Jahr	Stand 2019

Die Unterverteilnetze werden ohne hydraulische Trennung betrieben, wodurch die Netzumwälzpumpen in Zolling in Kombination mit der Pumpstation in Tüntenhausen die komplette Versorgungsaufgaben übernehmen müssen. Findet an den jeweiligen Übergabepunkten zu den Teilnetzen keine Druckreduzierung statt, werden die Teilnetze mit dem Druck aus dem Transportnetz beaufschlagt (PN 25). Ebenso erfolgt die Versorgung der Teilnetze mit den hohen Temperaturen aus dem Transportnetz, ausgenommen davon ist das Innenstadtnetz, für welches eine Beimischstation installiert wurde. Über die Beimischstation wird dem Vorlauf Wasser aus dem Rücklauf beigemischt, so dass die Betriebstemperatur für das Innenstadtnetz reduziert werden kann.

Die größten Wärmeabnehmer entlang des Fernwärmesnetzes Zolling innerhalb des Untersuchungsgebiets Stadt Freising sind neben zwei Sonderkunden mit einem Absatz von je rund 30.000 MWh/a drei weitere Kunden mit ca. 14.500 MWh, 3.720 MWh und 3.340 MWh/a

¹ Angaben gemäß TAB, tatsächliche Betriebstemperaturen weichen davon ab

Bei einer Temperaturspreizung von $T_{VL} / T_{RL} = 115 / 50 \text{ °C}$ besitzen die Leitungen folgende Wärmetransportkapazitäten:

Tabelle 2: Transportkapazitäten Fernwärmenetz Zolling

Nennweite	Spez. Druckverlust 90 Pa/m	Spez. Druckverlust 150 Pa/m
DN 150	6.200 kW	8.000
DN 200	13.100 kW	17.000
DN 250	22.600 kW	29.200
DN 300	37.100 kW	
DN 350	47.700 kW	
DN 400	67.700 kW	
DN 500	123.000 kW	
	Transportleitungen	Verteil- u. Hausanschlussleitungen

Es ist zu beachten, dass die tatsächlichen Betriebstemperaturen von den Angaben in der **Tabelle 1** abweichen und die Temperaturspreizungen daher ggf. kleiner sind, was zu einer Minderung der Transportkapazität führt. In Kapitel 4.2.1 folgt eine detailliertere Analyse der Transportkapazität des Fernwärmenetzes Freising.

Die Vorlauftemperaturen sind im Winter deshalb so hoch (in Spitzenlastzeiten bis zu 130 °C), damit die Netzwälzpumpen am Standort Zolling ihre Versorgungsaufgabe noch erfüllen können, was allerdings die Einbindung von Erneuerbaren Energien erheblich erschwert, da diese tendenziell deutlich niedrigere Temperaturen erzeugen. Die Pumpen wurden auf eine bestimmte Fördermenge ausgelegt. Bei niedrigeren Vorlauftemperaturen und folglich kleineren Temperaturspreizungen steigen die Wassermengen an und die Pumpen können möglicherweise ihre Versorgungsaufgabe nicht mehr erfüllen. Das Ziel sollte es sein, die Rücklauftemperaturen abzusenken. Dies würde eine Vorlauftemperaturenabsenkung in gleichem Maße ermöglichen, ohne die Transportkapazität zu verringern. Durch eine Absenkung der Betriebstemperaturen werden zudem die Wärmeverluste entlang des Transportnetzes gesenkt und die Lebensdauer der Leitungen erhöht.

Die Transportleitungen des Fernwärmenetzes Freising sind noch nicht am Ende ihrer technischen Nutzungsdauer von 40 Jahren angekommen. Es ist davon auszugehen, dass sie die tatsächliche Lebensdauer des KMR-Verlegesystems tendenziell bis zu 60 Jahren reicht. Daher wird vermieden, vorzeitig mit einer kostenintensiven Sanierung des Netzes zu beginnen, und die Wärmeverluste durch eine verstärkte Dämmdicke zu reduzieren. In der Regel amortisiert sich die Investition in den Leitungsbau nicht allein durch die Einsparung aufgrund der verringerten Wärmeverluste. Hohe Betriebstemperaturen und häufige Lastwechsel hingegen sorgen für eine verkürzte Lebensdauer von Leitungen, was ein zusätzliches Argument für die Absenkung der Betriebstemperaturen ist.

3.1.2.1 Bestehende Wärme- und Stromerzeugungsanlagen

Das Kraftwerk Zolling, ein Kraftwerk der Onyx Kraftwerk Zolling GmbH & Co. KGaA, ist mit Abstand der größte Wärme- und Stromerzeuger in der Nähe von Freising. Der Kraftwerksblock 5 (Inbetriebnahme 1986) verfeuert heute im Schnitt 400.000 Tonnen Steinkohle pro Jahr. Es werden außerdem jährlich bis zu 105.000 Tonnen Klärschlamm aus ganz Bayern mitverbrannt. Beim Betrieb der Kraftwerksblöcke wird Fernwärme ausgekoppelt und ins Fernwärmenetz Zolling eingespeist. Seit Ende 2003 liefert ein weiterer, mit Biomasse gefeuerter Block zusätzlich Strom für rund 40.000 Haushalte und erzeugt Fernwärme.

Die meisten nennenswerten Wärme- und Stromerzeugungsanlagen im Umkreis von Freising sind ins Fernwärmenetz Zolling eingebunden:

- Kraftwerksstandort Zolling: 275 MW_{th}
 - KWK-Wärme 150 MW_{th} (Steinkohle, Klärschlamm)
 - Wärmespeicher 18 MW_{th} 10.000 m³, 400 MWh
 - Ölkessel 42 MW_{th} (Anfahrkessel)
 - Elektrokessel 35 MW_{th}
 - Biomasse-HKW 30 MW_{th} (Biomasse, Altholz)
- Gas-Heizwerk Lange Point 39,5 MW_{th}
- Ölkessel Hallbergmoos 32 MW_{th}

Die **Abbildung 6** zeigt den Erzeugermix am Standort Zolling im Jahr 2019, **Abbildung 7** die Entwicklung des Erzeugermix ab dem Jahr 2009 bis zum Jahr 2019. Der Biomasseanteil hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen und den Kohleeinsatz und somit auch die CO₂-Emissionen zurückgedrängt.

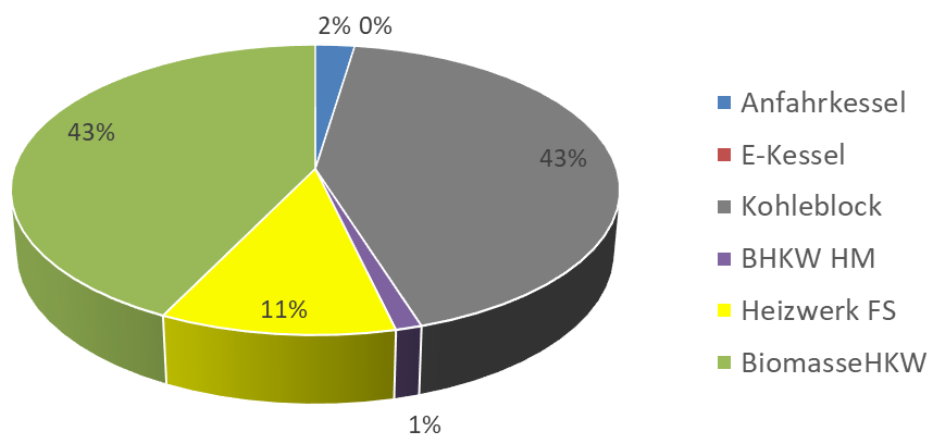


Abbildung 6: Erzeugermix am Standort Zolling 2019

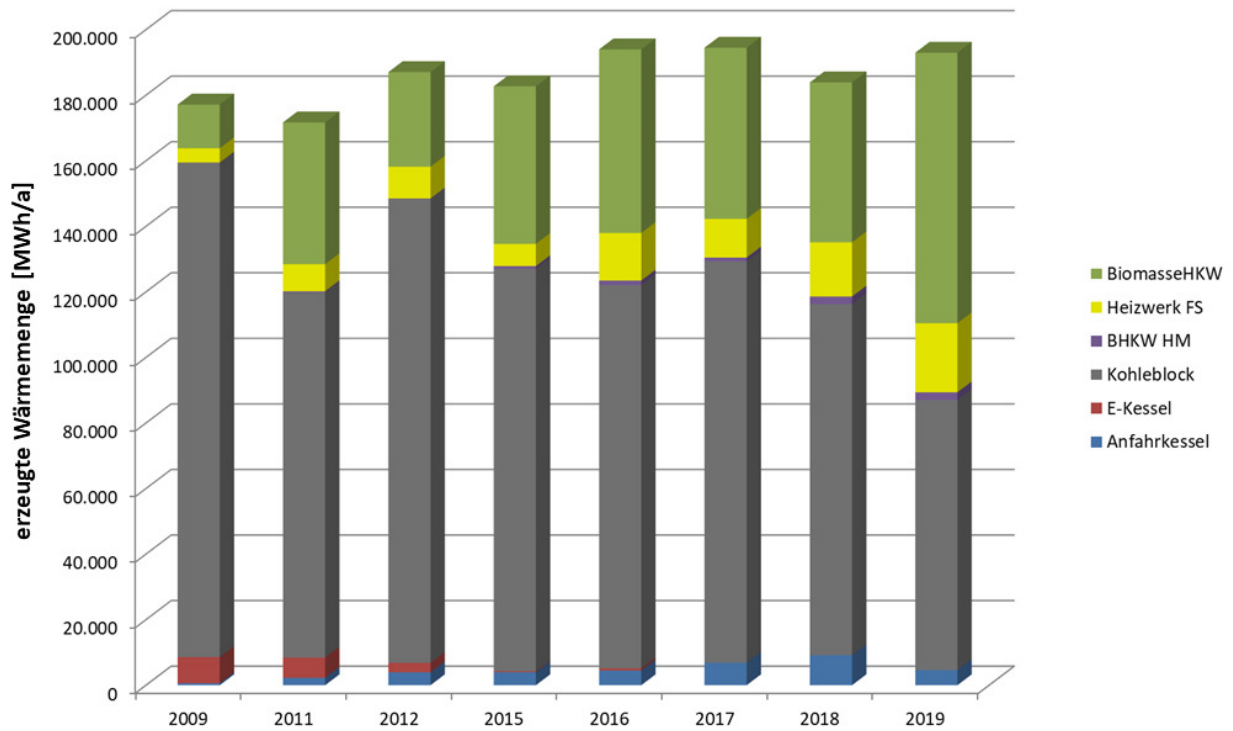


Abbildung 7: Entwicklung des Erzeugermix am Standort Zolling seit 2009

Der Flughafen München betreibt zusätzlich noch eigene Blockheizkraftwerke (BHKW) und stellt damit über Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) Wärme und Strom für den Eigenbedarf her. Hinzu kommt das Biomasse-Heizwerk Freising auf dem Campus Weihenstephan mit 850 kW_{th}, welches durch das Staatliche Bauamt Freising zur Einspeisung in das interne Nahwärmenetz betrieben wird.

Fazit Fernwärmesystem Freising

- ➔ Inklusiv des Netzes Weihenstephan, gibt es im Stadtgebiet derzeit fünf in Betrieb befindliche Wärmenetze. Mit Ausnahme des Netzes an der Angerstraße beziehen alle Netze Wärme aus dem Kraftwerk Zolling.
- ➔ Das Kraftwerk Zolling hat eine Gesamtwärmekapazität von 275 MW, davon 180 MW aus Kraft-Wärme-Kopplung und erzeugt die Wärme mit jeweils ca. 40 bis 45 % zum Großteil aus Steinkohle und Biomasse.
- ➔ Durch den Steinkohleanteil sind die CO₂-Emissionen relativ hoch. In den letzten Jahren ist eine deutliche Zunahme der Biomasseeinspeisung zu erkennen. Der Anteil an Erneuerbaren Energien liegt aktuell bei 43 % und ist damit im Bundesvergleich über dem Durchschnitt (Stand 2019).
- ➔ Die Transportleitung wird insbesondere im Winter mit hohen Temperaturen betrieben, teilweise auch die Teilnetze. Das führt insbesondere im Vorlauf zu hohen Netzverlusten und erschwert das Einbinden von Erneuerbaren Energien.
- ➔ Eine Besonderheit sind die komplexen Eigentums- und Betriebsverhältnisse bei den Netzen ebenso wie bei den Erzeugeranlagen.
- ➔ Durch das Transportnetz Zolling-Hallbergmoos bestehen gute Möglichkeiten, das innerstädtische Wärmenetz in Freising weiter auszudehnen, ohne eine eigene Erzeugung innerhalb der Stadt errichten zu müssen.
- ➔ Am Standort Zolling ist ausreichend Platz und die nötige Infrastruktur vorhanden, um Erzeugungskapazitäten aufzubauen und einzuspeisen. Zudem besitzt der Standort bereits entsprechende Genehmigungen. Auch nach der Stilllegung des Kohleblocks (spätestens bis zum Jahr 2038) wird dem Standort daher ein hoher Stellenwert zukommen. Es wird schwer sein, einen vergleichbar großen stadtnahen Standort zu finden und aufzubauen.

3.1.3 Innerstädtisches Wärmenetz

Das innerstädtische Wärmenetz erstreckt sich im Wesentlichen über die Wippenhauser Straße, sowie über die Obere und Untere Hauptstraße. Im Bereich der Amtsgerichtsgasse und in der Bahnhofstraße befindet es sich aktuell im Bau. Die notwendige Wärme wird derzeit vom Kraftwerk Zolling zur Verfügung gestellt und über eine Beimischung im Bereich der Kreuzung Wippenhauser Straße/Biernerstraße mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 90 °C eingespeist. Dabei speist die Beimischung aus dem kälteren Rücklauf so viel Wasser in den Vorlauf ein, dass die Vorlauftemperatur auf die entsprechende Solltemperatur von 90 °C reduziert wird.

Tabelle 3: Kenndaten Innerstädtisches Wärmenetz

	Kenngröße	Anmerkung
Trassenlänge	0,95 km	Stand Dezember 2020
Anschlusswert	948 kW	Stand Dezember 2020
Anzahl Übergabestationen	12 Stk.	Stand Dezember 2020, Kunden sind indirekt angeschlossen
Druckstufe	PN 25	
Betriebstemperaturen T_{VL} / T_{RL}	90 / 50 °C	Sommer und Winter
Inbetriebnahme	2018	mit mobiler Heizzentrale (MHZ) Anbindung ans FFG-Netz (2019)
Primärenergiefaktor	0,475	entspricht PEF Kraftwerk Zolling
Wärmeübergabe aus dem FFG-Netz erfolgt im Bereich Kreuzung Wippenhauser Straße/Biernerstraße		

Die aktuell größten Wärmeabnehmer im Innenstadtnetz sind zwei Sonderkunden mit ca. 335 MWh/a und 172 MWh/a. Die Stadtwerke selbst und mehrere Objekte der Stadt Freising sind bzw. werden aktuell an das Wärmenetz angeschlossen.

Die Nennweitenverteilung des Wärmenetzes Innenstadt stellt sich wie folgt dar.

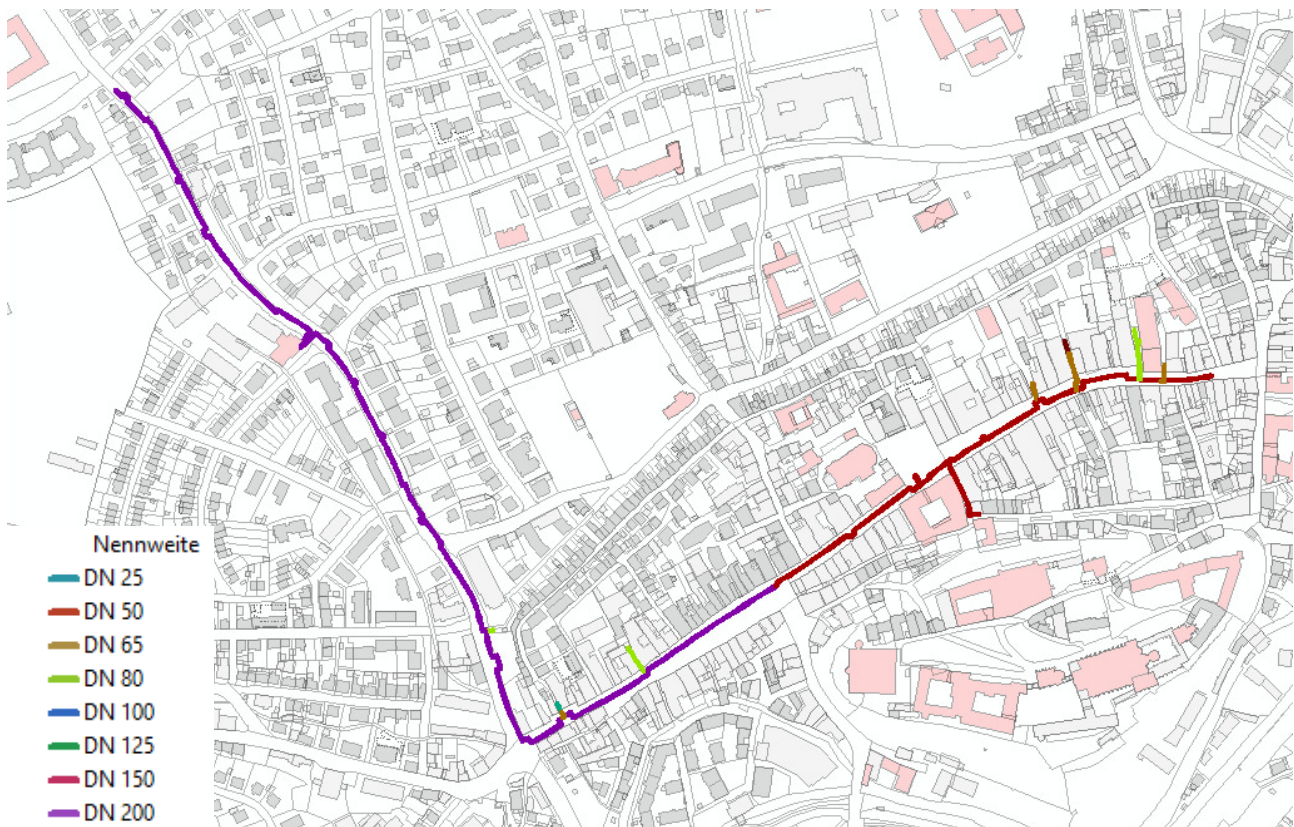


Abbildung 8: Nennweitenübersicht Innerstädtisches Wärmenetz

Bei einer Temperaturspreizung von $T_{VL} / T_{RL} = 90 / 50 \text{ °C}$ besitzen die Leitungen folgende Wärmetransportkapazitäten:

Tabelle 4: Transportkapazitäten Innerstädtisches Wärmenetz

Nennweite	Spez. Druckverlust 90 Pa/m	Spez. Druckverlust 150 Pa/m
DN 50	220 kW	280 kW
DN 65	430 kW	560 kW
DN 80	660 kW	860 kW
DN 100	1.300 kW	1.700 kW
DN 125	2.300 kW	3.000 kW
DN 150	3.800 kW	5.000 kW
DN 200	8.100 kW	10.500 kW
	Transportleitungen	Verteil- u. Hausanschlussleitungen

Das innerstädtische Wärmenetz befindet sich noch im Aufbau. In den nächsten Jahren ist ein deutlicher Anschlusszuwachs zu erwarten. Die Leitungen wurden für diese prognostizierte Entwicklung entsprechend dimensioniert. Die Besonderheit des Wärmenetzes in der Innenstadt ist, dass es sich um ein sehr altes Bestandsgebiet mit teilweise engen Gassen handelt, bei welchem die Gebäude nicht unterkellert sind, so dass die Leitungen durch die Bodenplatte und an den Fassaden entlanggeführt werden müssen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Karten für die Abwasserkanäle nicht dem tatsächlichen Bestand entsprechen, was Improvisation bei den Bautätigkeiten erfordert und zu Verzögerungen bei der Bauzeit führt.

Fazit Innerstädtisches Wärmenetz

- ➔ Das innerstädtische Wärmenetz wurde 2018 in Betrieb genommen und befindet sich im Ausbau.
- ➔ Das Netz wurde im Hinblick auf den zu erwartenden Ausbau großzügig dimensioniert.
- ➔ Das Netz wird nur mit maximal 90 °C betrieben. Die Temperatur der Fernwärme aus Zolling wird über eine Beimischstation reduziert.
- ➔ Durch den Netzbetrieb mit 90 °C Vorlauftemperatur besitzt es bereits jetzt das erforderliche Temperaturniveau zur Einspeisung von Erneuerbaren Energien.
- ➔ Eine Entkopplung von der Fernwärme aus Zolling wäre nur möglich, wenn in der Innenstadt ein Erzeugerstandort gefunden wird (aktuell nur Abwärme aus Abwasser zentrumsnah denkbar).

3.1.4 Wärmenetz Steinpark

Das Wärmenetz Steinpark erstreckt sich von der Asamstraße ausgehend über das komplette Steinareal und versorgt das dortige Wohnquartier inklusive des Einkaufszentrums und dem Schulkomplex. Die benötigte Wärme kommt derzeit aus dem Kraftwerk Zolling und wird im Bereich Kreuzung Weinmiller Straße/Emil-Berg-Straße zentral in das Wärmenetz eingespeist. Die Versorgung der einzelnen Objekte erfolgt grundsätzlich über einen indirekten Anschluss.

Tabelle 5: Kenndaten Wärmenetz Steinpark

	KenngroÙe	Anmerkung
Trassenlänge	2,81 km	Daten stammen aus dem GIS
Anschlusswert	2.155 kW	
Anzahl Übergabestationen	35 Stk	Kunden sind indirekt angeschlossen
Druckstufe	PN 25	
Betriebstemperaturen T_{VL} / T_{RL}	85 - 115 / 50 °C	Sommer und Winter
Inbetriebnahme	Dezember 2011	
Primärenergiefaktor	0,475	entspricht PEF Kraftwerk Zolling
Wärmeübergabe aus dem FFG-Netz erfolgt im Bereich Kreuzung Weinmiller Straße/Emil-Berg-StraÙe		

Die größten Wärmekunden im Netz Steinpark sind drei Sonderkunden mit einer jährlichen Wärmemenge von ca. 289 MWh/a, ca. 254 MWh/a sowie ca. 248 MWh/a.

Die Nennweitenverteilung des Wärmenetzes Steinpark stellt sich wie folgt dar:

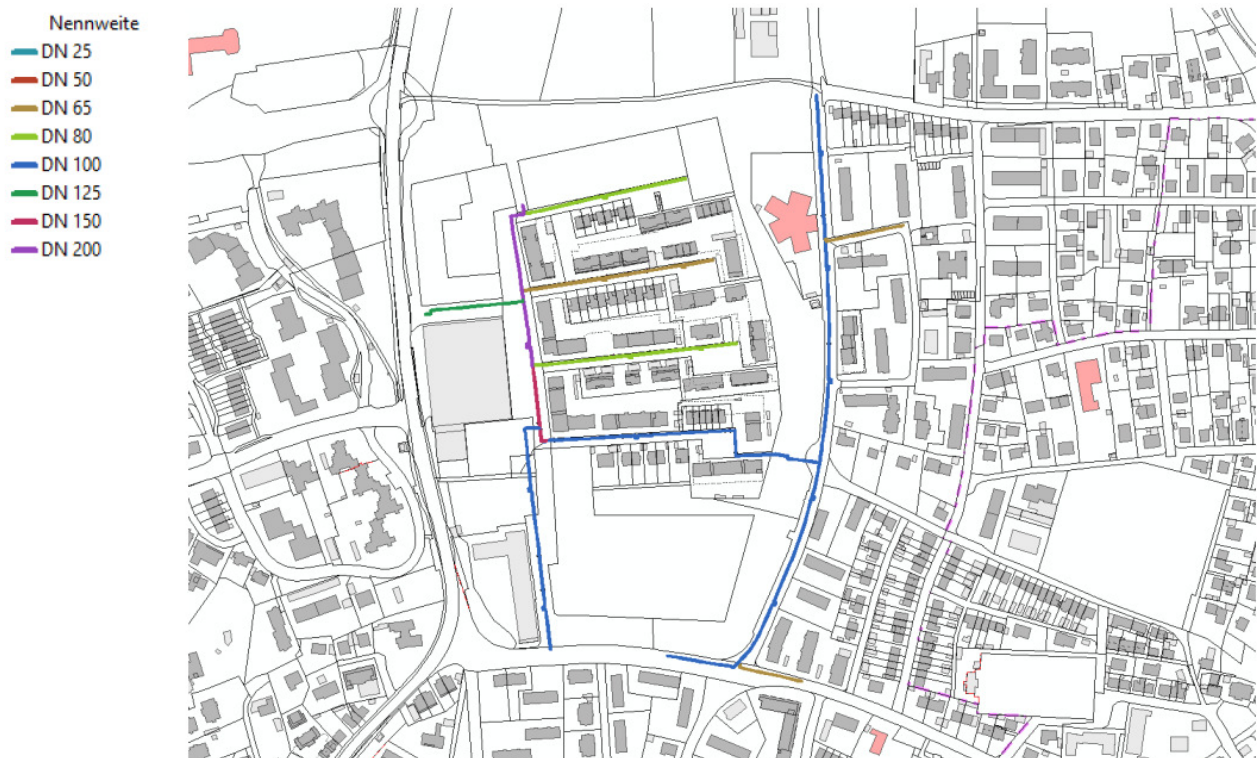


Abbildung 9: Nennweitenübersicht Wärmenetz Steinpark

Fazit Wärmenetz Steinpark

- ➔ Das Netz Steinpark wird mit den hohen Temperaturen aus der Transportleitung Zolling versorgt.
- ➔ Eine Temperaturabsenkung wäre nur machbar, wenn das Netz noch Kapazitätsreserven aufweist und die Wärmetauscherflächen der Hausübergabestationen ausreichen.
- ➔ Da das Netz Steinpark noch sehr neu ist und große Investitionen erst vor 10 Jahren getätigt wurden, ist es derzeit eher unwahrscheinlich, das Netz bzw. die Hausübergabestationen auf andere Betriebstemperaturen umzurüsten.

3.1.5 Zusammenfassung Wärmenetze

Die zusammengetragenen und ermittelten Daten und Informationen zu den Wärmenetzen wurden analysiert und die Stärken und Schwächen der bestehenden Wärmeversorgung auf Basis einer SWOT-Analyse zusammengefasst. Dabei wurde sowohl auf technische Aspekte der Netze, auf Abnehmer- und Versorgungsstrukturen als auch auf die Betreibermodelle eingegangen.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Fernwärmenetze mit freier Kapazität/Ausbaupotential vorhanden • gemäß TAB niedrige RL-Temperaturen im Netz • ein Teil der Wärme wird bereits regenerativ mit Biomasse, Altholz und Klärschlamm erzeugt, deren Anteil in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen hat • es gibt aussichtsreiche Gebiete mit hoher Wärmedichte, die sich für eine netzgebundene Wärmeversorgung/ Ausbau der Wärmenetze anbieten. 	<ul style="list-style-type: none"> • in der Realität deutlich höhere RL-Temperaturen als in der TAB vorgegeben • unterschiedliche Eigentums- und Betriebsverhältnisse: in den Freisinger Wärmenetzen und den dort eingebundenen Kraftwerken sind verschiedene Gesellschaften beteiligt und miteinander verzahnt • aufgrund der verschiedenen Eigentums- und Betriebsverhältnisse wird bisher nicht auf eine Gesamtoptimierung der Wärmeversorgung geachtet • flächendeckendes Gasnetz steht in Konkurrenz zur Fernwärme • hoher Anteil der Wärmeerzeugung auf Basis fossiler Energieträger (Steinkohle, Öl, Gas, Strom) • hohe Betriebstemperaturen in der Zolling-Leitung machen u. a. die Einbindung Erneuerbarer Energien schwieriger
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Stadt und Stadtwerke verfolgen ein gemeinsames Ziel: zukunftsfähige, effiziente und entwicklungs offene Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energieträger • der Anteil der mit Gas und Fernwärme versorgten Objekte beträgt ca. 72 %, so dass anzunehmen ist, dass es noch viele Öl- und Stromheizungen gibt • der Stadtkern steht weitestgehend unter Denkmalschutz, was eine Sanierung durch Außendämmung eher unwahrscheinlich macht → kaum Alternativen zu Wärmenetz, so dass langfristig eine Fernwärme-Verdichtung im Stadtkern zu erwarten ist 	<ul style="list-style-type: none"> • flächendeckendes Gasnetz mit derzeit relativ günstigen Brennstoffkosten senkt die Bereitschaft der Hausbesitzer auf Fernwärme zu wechseln • Wirtschaftlichkeitslücke (zu hohe Investitionen/Wärmegestehungskosten im Vergleich zu den Einnahmen) • CO₂-Bepreisung (Entwicklung unbekannt, Umlage auf Endkunden)

3.2 Gasnetz

3.2.1 Bestandsaufnahme Gasnetz

Die Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH betreibt das Gasnetz zur Gasversorgung des Stadtgebietes und weiterer Ortsteile wie Altenhausen, Hohenbachern und Pulling sowie die Ortschaften Marzling und Langenbach. Die Erdgasversorgung existiert in Freising seit 1975. Die Erdgas Südbayern GmbH ist der Vorlieferant, der Erdgas mit ca. 10 bar Druck liefert. Die Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH bezieht das Erdgas über die drei Einspeisepunkte „Übergabestation Lerchenfeld“ an der Kreisstraße FS 44, „Gasdruckregel- und Messanlage an der Wippenhauser Straße“ sowie über die östlich von Freising gelegene „Station Schmidhausen“.

Das Gasnetz im Freisinger Stadtgebiet ist flächendeckend und besitzt eine Gesamtlänge von 162 km. Die Gesamtlänge teilt sich auf in 14 km Hochdrucknetz, in 42 km Mitteldrucknetz und in 106 km Niederdrucknetz. Dabei gibt es drei Ausspeisepunkte im Hochdrucknetz, sechs Ausspeisepunkte im Mitteldrucknetz und 4.818 Ausspeisepunkte im Niederdrucknetz. Im Jahr 2019 betrug die Jahresarbeit im Gasnetz insgesamt 358.571.110 kWh, die Jahreshöchstlast trat dabei im Januar auf mit der höchsten Stundenleistung von 108.481 kW.

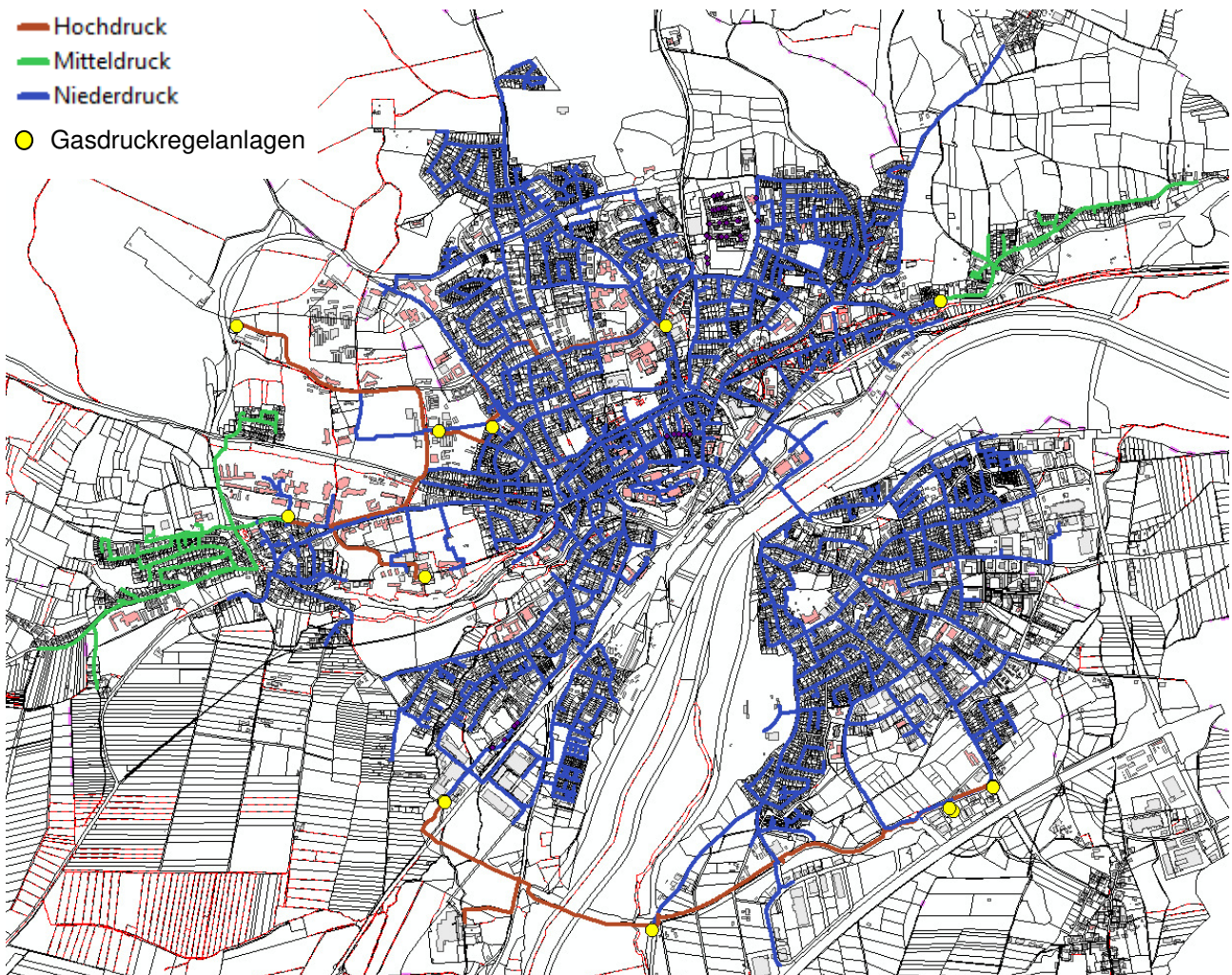


Abbildung 10: Übersicht Gasnetz

3.2.2 Perspektive Gasnetz

Wie auch im Rest der Bundesrepublik hat das Gas in Freising im Wärmesektor einen Anteil von über 50 %. Auch in Zukunft werden gasförmige Energieträger gebraucht. Dabei werden Wasserstoff und synthetisches Methan das fossile Erdgas nach und nach ersetzen. Bis dahin ist fossiles Erdgas sowohl in der Wärme- als auch im Stromsektor als sogenannte „Brückentechnologie“ erforderlich. Durch den fossilen Gaseinsatz wird insbesondere im Stromsektor bei fluktuierenden EE-Dargeboten ein wesentlicher Beitrag zur Versorgungssicherheit erbracht, der mit steigenden EE-Anteilen im Wärmesektor auch an Bedeutung gewinnen wird. Langfristig ist zu erwarten, dass klassische Gasheizungen in Gebäuden immer weniger gebraucht werden. Stattdessen erfolgt die Wärmeversorgung über Nah- und Fernwärmenetze, Wärmepumpen, Solarthermie sowie Biomasse. In der Industrie werden erneuerbare Gase für die Hochtemperatur-Prozesswärme benötigt. Ob in Zukunft schwerpunktmäßig Wasserstoff oder synthetisches Methan eingesetzt wird, ist noch schwer abzusehen. Zwar könnte das gesamte Gasnetz theoretisch regenerativ ausgestaltet werden, es wird aktuell auf Basis verschiedener Untersuchungen dennoch als unrealistisch erachtet [IEE 2020].

In diesem Kontext ist die Entwicklung der Gesetzeslandschaft in Verbindung mit den Klimaschutzzielen zu sehen. Bis 2045 soll CO₂-Neutralität erreicht werden [BUND 2021], was sich in einer zunehmenden Verschärfung der Rahmenbedingungen für fossiles Gas niederschlagen wird. Der Effekt des Anstiegs von Emissionszertifikaten (CO₂-Preise) ist dabei nur ein relevantes Beispiel, das allerdings sehr greifbar ist und dessen Wirkung bereits heute insbesondere bei Kohleverstromungsanlagen zu bemerken ist. Diese Gesetzes- und Förderlandschaft (BEG; GEG; BEHG und ausstehend BEW) verdeutlicht bereits den politischen Willen, die benannten Klimaziele auch erreichen zu wollen.

Gas, das heute zum größten Teil für Wärme im Gebäudebereich eingesetzt wird, wird zukünftig vor allem im Stromsektor als Ausgleich der fluktuierenden erneuerbaren Stromerzeugung, im Verkehr und in der Industrie gebraucht. Obwohl der Bereich Raumwärme und Warmwasser zukünftig ohne Gasheizung auskommen könnte, vorausgesetzt es findet eine erhebliche Effizienzsteigerung im Gebäudebereich statt, werden Gasfernleitungen weiterhin gebraucht. Die Gasverteilnetze hingegen könnten unter der Annahme eines flächendeckenden Ausbaus von Wärmenetzen, Solarthermie, Nutzung von Biomasse, Wärmepumpen und Power-to-Heat-Anwendungen zurückgebaut werden.

Fazit zum Gasnetz

- ➔ Das Stadtgebiet sowie die umliegenden Ortschaften sind flächendeckend mit Gas erschlossen.
- ➔ Das Gasnetz steht in Konkurrenz zur Fernwärme. Es ist schwieriger, Gaskunden für die Fernwärme zu gewinnen, als Gebäude mit Einzelfeuerstätten.
- ➔ Das Gasnetz bietet theoretisch die Möglichkeit regenerativ zu werden, wenn es Biogas oder Wasserstoff transportiert. Das wird aktuell allerdings als unrealistisch erachtet aufgrund der prioritären Verwendung von Biogas und Wasserstoff für Industrie und Verkehr.
- ➔ In den umliegenden Ortschaften mit nicht geringerer Wärmedichte müsste das Gas durch dezentrale regenerative Einzellösungen ersetzt werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen.

Vor diesem Hintergrund ist es für Gasnetzbetreiber erforderlich, ein Vorgehenskonzept oder eine Strategie zu haben, wie den skizzierten Einflüssen auf das Geschäftsmodell Gasnetz begegnet werden kann und wie sich ein Energieversorgungsunternehmen zukünftig aufstellen möchte.

3.3 Stromnetz

Seit dem Jahr 2011 setzt sich die Gesamtstromlieferung der Freisinger Stadtwerke Versorgungs-GmbH aus 100 % Erneuerbaren Energien zusammen. Diese wird durch Herkunftsnachweise garantiert. Gezielter in Stadt oder Landkreis lokal erzeugter Strom spielt dabei noch keine maßgebliche Rolle. Bei IsarStrom und RegionalStrom Natur wird die gesamte Strommenge zu 100 % aus regionalen Wasserkraftwerken in Süddeutschland und Österreich bezogen. Allerdings gibt es in Freising zahlreiche Haushalte, die den Strom nicht von den Stadtwerken beziehen.

Abgesehen von Kleinst-BHKW-Anlagen gibt es im Stadtgebiet keine nennenswerten Eigenerzeugungsanlagen. Der Gesamt-Nettostromverbrauch im Stadtgebiet Freising betrug 2017 sowie 2018 ca. 325 Mio. kWh.

Die Aufteilung der einzelnen Spannungsebenen ist in **Abbildung 11** dargestellt.

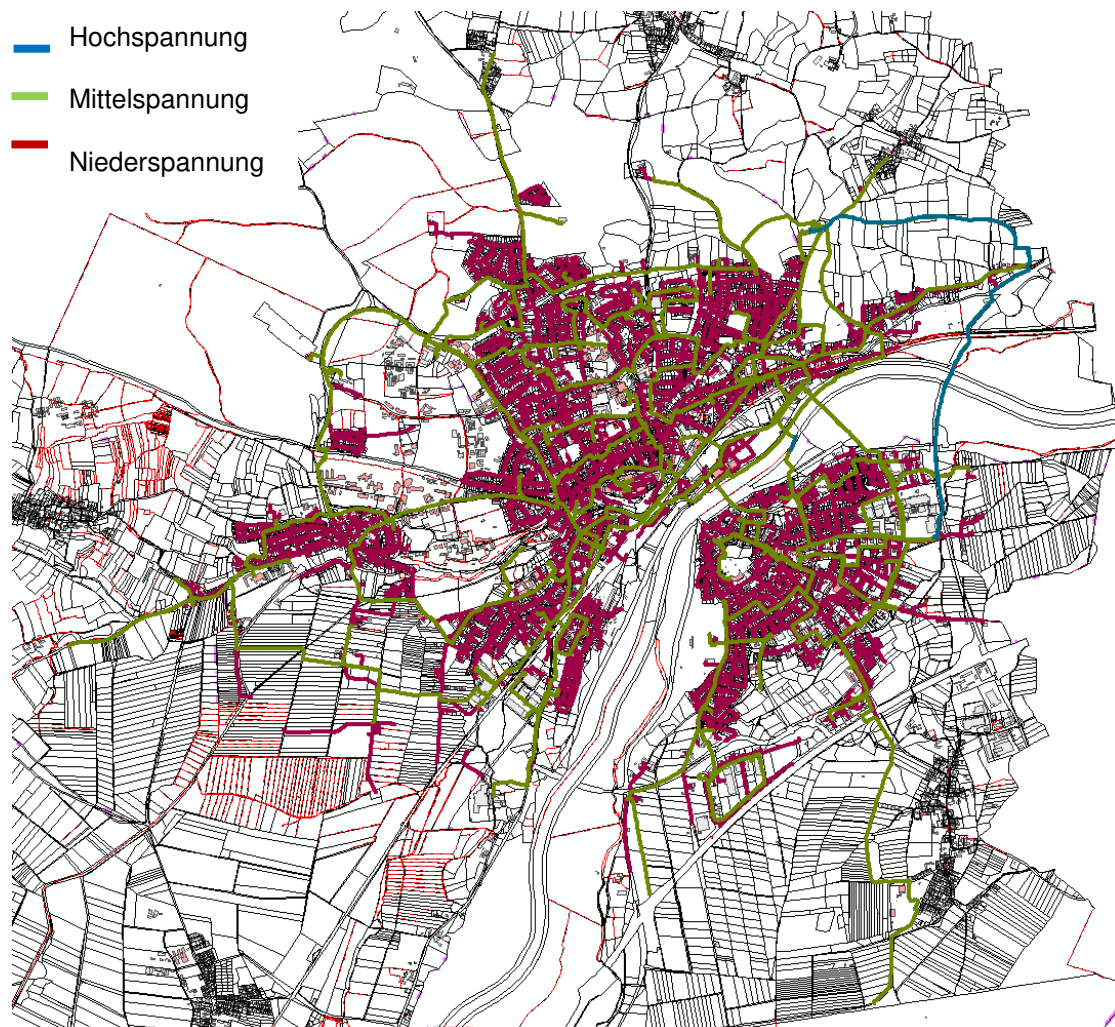


Abbildung 11: Übersicht Stromnetz

Die größten Stromabnehmer im Untersuchungsgebiet sind drei Sonderkunden mit 111 GWh, 33 GWh und 16 GWh. Die Verbrauchswerte stammen jeweils aus dem Jahr 2019.

Größere Unternehmen wie Bertrandt oder Texas Instruments haben in ihren Planungen bereits die Errichtung eigener BHKWs zur Eigenstromerzeugung in Erwägung gezogen. In diesem Fall bestünde die Möglichkeit, die BHKW Abwärme zur Einspeisung in das Wärmenetz zu nutzen. Insbesondere bei Bertrandt sind die Überlegungen etwas weiter fortgeschritten, so dass dies als erneuerbares Potential berücksichtigt wurde.

Eine Kapazitätsbetrachtung des Stromnetzes war nicht im Umfang dieses Projektes enthalten.

Fazit zum Stromnetz

- ➔ Das Stromnetz gewinnt im Zusammenhang mit einer erneuerbaren Energieversorgung an Bedeutung, da sowohl Wärmepumpen als auch E-Kessel einen zunehmenden Stellenwert einnehmen (Stichwort: Power-to-Heat).

3.4 Gesamtwärmebedarf der Stadt Freising

Zur Ermittlung des Gesamtwärmebedarfs der Stadt Freising wurde im Zuge der Studie ein gebäudescharfes Wärmekataster mit Ausweisung der Wärmefachfrage jedes Bestandsgebäudes im Untersuchungsraum erstellt. Die Summe des gebäudescharfen Wärmebedarfs wurde anschließend analysiert und die Informationen grafisch aufbereitet (siehe Kapitel 3.2.2). Der Flughafen München nimmt eine Sonderstellung ein. Er unterliegt nicht der direkten Einflussnahme der Stadt und wurde daher bei der Betrachtung ausgeklammert (wie auch bereits im städtischen Klimaschutzkonzept von 2011).

Der aus dem Wärmekataster ermittelte Gesamtwärmebedarf (Endenergie sekundärseitig) für den Betrachtungsraum der Stadt Freising beträgt insgesamt 427 GWh und teilt sich anteilmäßig gemäß **Abbildung 12** folgendermaßen auf die Energieträger auf:

- Fernwärme 91 GWh/a
- Gas 244 GWh/a
- Strom 2 GWh/a
- Wärmepumpe 10 GWh/a
- sonstige² 80 GWh/a

² Da nicht bekannt ist, welche Gebäude der TU Weihenstephan an die Fernwärme angeschlossen sind, erfolgt die Wärmebedarfsabschätzung im Wärmekataster über den Ansatz spezifische Heizlast multipliziert mit der beheizten Fläche. Die Gebäude sind als „sonstige“ gekennzeichnet. Der gesamte Fernwärmeverbrauch für die TU Weihenstephan ist bekannt und wurde daher von den „Sonstigen“ abgezogen.

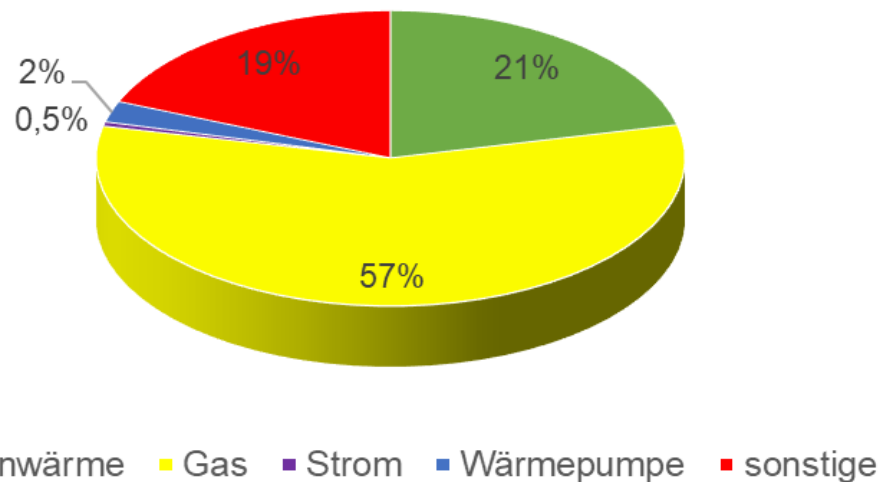


Abbildung 12: Anteile Energieträger am Gesamtwärmebedarf

Die sonstig versorgten Objekte werden über Zentralheizungsanlagen oder Einzelfeuerstätten beheizt. Als Brennstoffe kommen Heizöl, Pellets, Stückholz, Hackschnitzel, Flüssiggas und Kohle zum Einsatz.

Der erneuerbare Anteil des Gesamtwärmebedarfs der Stadt Freising im Jahr 2020 betrug 19 % (Wärmepumpe + Pellets/Hackschnitzel + Stückholz + EE-Anteil Fernwärme), folglich hatten die fossilen Energieträger einen Anteil von 81 %. Die CO₂-Emissionen belaufen sich aktuell auf ca. 99 Tsd. t CO₂ pro Jahr und der Primärenergiefaktor (PEF) beträgt 0,98³.

Eine weitere Darstellung für den Gesamtwärmebedarf (vgl. **Abbildung 13**) der Stadt Freising ist die Aufteilung in private Haushalte, öffentliche Gebäude und Wirtschaft, um die ermittelten Bedarfe mit den Ergebnissen aus dem Klimaschutzkonzept vergleichbar zu machen. Denkmalgeschützte Gebäude werden hierbei gesondert aufgeführt, da bei der späteren Betrachtung der zukünftigen Wärmebedarfsentwicklung den Gebäuden unter Denkmalschutz eine deutliche niedrigere Sanierungsrate bzw. Sanierungseffizienz zugewiesen wird.

- Wohngebäude 207 GWh
- öffentliche Gebäude 50 GWh
- Industrie 76 GWh
- Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD) 69 GWh
- Denkmalschutz 25 GWh

³ Keine PEF-Ermittlung bzw. Ermittlung der CO₂-Emissionen auf Basis der vorhandenen Grundlagen gemäß FW 309 möglich. Die Angaben sind nur ein ungefährender Richtwert zum Vergleich der Stützjahre und verschiedenen Varianten.

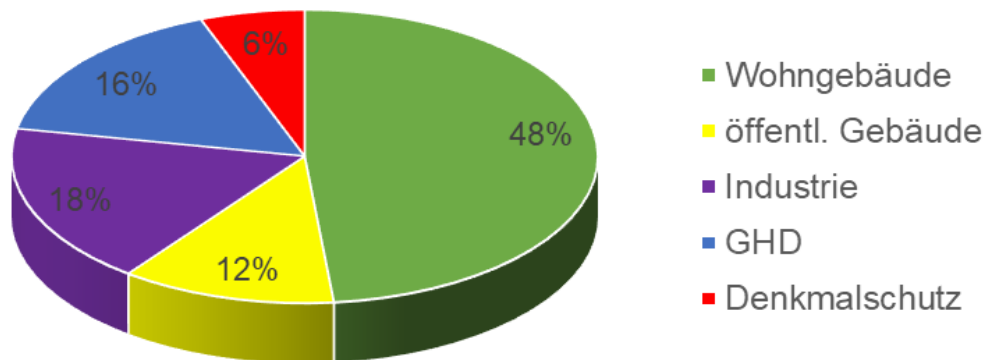


Abbildung 13: Anteile Gebäudetypen am Gesamtwärmebedarf

Im Integrierten Klimaschutzkonzept der Großen Kreisstadt Freising (August 2013) wird der Gesamtverbrauch an Endenergie für Raumwärme, Prozesswärme, Warmwasserbereitung und Strom für private Haushalte und übrige Verbraucher sowie für Industrie und Gewerbe mit jeweils ca. 520 GWh/a angegeben. Hinzu kommen ca. 140 GWh/a für öffentliche Liegenschaften. Die Methodik des Klimaschutzkonzepts zur Bestimmung des Wärmebedarfs unterscheidet sich von der Herangehensweise in dieser Studie insofern, dass in dieser Studie der Wärmebedarf gebäudescharf primär unter Berücksichtigung von Verbrauchsdaten erfolgte. Das Klimaschutzkonzept verfolgte einen Top-Down-Ansatz gemäß der Siedlungstypenmethode für Wohngebäude, woraus wahrscheinlich abweichende Ergebnisse resultieren.

3.4.1 Auswertung der Kaminkehrerdaten

Im Rahmen des Integrierten Klimaschutzkonzeptes der Stadt Freising wurden Daten von den örtlichen Kaminkehrern erhoben. Dadurch ließ sich anteilig die Zusammensetzung der Energieträger abschätzen, welche zuvor noch nicht in den der Stadt vorliegenden Verbrauchsdaten auftauchen. Da es sich um individuelle Wärmeversorgungs-lösungen handelt und nicht um netzgebundene, ist zu erkennen, dass eine Vielzahl der Gebäude noch mit Heizöl beheizt wird und diese besonders interessant für die Umstellung auf Wärmenetze sind. Allerdings ist anzumerken, dass die Kaminkehrerdaten aus dem Jahr 2011 stammen und nicht mehr den aktuellsten Stand wiedergeben. Die Entwicklung bei den Einzelversorgungslösungen zeigt in den letzten Jahren eine Tendenz weg von fossil befeuerten Heizungsanlagen (insbesondere Öl) hin zu regenerativen Energiequellen, allem voran Wärmepumpen. Dennoch lassen sich aus den vorliegenden Zahlen wertvolle Erkenntnisse für die sonstig versorgten Gebäude gewinnen.

Laut einer repräsentativen Kaminkehrer-Umfrage (2011) sehen die Verhältnisse wie folgt aus (vgl. **Abbildung 14** und **Abbildung 15**):

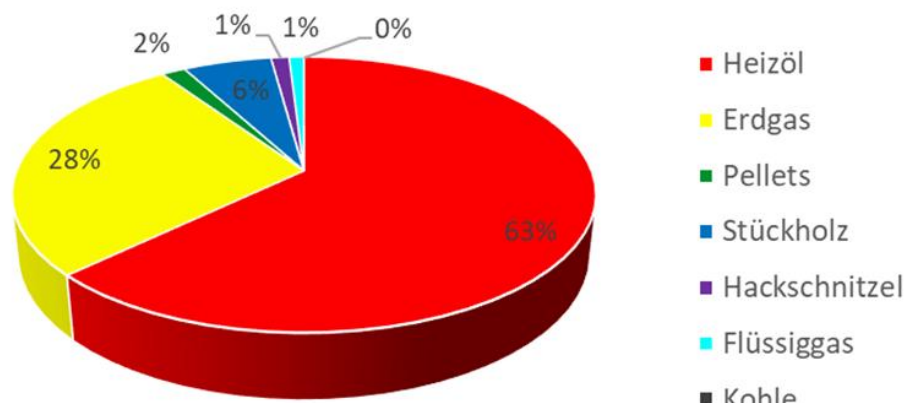


Abbildung 14: Anteile Energieträger bei Zentralheizungen aus Kaminkehrerbefragung (2011)

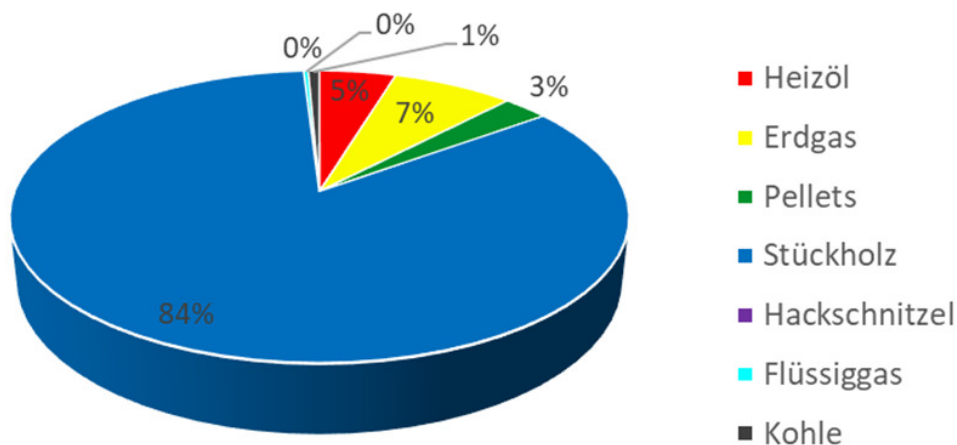


Abbildung 15: Anteile Energieträger bei Einzelfeuerstätten aus Kaminkehrerbefragung (2011)

Bei einem Verhältnis Zentralheizungen zu Einzelfeuerstätten von zwei zu eins lassen sich somit die Anteile der „sonstig versorgten“ Objekte aus **Abbildung 12** ermitteln. Kumuliert betrachtet nehmen Heizöl (61 %) sowie Stückholz (35 %) zusammen mit Hackschnitzel (1 %) und Pellets (2 %) den Hauptanteil bei den sonstig versorgten ein. Flüssiggas (1 %) und Kohle (0,4 %) sind vernachlässigbar.

3.4.2 Wärmedichte- und Wärmepotentialkarte

Als Ergebnis des gebäudescharfen Wärmekatasters wurde sowohl eine Wärmedichtekarte (vgl. **Abbildung 16** oder **Anlage 5**) als auch eine Wärmepotentialkarte (vgl. **Anlage 6**) erstellt. Die Wärmedichtekarte besteht aus einem 100 x 100 m Raster, welches je nach Wärmedichte (Summe Wärmebedarf pro Jahr [MWh/ha] innerhalb eines Quadrats) eingefärbt wurde. Die hohen Wärmebedarfsdichten sind mit orange und rot gekennzeichnet. Wobei der Schwellenwert der Wärmebedarfsdichte zur Identifizierung von für Wärmenetze grundsätzlich geeigneten Gebieten bei 150 MWh/ha pro Jahr liegt [LfENP 2011]. Richtwerte wie dieser Schwellenwert dienen immer nur einer ersten Annäherung bei der Konzeption von Wärmenetzen. Unter bestimmten Voraussetzungen können sich Wärmenetze auch unterhalb dieser Schwelle wirtschaftlich realisieren lassen.

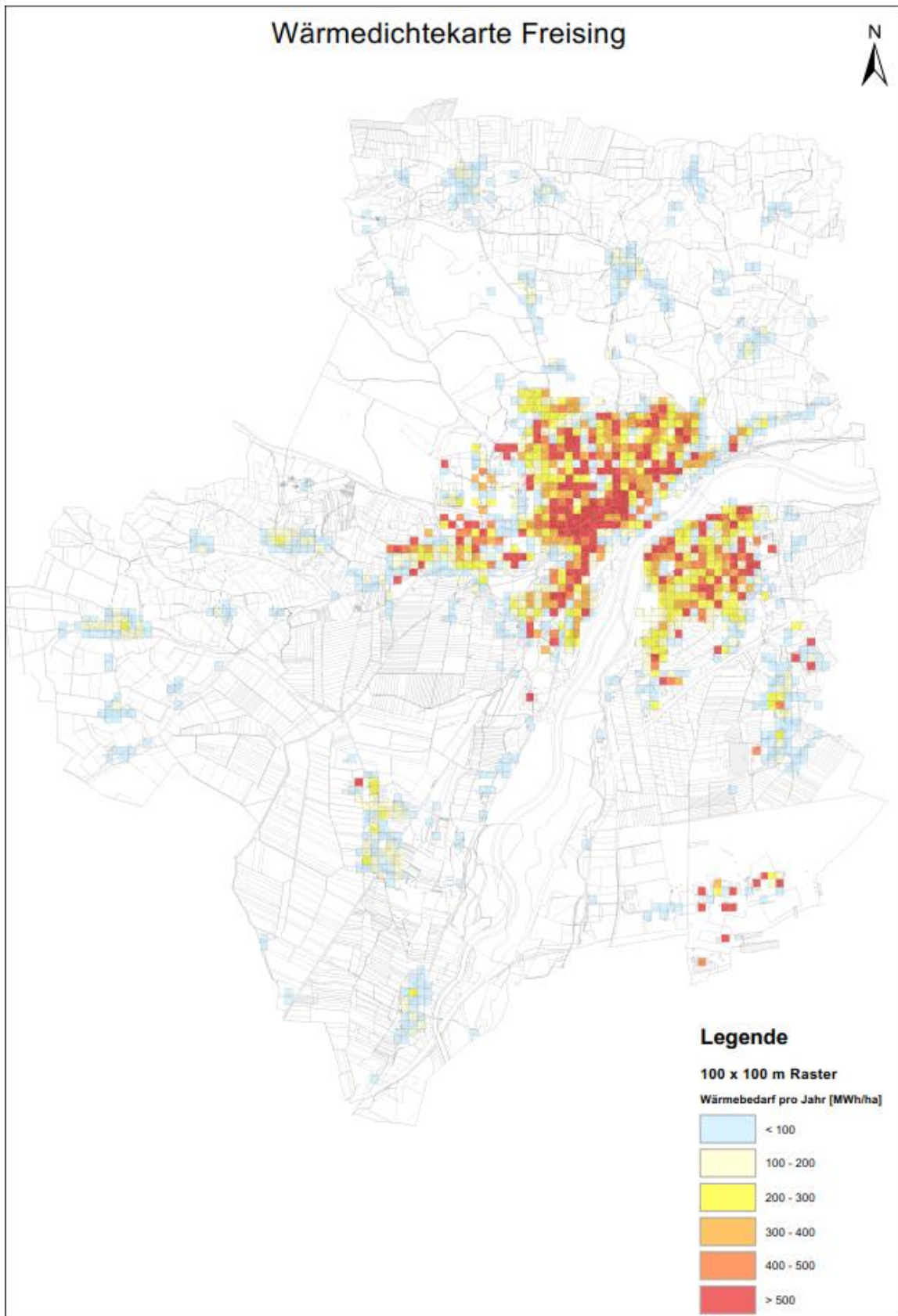


Abbildung 16: Wärmedichtekarte Freising

Fazit Wärmebedarf

- ➔ Der Gesamtwärmebedarf für den Betrachtungsraum der Stadt Freising beträgt 427 GWh/a.
- ➔ Der Gesamtwärmebedarf der Stadt Freising wird aktuell zu 19 % durch Erneuerbare Energien gedeckt (mit 57 % hat Gas den Hauptanteil bei der Deckung des aktuellen Gesamtwärmebedarfs)
- ➔ 21 % des Gesamtwärmebedarfs wird über bestehende Wärmenetze gedeckt (Anteil erneuerbar: 43 %).
- ➔ Für ca. 80 GWh/a ist der Energieträger unbekannt. Da insbesondere hier attraktive potentielle Fernwärmekunden zu erwarten sind, sollten diese genauer untersucht werden.
- ➔ Die TU Weihenstephan ist mit insgesamt fast 33 GWh/a ein ganz entscheidender Fernwärmekunde.
- ➔ Die „fernwärmewürdigen“ Gebiete liegen allesamt in der Kernstadt, die umliegenden Ortsteile weisen eine zu geringe Wärmedichte für konventionelle Wärmenetze auf. Insgesamt ist ein Anteil von ca. 58 % am Gesamtwärmebedarf als „fernwärmewürdig“ zu erachten.
- ➔ Die Bedeutung dezentraler regenerativer Versorgungslösungen ist mit einem Anteil von ca. 42 % nicht zu unterschätzen.

3.4.3 Exkurs: Erstellung des Wärmekatasters

3.4.3.1 Datengrundlagen

Folgende Daten wurden von der Stadt Freising bzw. den Stadtwerken unter Wahrung des Datenschutzes zur Verfügung gestellt und sind Grundlage zur Erstellung des gebäudescharfen Wärmekatasters der Stadt Freising.

- **Hauskoordinaten**

Die Hauskoordinaten umfassen 9.375 Objekte mit gebäudescharfen Adressen und Geokoordinaten und sind die Basis zur Verschneidung mit den anderen Gebäudedaten.

- **Gebäude-Export** (ALKIS-Daten)

Aus der Gebäude-Export-Datei wurde die Gebäudegrundfläche, die Gebäudefunktion sowie die Geschosshöhe verwendet.

- **LoD2-Daten** (3D-Gebäudemodell)

Die LoD2-Daten liefern neben der Gebäudefunktion und der Geschosshöhe weitere Informationen zur Gebäudehöhe sowie zur Dachform.

- **Verbrauchsdaten**

Die Verbrauchsdaten konnten für die Gaskunden, für die Fernwärmenetze und für die Stromkunden u. a. Wärmepumpen zur Verfügung gestellt werden.

Die Daten wurden gebäudescharf aufbereitet und über einen gemeinsamen Objektschlüssel bestehend aus einem Straßenschlüssel, der Hausnummer und dem Hausnummernzusatz miteinander verschnitten.

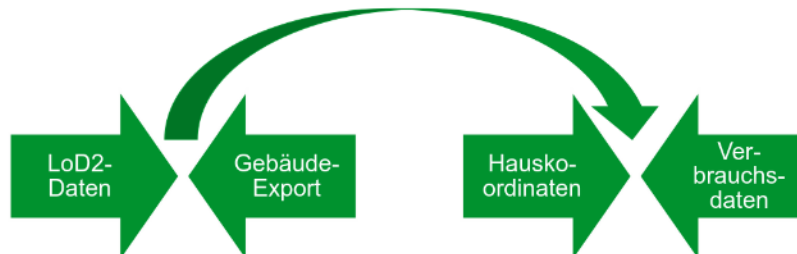


Abbildung 17: Verschneidung der Datengrundlagen

3.4.3.2 Bereinigung der Basisdaten

Die Hauskoordinaten mit den 9.375 Einzelobjekten bilden die Basis für den Wärmeetlas und für die Verschneidung mit den anderen Datengrundlagen. Die Hauskoordinaten wurden bereits adressscharf übergeben und bedurften keiner Bereinigung. Allerdings war bei der Verschneidung mit den Gebäudeumrissen im GIS zu erkennen, dass sich teilweise mehrere Hauskoordinaten innerhalb eines Gebäudeumrisses befinden. Bei der Ermittlung des Wärmebedarfes über die Gebäudegrundfläche würde so der Wärmebedarf für dieses Gebäude fälschlicherweise mehrfach berechnet werden. Daher wurde nur für eine Hauskoordinate innerhalb des Gebäudeumrisses der Wärmebedarf bestimmt, die anderen Hauskoordinaten erhielten die Kennzeichnung „mitversorgt“. Zudem gibt es Hauskoordinaten ohne zugehöriges Gebäude (z. B. Holzgartenstraße 18).

Bei den LoD2-Daten gab es viele Duplikate, mehrdeutige Adressbezeichnungen (z. B. „Nähe...“) oder viele Zeileninträge mit „null“ sowie fehlende Hausnummern. Zur objektscharfen Auftrennung der Adressen wurden diese nicht eindeutigen Adressen nach stichprobenartiger Untersuchung der Objekte gelöscht. Anschließend wurden diese mit den Hauskoordinaten zum Übertragen der notwendigen Informationen verschnitten.

Auch die Gasverbrauchsdaten mussten objektscharf aufgetrennt werden, damit sie mit den Hauskoordinaten verschnitten werden konnten. Auch hier gilt, liegen die Hauskoordinaten für mehrere gasversorgte Objekte innerhalb eines Gebäudeumrisses, so wurden diese als „mitversorgt“ gekennzeichnet. Die Vorgehensweise zur Datenbereinigung erfolgte bei Fernwärme und Strom analog zum Gas.

Zur Verschneidung der Daten untereinander ist eine eindeutige ID erforderlich, daher wurde aus der Straßenummer, der Hausnummer und dem Hausnummernzusatz ein 10stelliger Objektschlüssel (OSL) erzeugt.

3.4.3.3 Aufbereitung der Verbrauchsdaten

Die Verbräuche der verschiedenen Energieträger (Gas, Fernwärme, Strom) und Tarifarten wurden pro Adresse aufaddiert, so dass für jedes Objekt ein Gesamtjahresverbrauch ermittelt werden konnte. Zudem wurden die jeweiligen Verbrauchsdaten witterungsbereinigt. Dazu wurde aus den letzten 5 Jahren 2015 bis einschließlich 2019 ein Mittelwert aus den Heizgradtagen gebildet und als Referenzjahr festgelegt. Die Verbrauchsdaten aus 2017, 2018 und 2019 wurden anschließend mit dem entsprechenden Faktor auf das zuvor ermittelte Referenzjahr normiert.

Um die Wärmeverbrauchsdaten miteinander vergleichbar zu machen wurden die Gasverbräuche folgendermaßen angepasst:

- Umrechnung H_u/H_o mit einem Faktor von 0,901
- Berücksichtigung eines Kesselwirkungsgrades von 90 %

Bei den Stromheizungen wurde davon ausgegangen, dass die Direktheizungen und Speicherheizungen einen Wirkungsgrad von 100 % besitzen. Für die Wärmepumpen wurde ein mittlerer COP von 3,5 angesetzt, angelehnt an die BAFA-Fördervoraussetzung [BAFA 2020] für eine Luft/Wasser-Wärmepumpe.

Die Fernwärmeverbrauchsdaten blieben unverändert.

3.4.3.4 Wärmebedarfsermittlung

Die Wärmebedarfsermittlung erfolgte in drei Schritten:

- (1) Falls Verbrauchsdaten (Gas, Fernwärme, Strom) vorhanden waren, wurden diese verwendet. Ausgenommen bei Objekten mit einem Gasverbrauch kleiner 1.000 kWh/a, hier wurde der jeweilige Schätzwert über die Nutzenergiefläche verwendet. Bei Gasverbräuchen kleiner 1.000 kWh/a ist davon auszugehen, dass das Gas als Kochgas oder Laborgas verwendet wird und nicht für Heizzwecke.
- (2) Für Objekte ohne Verbrauchsdaten wurde der Wärmebedarf auf Basis der Nutzenergiefläche abgeschätzt. Die gemessene Gebäudefläche aus dem GIS wurde mit einem für den Gebäudetyp entsprechenden Flächenkorrekturfaktor multipliziert, um daraus den Anteil der beheizten Fläche zu erhalten. Dieser Flächenanteil wurde anschließend mit der jeweiligen Geschosshöhe multipliziert, um darüber die Nutzenergiefläche zu errechnen. Bei unbekannter Geschosshöhe wurden die Geschosse anhand der Gebäudehöhe ermittelt. Dabei wurde angenommen, dass die mittlere Geschosshöhe 4 m⁴ beträgt. Zudem wurde die Dachform berücksichtigt. Bei einem Satteldach wurde z. B. die beheizte Fläche des obersten Geschosses um 50 % reduziert. Die resultierende Nutzenergiefläche wurde schließlich mit den spezifischen Heizlasten in Abhängigkeit vom jeweiligen Gebäudetyp gemäß [VDI 3807] multipliziert. Daten zur Baualtersstruktur des Gebäudebestandes lagen nicht vor.
- (3) Waren weder Verbrauchsdaten noch die relevanten Angaben zur Ermittlung der Nutzenergiefläche bekannt, so wurde der Wärmebedarf über die Bewohnerzahl eines Gebäudes abgeschätzt. Zuvor wurde ein spezifischer Wert [kWh/Einwohner] anhand der Objekte mit bekannten Gasverbräuchen ermittelt. Es wurde der Modalwert verwendet, welcher bei 4.000 kWh/Einwohner liegt.

Die VDI 3807 macht keine Aufgliederung des Heizenergiebedarfs für Raumheizung und Warmwasserbereitung, ebenso wenig wie für den Anteil an Prozesswärme. Die Unsicherheiten bei Gewerbe und Industrie sind ohnehin sehr groß, da diese eigentlich alle individuell betrachtet werden müssen und nur schwer zu pauschalisieren sind. Für insgesamt 115 Objekte konnte kein Wärmebedarf anhand einer der o. g. Methoden ermittelt werden. Hierfür gab es keinerlei Angaben, um eine vernünftige Wärmebedarfsabschätzung durchführen zu können. Diese Objekte wurden zur Vollständigkeit schließlich mit einem Wärmebedarf von 0 kWh berücksichtigt. Aufgrund der Bautätigkeiten in der Stadt Freising und den nicht mehr aktuellen Informationen aus der Kaminkehrerbefragung empfiehlt es sich, einerseits das Wärmekataster regelmäßig zu aktualisieren und andererseits durch ergänzende Daten zu verbessern. Informationen zu den sonstig versorgten Gebäuden könnten entweder durch eine weitere Kaminkehrerbefragung erhoben werden oder die Stadt tritt in Form einer freiwilligen Umfrage direkt an die Bürger heran. Zudem ist bei der Pflege des Wärmekatasters der Wärmerückgang durch Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

⁴ Ermittlung der mittleren Geschosshöhe erfolgte durch die Auswertung der Objekte, bei denen sowohl Gebäudehöhe als auch Geschosshöhe bekannt waren.

4. Potentialanalyse Freising

Im Rahmen der Potentialanalyse wurde aufgezeigt, welche regenerativen Energieträger und welche Abwärmquellen im Freisinger Stadtgebiet am ehesten zum Einsatz kommen können. Es wurde herausgearbeitet, in welchen Bereichen Potential besteht und wozu vertiefende Untersuchungen empfohlen werden. Darüber hinaus wurden mögliche Optimierungsansätze und Ausbaumöglichkeiten bestehender Wärmenetze bzw. der an die Wärmenetze angeschlossenen Kraftwerke aufgezeigt.

4.1 Regenerative Erzeugungsmöglichkeiten

Es wurden folgende Erneuerbare Energiequellen hinsichtlich Verfügbarkeit, thermischer Leistung und Energiemenge, Temperaturniveau, Möglichkeit und Aufwand zur Systemintegration sowie Kosten/Nutzen untersucht und anschließend bzgl. Einsatzmöglichkeit bewertet:

- (1) oberflächennahe Geothermie
- (2) Tiefengeothermie
- (3) Biomasse/Biogas/Biomethan
- (4) Solar

Dabei wird unterschieden in theoretisches, technisches, wirtschaftliches und erschließbares Potential.

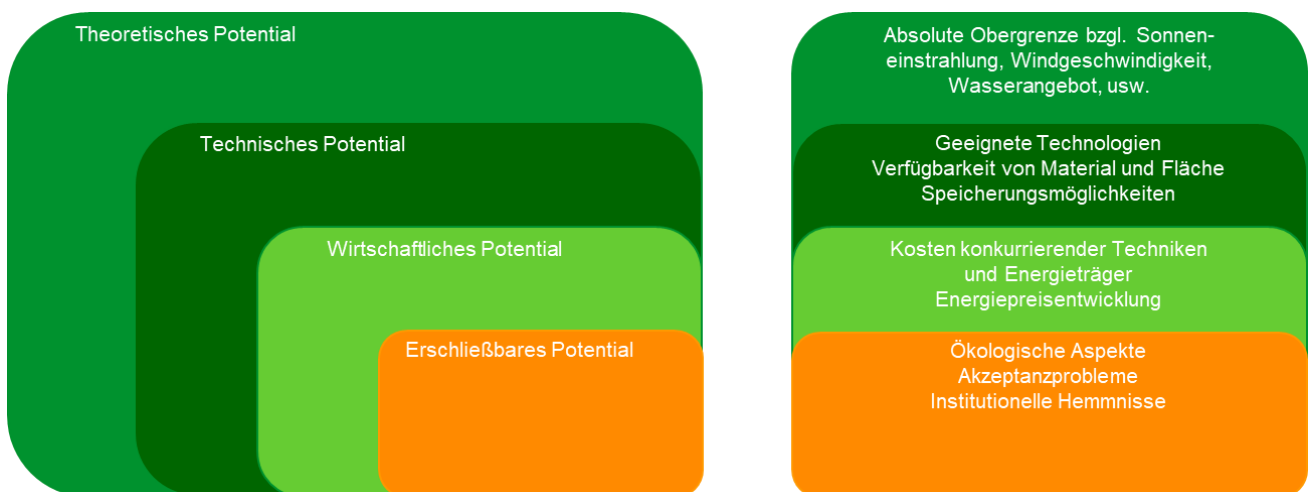


Abbildung 18: Definition des Potentialbegriffs

Die **Tabelle 6** gibt einen Überblick über die erneuerbaren Energiequellen und zeigt auf, in welchen thermischen und elektrischen Leistungsklassen diese standardmäßig verfügbar sind, in welchem Temperaturniveau die Wärme ausgekoppelt werden kann und ob die jeweilige Energiequelle üblicherweise in der Schwachlast, Grundlast oder Spitzenlast eingesetzt wird.

Tabelle 6: Einbindung erneuerbarer Energien in die Fernwärme

Energiequelle	Erzeugertyp	therm. Leistungsklasse					elektr. Leistungsklasse					Lasttyp			Temperaturniveau				
		< 1 MW	1 bis 5 MW	5 bis 10 MW	10 bis 20 MW	> 20 MW	< 1 MW	1 bis 5 MW	5 bis 10 MW	10 bis 20 MW	> 20 MW	Schwachlast	Grundlast	Spitzenlast	Low-Ex-Netz	90 bis 110 °C	110 bis 140 °C	> 140 °C	Dampfnetz
Biomasse <small>(Holzhackschnitzel (Frischholz, Altholz), Holzpellets, Getreide, Stroh, Riesen-Chinaschilf, Klärschlamm, ...)</small>	Kessel																		
	KWK (Dampfkraftwerk)																		
	KWK (ORC-Anlage)																		
	Vergaseranlagen																		
	Cofiring bei Kohlekraftwerken (Kessel)																		
	Cofiring bei Kohlekraftwerken (KWK)																		
Biogas	Kessel ⁽¹⁾																		
	KWK (BHKW)																		
	KWK (Mikro-Gasturbine)																		
Biomethan	Kessel																		
	KWK (BHKW, ORC, Dampfturbine)																		
Tiefengeothermie	reine Wärmenutzung														<i>standortspezifisch</i>				
	ORC-Prozess																		
oberflächennahe Geothermie	Wärmepumpe																		
Gewässer (Abwasser, Fluß, See)	Wärmepumpe																		
Abwärme	direkte Nutzung																		
Solarthermie	Flach-Kollektor																		
	Vakuum-Röhren-Kollektor																		
Strom	E-Kessel, PZH																		
Wasserstoff	Brennstoffzelle																		

⁽¹⁾ Biogas in Kesseln zu verbrennen ist technisch möglich, aber in der Praxis nicht verbreitet, da die Nutzung in KWK-Anlagen durch das EEG ökonomisch attraktiver ist.

4.1.1 Oberflächennahe Geothermie

Erdwärme, die unterhalb der Oberfläche bis in Tiefen von 400 m vorherrscht, resultiert aus gespeicherter Sonnenenergie und Wärme aus dem Erdinneren. Das Temperaturniveau ist mit 8 bis 12 °C in den oberflächennahen Bereichen niedrig und ist insbesondere bis ca. 10 m Tiefe stark jahreszeitlich geprägt. Ab etwa 15 m ist die Temperatur im Untergrund annähernd konstant und steigt mit ca. 3 K je 100 m linear an (siehe **Abbildung 19**).

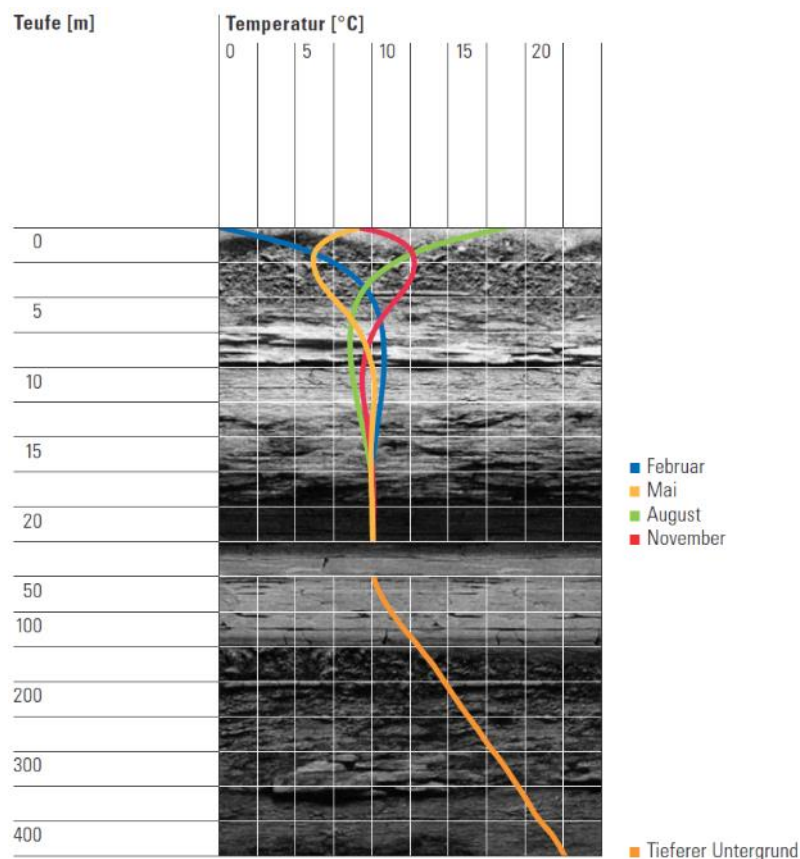


Abbildung 19: Jahreszeitlich beeinflusstes Temperaturgefälle im Untergrund [StMUGV 2005]

Die verfügbaren Technologien zur Wärmeengewinnung sind:

- Erdwärmekollektoren
- Erdwärmesonden
- Grundwasserwärmepumpe
- erdberührte Betonbauteile

Die oberflächennahe Geothermie ist vor allem im Einfamilienhaussektor relevant. Erdberührte Betonbauteile und Sonden in größerer Zahl kommen mittlerweile auch in Konzeptionen großer Neubauprojekte oder für Groß-, Gewerbe- und Industriebauten vor.

Die Auswahl der Wärmequelle (Erdreich, Grundwasserbrunnen) orientiert sich in erster Linie nach den örtlichen Untergrundverhältnissen und der hydrogeologischen Situation, aber auch am oberirdischen Platzangebot. Ziel ist eine möglichst große Entzugsleistung, die von der Wassersättigung (Wärmeleitfähigkeit und Speicherkapazität) der Erd- und Gesteinsschichten abhängt. Für die Standortwahl müssen deshalb geologische und hydrogeologische

Karten herangezogen und die für die Grundwasserverhältnisse zuständigen Wasserwirtschaftsämter involviert werden. Bei größeren Anlagen sind zudem geologische Voruntersuchungen, Probebohrungen sowie thermische Response-Tests und ggf. sogar computergestützte Simulationen erforderlich. Auch Bohrungen in geringerer Tiefe bis 100 m sind mit gewissen Risiken verbunden und sollten nur von DVGW-zertifizierten Fachfirmen ausgeführt werden. Die Kosten einer Bohrung sind nicht sicher prognostizierbar. Bauwerksschäden u. Ä. in Folge von Setzungen können nicht ausgeschlossen werden.

4.1.1.1 Potentialermittlung

Als potentielle Wärmequelle für die Einbindung in ein Wärmenetz ist die oberflächennahe Geothermie, aufgrund des geringen verfügbaren Temperaturniveaus, nur bedingt geeignet und lässt sich kaum wirtschaftlich umsetzen.

Unabhängig von der Einbindung in ein Wärmenetz ist es – mit wenigen Ausnahmen im Naturraum von Wasserschutzgebieten – fast im gesamten Stadtgebiet Freising prinzipiell möglich, oberflächennahe Geothermie mittels Erdwärmesonden zu nutzen (siehe **Abbildung 20**). Hierzu bedarf es aber jeweils einer Einzelfallprüfung durch die zuständige Fachbehörde (Bergamt, Wasserwirtschaftsamt).

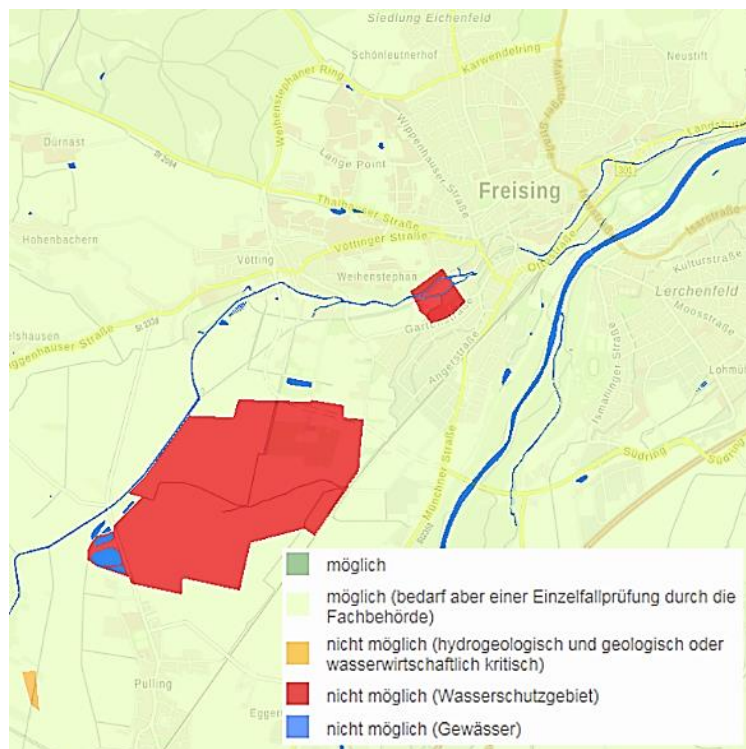


Abbildung 20: Potentielle Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden [EnABY 2021]

Die theoretische Energiedichte der oberflächennahen Geothermie beträgt in der Fläche 10 bis 40 W/m² und in der Tiefe 20 bis 80 W/m. Für Grundwasserbrunnen müssen ca. 0,25 m³/h für eine Verdampferleistung von 1,0 kW gefördert werden. Sie steht ganzjährig zur Verfügung, ist aber teilweise den jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen.

4.1.1.2 Kostenschätzung

Die Kosten für die unterschiedlichen Technologien belaufen sich auf ca. 15 bis 20 ct/ kWh (im Einfamilienhausesektor).

4.1.1.3 Übersicht (SWOT- Analyse)

Die nachfolgende Übersicht in Form einer SWOT-Analyse bezieht sich sowohl auf die Anwendung von Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden als dezentrale Einzellösungen oder Cluster als auch zur Einbindung in ein Wärmenetz.

Stärken	Schwächen
<p>Erdwärmekollektoren + Erdwärmesonden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bereits gängige und erprobte Technologie → Standard-Produkt in Zusammenhang mit einer Wärmepumpe • Flächendeckendes digitales Kartenwerk (Energie-Atlas Bayern) zu geologischen Verhältnissen vorhanden • saubere und unbegrenzte Energiequelle Erdwärmesonden: • können nicht nur zum Heizen im Winter sondern auch zum Kühlen im Sommer eingesetzt werden 	<p>Erdwärmekollektoren + Erdwärmesonden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erdwärmekollektoren aufgrund des Platzbedarfs und Erdwärmesonden aufgrund der Bohrungen in der Innenstadt von Freising schwer zu realisieren • vergleichsweise geringes Temperaturniveau verfügbar → Wärmegewinnung ausschließlich mit Hilfe von (dezentralen) Wärmepumpen möglich (fraglich, ob bei Denkmalschutz überhaupt realisierbar) • erfordern großen Platzbedarf bei einer Ausbeute von mehreren MW Leistung <p>Erdwärmesonden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • genaue Kenntnis der Bodenbeschaffenheit, der Schichtenfolge und der Grundwasserverhältnisse erforderlich • Bohr- und Nutzungsanzeige erforderlich – tlw. auch wasserrechtliche Erlaubnis notwendig • gegenseitige Beeinflussung einzelner Bohrungen (→ Mindestabstände erforderlich) • erfordert Regeneration des Erdreichs, ansonsten kühlt das Erdreich über die Jahre immer weiter aus <p>Erdwärmekollektoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jahreszeitliche Auswirkungen aufgrund der geringen Entfernung zur Oberfläche
Chancen	Risiken
<p>Erdwärmekollektoren + Erdwärmesonden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • das Marktvolumen der oberflächennahen Geothermie wird aufgrund steigender Preise bei fossilen Energieträgern weiter zunehmen, die Wettbewerbsfähigkeit steigt 	<p>Erdwärmekollektoren + Erdwärmesonden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • geringe Arbeitszahlen und höhere Betriebskosten in ungewöhnlich langen Kälteperioden <p>Erdwärmesonden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bereits Bohrungen in Tiefen bis 100 m bei Erdwärmesonden sind mit gewissen Risiken verbunden und sollten daher nur von DVGW-zertifizierten Fachfirmen ausgeführt werden. Die Kosten einer Bohrung sind nicht sicher prognostizierbar. • Bauwerksschäden u. Ä. durch Setzungen bei Erdwärmesonden

4.1.1.4 Zusammenfassung oberflächennahe Geothermie

Tabelle 7: Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur oberflächennahen Geothermie

	Erdwärmekollektoren	Erdwärmesonden	Grundwasserbrunnen
Potential	spez. Entzugsleistung 10 bis 40 W/m ²	spez. Entzugsleistung 20 bis 80 W/m	spez. Grundwasserförder-rate 0,25 m ³ /(h kW _{Verdampferleistung}) bei ΔT = 6 K
Verfügbarkeit	8.760 h, steht unabhängig von Witterung und Tageszeit zur Verfügung		
Platzbedarf & Standort	Kollektorfläche 15 bis 30 m ² /kW _{Heizleistung} in unmittelbarer Nähe zum Anlagenstandort Überbauung/Versiegelung nicht zulässig	geringer Flächenbedarf (überbaubar) Sondenslänge (abh. von hydrogeologischen Verhältnissen): 1 x 80 bis 2 x 100 m (Einfamilienhäuser) Multisondensysteme für Groß-, Gewerbe- und Industriebauten oder Quartieren in unmittelbarer Nähe zum Anlagenstandort	geringer Flächenbedarf Sondenslänge (abh. von hydrogeologischen Verhältnissen): 2 x 20 bis 50 m in unmittelbarer Nähe zum Anlagenstandort
Temperaturniveau	8 bis 12 °C	8 bis 12 °C	8 bis 10 °C
Anforderungen	wasserrechtliche Behandlung nur in Ausnahmefällen	unterliegt dem Wasserrecht; Regenerationsfähigkeit muss gewährleistet sein	unterliegt dem Wasserrecht; Eignung des Grundwasservorkommens zu prüfen
Kosten	15 bis 20 ct/kWh [BDG 2014]		
Förderprogramm	BAFA [BVGeo 2021]		
Bewertung	prinzipielle Eignung zur gebäudegebundenen Wärmeversorgung in Kombination mit Niedertemperatur-Heizungen → ist aufgrund der geringen Temperaturniveaus eher ungeeignet, um in Fernwärme-Versorgungsnetze eingebunden zu werden; i.d.R. nur in neuen Wohngebieten, auch für Kühlung nutzbar		

4.1.2 Tiefengeothermie

Die Nutzung von petro-thermalen Systemen (Hot Dry Rock Verfahren u. ä.) befindet sich derzeit noch im Versuchs- und Erprobungsstadium. Es ist daher davon auszugehen, dass in absehbarer Zeit in Bayern im tieferen Untergrund nur die hydrothermale Geothermie zum Einsatz kommt. Die hydrothermale Geothermie nutzt Heißwasser-Vorkommen im tieferen Untergrund. Dafür kommt in erster Linie der Malm als potenziell ergiebigster Thermalwasseraquifer in Frage. Im Raum Freising steht er in nicht ausreichender Tiefe an. Alternativ kommen in größeren Tiefen Grundgebirge, Muschelkalk sowie Keuper und Dogger dafür in Frage. Die Aquifere werden mit zwei Bohrungen erschlossen, über die das heiße Wasser gefördert und nach dem Wärmeentzug wieder reinjiziert wird.

4.1.2.1 Potentialermittlung

Für Freising ist, im Vergleich zu südlicher liegenden Gegenden, prinzipiell mit weniger günstigen geologischen Verhältnissen zur hydrothermalen Wärmeabgewinnung zu rechnen (siehe **Abbildung 21**). Das zu erwartende Temperaturniveau liegt nur bei ca. 50 bis 70 °C, so dass der Einsatz von Wärmepumpen zur Anhebung des Temperaturniveaus auf ca. 105 °C erforderlich wird. Die Verhältnisse für eine hydrothermale Stromerzeugung sind aufgrund der unzureichenden Aquifer-Temperaturen definitiv nicht gegeben.



Abbildung 21: Lage Freising im süddeutschen Molassebecken [GABY 2012]

Im Jahr 2008 wurde von der Freisinger Stadtwerke Versorgungs GmbH eine Studie zur Geothermienutzung im Stadtgebiet [KESS 2008] in Auftrag gegeben. Grundlage der von der KESS GmbH ausgearbeiteten Studie sind die folgenden Ergebnisse eines geologischen Gutachtens der Firma Erdwerk GmbH. Die Prognose gilt für eine Bohrung im zugeteilten Claim. Laut Netzentwurf der Studie sollte sich die Bohrung südlich der Innenstadt (etwa bei 48°22'58.9"N; 11°44'13.8"E) befinden.

voraussichtliche Schüttung: 50 bis 75 l/s

voraussichtliche Fördertemperatur: 50 bis 70 °C

Das Erzeugungskonzept sah eine geothermische Wärmeerzeugung in der Grundlast vor, die durch Biomasse (Mittelast) und Ölkessel (Spitzenlast) ergänzt werden sollte. Zur Anhebung des vorhandenen Temperaturniveaus war eine regenerative Absorptionswärmepumpe vorgesehen.

Wegen der Unsicherheit bzgl. der Bohrung wurde ein optimistisches und ein pessimistisches Szenario ausgewertet:

Optimistisches Szenario (Schüttung von 75 l/s und verfügbare Spreizung von 45 K)

verfügbare Entzugsleistung:	14,1 MW
Leistungsabgabe (inkl. Wärmepumpe)	24,7 MW

Pessimistisches Szenario (Schüttung von 50 l/s und verfügbare Spreizung von 25 K)

verfügbare Entzugsleistung:	5,2 MW
Leistungsabgabe (inkl. Wärmepumpe)	12,3 MW

Unter den in der Studie getroffenen Annahmen kann die Umsetzung des Projektes aus wirtschaftlicher, energiepolitischer sowie Umweltgesichtspunkten grundsätzlich empfohlen werden. Allerdings wurde für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit 80 % ein sehr optimistischer Ansatz für den Anschlussgrad gewählt, der in Anbetracht der derzeitigen Konkurrenzsituation zum Gasnetz schwer zu realisieren sein wird und zudem mit einem enormen Akquiseaufwand verbunden wäre. Es wurde ferner vorausgesetzt, dass der Ausbau kontinuierlich in 15 Bauabschnitten erfolgt, ohne dass ein Jahr pausiert wird, da dies zu erheblichen Mehrkosten führen würde. Da die Studie bereits in 2008 erarbeitet wurde, haben sich obendrein mittlerweile ein Teil der Rahmenparameter geändert. Zu diesem Zeitpunkt existierte zum Beispiel noch kein Wärmenetz im innerstädtischen Gebiet. Daher empfiehlt es sich, die Studie mit den aktuellen Grundlagen und Erkenntnissen zu aktualisieren.

4.1.2.2 Potentielle Erzeugerstandorte und Platzbedarf

Da die Teufe (bergmännische Bezeichnung für die Tiefe) recht gering ist und so eine Ablenkung der Bohrungen mit hinreichendem lateralem Abstand der Bohrzielpunkte nur schwerlich möglich sein wird, sollte von getrennten Entnahme- und Reinjektionsbohrungsstandorten ausgegangen werden. An einem Standort ist die Entnahme inkl. Obertageanlage erforderlich (Fläche inkl. Rückkühler für Wärmepumpe, Hilfsanlagen Fernwärmenetz etc. schätzungsweise 50 x 50 m oder mehr. Am zweiten Standort genügt womöglich eine geringere Fläche von ca. 20 x 20 m (ggf. ohne Gebäude).

Zwischen den Standorten ist eine Verbindungsleitung erforderlich, mit der das Thermalwasser transportiert wird. Um die Temperaturverluste durch den Leitungstransport zu minimieren, sollte die Netzeinspeisung am Förderstandort erfolgen und stattdessen das abgekühlte Thermalwasser zur Reinjektion transportiert werden. Das Wasser wirkt infolge niedriger Temperaturen zwar weniger korrosiv; trotzdem muss davon ausgegangen werden, dass eine GfK(Glasfaserverstärkter Kunststoff)-Leitung anstelle bspw. einer KMR(Kunststoffverbund-Mantelrohr)-Leitung erforderlich ist.

Als Standort ist laut Studie eine geeignete Fläche an der Ecke Münchener Straße/Angerstraße (**Abbildung 48**), südlich des Stadtgebiets vorgesehen - grundsätzlich müssen wegen der Belastungen in der Bohrphase und dem Kühlerbetrieb der Absorptions-Wärmepumpe Abstände zum Wohnraum eingehalten werden. Die Entfernung zum Netz sollte zur Vermeidung hoher Transportwege (Investition, Transportverluste etc.) minimiert werden. Der Standort wäre unter den aktuellen Rahmenbedingungen nochmals zu überprüfen.

4.1.2.3 Kostenschätzung

Für die Bohrungen muss von spezifischen Kosten über 1.000 €/m und je Bohrung ausgegangen werden. Hinzu kommen Investitionen und Betriebskosten für Thermalwasserleitung, Wärmepumpe, Anlagentechnik (Wärmeübergabestation, Netz- und Thermalwasserpumpen, Druckhaltung etc.) sowie Grundstückskosten.

Die Erschließung tiefliegender Hydrothermalquellen birgt aufgrund hoher Vorinvestitionen immer ein Fündigkeitsrisiko: Erst die Bohrung offenbart das tatsächliche Potential. Betriebskonzepte und -risiken sind im Münchener Raum aber mittlerweile gut erprobt. Nach Fündigkeit ist das Risiko also relativ gering, wenngleich der Betrieb nicht ohne Aufwand erfolgen wird. Die Temperatur ist vor Ort zwar vergleichsweise gering, aber der Einsatz von Absorptions-Wärmepumpen zur Anhebung des Temperaturniveaus ist mittlerweile erprobt (siehe Aschheim-Feldkirchen-Ismaning).

4.1.2.4 Übersicht (SWOT-Analyse)

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • saubere (positive CO₂-Bilanz) und unbegrenzte Energiequelle • niedrige Instandhaltungskosten • lange Lebensdauer der Bohrungen • mit jährlich > 8.000 Stunden Laufzeit überdurchschnittliche Auslastung 	<ul style="list-style-type: none"> • zu erwartende Temperaturen im Freisinger Raum (50 bis 70 °C) für eine direkte Einspeisung ins Fernwärmenetz zu niedrig (ggf. Kombination mit Wärmepumpe notwendig) • es müsste eine weitere Voruntersuchung (vorliegende aus 2008) u.a. zur Standortfindung durchgeführt werden • lange Vorlaufzeit für Genehmigungen • (versicherbare) Bohrrisiken • Schüttungsrate und Temperatur erst nach Fertigstellung der Bohrungen gesichert (Fündigkeitsrisiko) • hohe Investitionen und Projektvorbereitungskosten
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • hohe Akzeptanz in der Öffentlichkeit im Münchener Umfeld • sehr gute Wirtschaftlichkeit bei erfolgreicher Bohrung erzielbar • höhere Erträge durch Effizienzsteigerung bei Bohrung vorstellbar 	<ul style="list-style-type: none"> • niedrigere Temperaturen und kleinere Mengen als erwartet (Fündigkeitsrisiko) • andere, billigere Energiequelle • Wechsel in der öffentlichen Akzeptanz • Fehlbohrungen bedeuten ein erhöhtes Kostenrisiko • steht in Konkurrenz mit anderen Grundlastenerzeugern wie z. B. Solarthermie, ist aber flexibel einsetzbar

4.1.2.5 Zusammenfassung Tiefengeothermie

Tabelle 8: Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Tiefengeothermie

	Tiefengeothermie
Potential	Es wird eine Schüttung von 50 bis 75 l/s angenommen. Die Temperaturen liegen zwischen 50 °C und 70 °C. Unter der Annahme einer gleitenden Fahrweise mit 75 bis 90 °C im Vorlauf und einer Rücklauftemperatur von 50 bis 60 °C, ergibt sich mit Absorptionswärmepumpe ein Wärmepotential von: pessimistisch: 12 MW (50 l/s und $\Delta T = 25$ K) optimistisch: 24,5 MW (75 l/s und $\Delta T = 45$ K)
Verfügbarkeit	8.760 h ganzjährig mit voller Leistungsverfügbarkeit
Platzbedarf & Standort	Standort für Entnahme inkl. Obertageanlage zweiter Standort von ca. 20 x 20 m (ggf. ohne Gebäude). Standort laut Studie an der Ecke Münchener Str./Angerstr., südlich des Stadtgebiets
Temperaturniveau	ohne WP ca. 50 - 70 °C; mit WP mindestens bis 95 °C möglich
Anforderungen	unterliegt dem Bergrecht; Eignung des Untergrundes abhängig von Fließrate u. Temperatur des Aquifers → Verfügbarkeit des Claims prüfen, Einzelfallprüfungen durch Probebohrung anstoßen
Kosten	Bohrung > 1.000 €/m je Bohrung; hinzu kommen Thermalwasserleitung, Grundstückskosten, WP, Anlagentechnik mit WÜ, Netz- und Thermalwasserpumpen, Druckhaltung, ...)
Förderprogramm	Landes- und Bundesmittel (BEW und andere); Abfederung Bohrrisiko wesentlich
Bewertung	hohe Vorinvestitionen durch Fündigkeitsrisiko Betriebskonzepte und -risiken im Münchener Raum mittlerweile gut erprobt Tiefengeothermie kann als aussichtsreiche Option in Erwägung gezogen werden

4.1.3 Biomasse

Unter dem Begriff Biomasse versteht man im Allgemeinen alle nicht-fossilen Stoffe organischen Ursprungs. Dabei unterscheidet man zwischen biogenen Rohstoffen (forstwirtschaftliches und landwirtschaftliches Potential) und biogenen Reststoffen, die in der Verarbeitung der Rohstoffe anfallen. Der Schwerpunkt der Potentialermittlung liegt auf den energetischen Verwertungsmöglichkeiten biogener Rest- und Abfallstoffe, da in Bezug auf die Rohstoffe eine Nutzungskonkurrenz besteht. Als Energieträger kann die Biomasse sowohl zur Wärme- und Stromerzeugung als auch zur Treibstoffherzeugung verwendet werden.

Zur Ermittlung des verfügbaren Biomassepotentials aus der Forstwirtschaft muss die nachhaltig nutzbare Holzmenge abzüglich des bereits genutzten Anteils abgeschätzt werden. Zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Potentials ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche zu betrachten, die noch nicht zur energetischen Nutzung verwendet wird. Die Verfügbarkeit weiterer biogener Reststoffe wie z. B. Bioabfall, gewerbliche Speisereste oder Altholz muss individuell geprüft werden.

Im Folgenden wurde das Biomassepotential aus der großräumigen Region Freising abgeschätzt, das unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien, für die energetische Nutzung in Wärmenetzen zur Verfügung steht.

4.1.3.1 Feste Biomasse

Unter dem Begriff der „festen Biomasse“ werden holz- und halmgutartige Festbrennstoffe zusammengefasst, die als Ernterückstände in der Forst- und Landwirtschaft anfallen. Aufbereitet, z. B. in Pellet-Form, können sie zur thermischen Verwertung angewendet werden. 2011 wurden in Freising ca. 52.000 MWh des Wärmebedarfs durch feste Biomasse abgedeckt, was einem Anteil von ca. 15 % an der Gesamtwärmeerzeugung entspricht [ZREU 2013].

4.1.3.2 Potentialermittlung und Flächenüberblick

Zur Abschätzung des verfügbaren Biomassepotentials wurden land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen untersucht. Aus dem Flächennutzungsplan geht hervor, dass sich die Gemeindefläche (ca. 8.900 ha) wie folgt aufgliedert:

Landwirtschaftlich genutzte Fläche: ca. 5.000 ha

Waldfläche: ca. 1.600 ha (abzgl. Bayerischer Staatsforst)

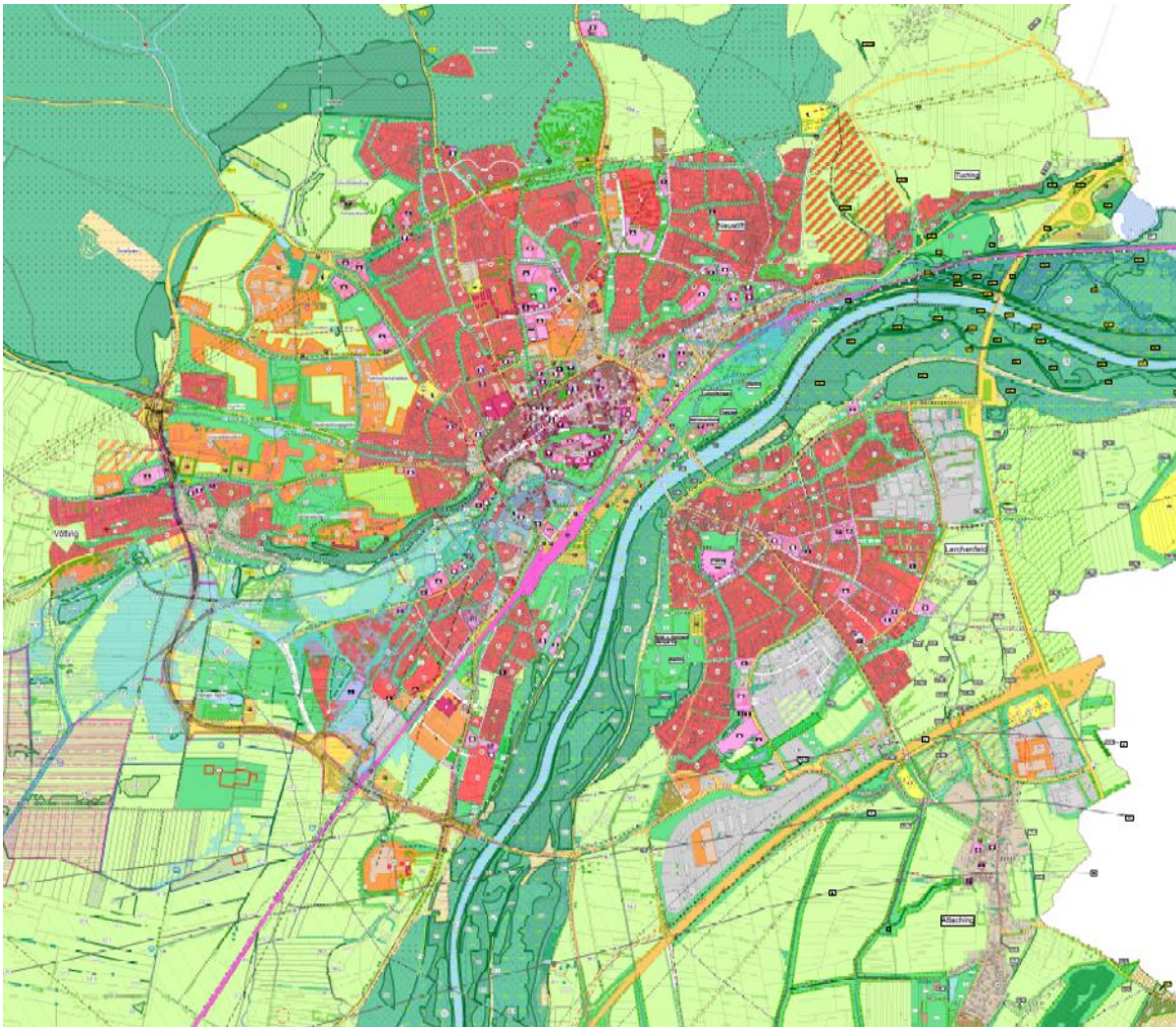


Abbildung 22: Flächennutzungsplan für das Gemeindegebiet der Stadt Freising

In Bayern sind nahezu alle Waldbestände Kulturwald, der forstwirtschaftlich genutzt wird. Der gewonnene Holzeinschlag wird größtenteils industriell genutzt und ist damit nur anteilig für eine energiewirtschaftliche Nutzung zugänglich. Da die industrielle Nutzung Vorrang gegenüber einer energetischen Nutzung hat, beschränkt sich die Studie auf die Anteile der forstwirtschaftlichen Reststoffe. Hierbei handelt es sich um erntebedingte Reststoffe, die beim Einschlag des industriell verwertbaren Stammholzes anfallen. Praktisch verwertbar ist hiervon das Derbholz; also die oberirdische Holzmasse mit mehr als 7 cm Durchmesser (inkl. Rinde).

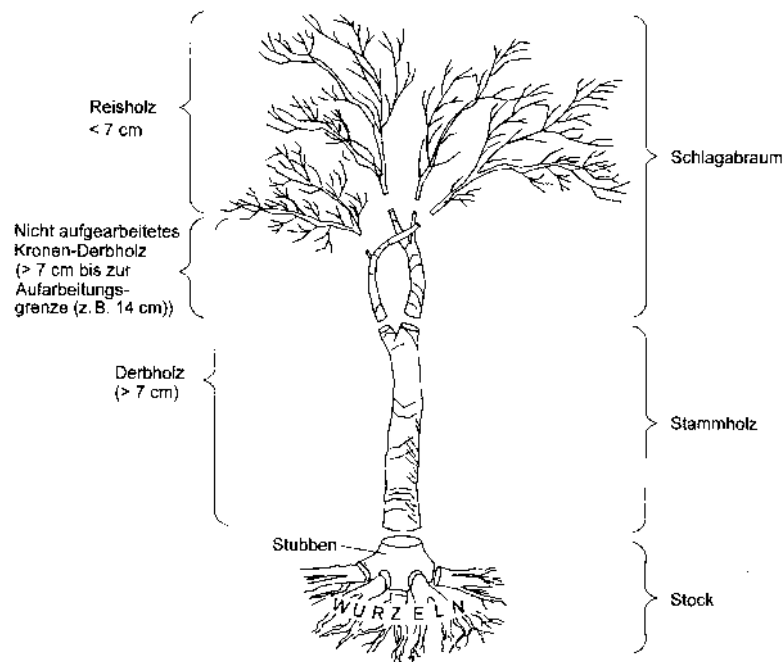


Abbildung 23: Bezeichnung der unterschiedlichen Holzanteile am Beispiel eines Laubbaums [KALT 2001]

Laut der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft können ca. 31 % des jährlichen Rohholzaufkommens an Waldderbholz sowie Flur- und Siedlungsholz aus der Stadt und den umliegenden Gemeinden zur energetischen Verwertung eingesetzt werden.

Das Energiepotential, was sich daraus für die Gemeindefläche von rund 8.900 ha ergibt, ist in der folgenden **Tabelle 9** zusammengefasst.

Tabelle 9: Energiepotential des verwertbaren Rohholzes aus der Forstwirtschaft (Daten der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abteilung Forsttechnik, Betriebswirtschaft und Holz)

Art	Energiepotential [MWh]
Waldderbholz	8.100
Flur- und Siedlungsholz	5.500
gesamt	13.600

Jährlich fallen große Mengen von Stroh aus der Landwirtschaft, Halmgut aus der Landschaftspflege und vergleichbaren Flächen an, die – obwohl sie in keiner Nutzungskonkurrenz stehen – bisher kaum energetisch genutzt werden. Es ist daher anzunehmen, dass hier ein aussichtsreiches Biomassepotential vorliegt. Anhand durchschnittlicher Erntemengen in Bayern und dem durchschnittlichen Strohaufkommen im mittleren Ertragsbereich für Deutschland [RICH 2003, BLW 2019] wurde das Strohaufkommen für die landwirtschaftlich genutzte Fläche der Stadt Freising (ca. 4.600 ha) ermittelt. Der davon verwertbare Anteil für in Bayern überwiegend angebaute Getreidearten ergibt - bezogen auf den Heizwert - den in der folgenden **Tabelle 10** aufgelisteten Energieinhalt.

Tabelle 10: Energiepotential des verwertbaren Strohaufkommens in der Landwirtschaft

Strohaufkommen nach Getreideart	Anteil [%]	Energiepotential [MWh]
Winterweizen	57	17.900
Wintergerste	23	8.600
Sommergerste	8	2.400
Raps	6	8.400
andere	6	3.300
gesamt	100	40.600

4.1.3.3 Potentielle Erzeugerstandorte und Platzbedarf

Für den Standort einer Biomasseanlage muss Platz zur Anlieferung und für die Lagerung der Brennstoffe vorgehalten werden. Die Transportwege zwischen Rohstofffundort, Verarbeitungsstandort (z. B. Pelletierungsanlage) und Biomasseverbrennungsanlage sollten nach möglich kurz ausfallen und verkehrstechnisch entsprechend angebunden sein. Aufgrund der damit verbundenen Geruchs- und Lärmemissionen ist ausreichend Abstand zu Wohngebieten einzuhalten. Die Standortfläche hängt stark mit der Kapazität der Anlage zusammen und kann nicht pauschal benannt werden.

4.1.3.4 Kostenschätzung

Zur Verwertung von Biomasseprodukten ist mit spezifischen Investitionskosten von rund 6,5 Mio. €/MW_{el} sowie Betriebs- und Instandhaltungskosten von 285.000 €/MW_{el} zu rechnen.

4.1.3.5 Biogas/Biomethan

Methan ist gleichermaßen der wesentliche Bestandteil von Erdgas wie auch von Biogas. Biomethan wird allerdings aus biogenen Stoffen pflanzlicher und tierischer Herkunft (NawaRo wie Getreide oder Mais, Gülle) erzeugt, indem das im Faultrum bei der Vergärung entstandene Biogas entschwefelt und getrocknet wird. Das CO₂ wird abgetrennt und der Methananteil erhöht, so dass das daraus entstandene aufbereitete Biomethan für vielfältige Anwendungen zur Verfügung steht (z. B. Einspeisung ins Erdgasnetz).

2011 wurde in Freising rund 1.600 MWh Wärme aus Biogas erzeugt. Mittlerweile erzeugt allein die Biogasanlage in Eggertshofen jährlich ca. 6.000 MWh Wärme, die zur Düngeraufbereitung und Trocknung von landwirtschaftlichen Erzeugnissen genutzt wird. Neben der Wärmebereitstellung erzeugt die Biogasanlage über 5.200 MWh Strom (Stand 2018) [EnABY 2021]. Zusätzlich gibt es in der Stadt Freising eine weitere kleine Biomasseanlage mit 30 kW_{th}. Die in den Biogasanlagen hergestellte Energie, Wärme und Strom, wird bereits vollständig vor Ort für den Eigenbedarf verwendet.

Betrachtet man ausschließlich das Stadtgebiet Freising, ist das technisch-wirtschaftliche Potential an landwirtschaftlichen Produkten, Reststoffen und Wirtschaftsdünger zur energetischen Nutzung fast ausgeschöpft. Dies ist

auf die Nutzungskonkurrenz zwischen verfügbarer Fläche zur Nahrungsmittelproduktion und dem regulären Einsatz als hochwertiger Dünger zurückzuführen [ZREU 2013].

Das Potential aus der Nutzung von Stroh, das nicht als Futtermittel benötigt wird, wurde bereits der Wärmeerzeugung aus fester Biomasse hinzugerechnet. Biogas-Neuanlagen stehen förderpolitisch nicht im Fokus und der Wegfall der Förderung ist abzusehen. Ohne EEG-Vergütung sind Biogas- und Biomethananlagen i. d. R. nicht wirtschaftlich und wurden daher in dieser Studie bei den Erzeugervarianten nicht berücksichtigt. Zudem gibt es nur wenige Anlagen, die größer als 1 MW sind, daher liefern Biogasanlagen keinen nennenswerten Beitrag zur Wärmeversorgung in Freising.

4.1.3.6 Klärschlammverbrennung

Die thermische Verwertung von Klärschlamm (Klärschlammverbrennung) stellt eine weitere Option zur Strom- und Wärmeerzeugung aus regenerativen Quellen dar. Bedingt durch die neuen gesetzlichen Regelungen in Deutschland müssen die im Klärschlamm enthaltenen großen Phosphormengen zurückgewonnen werden, da Phosphor eine zentrale Funktion im Energiestoffwechsel der Lebewesen hat.

2018 wurde der offizielle Spatenstich für die neue Klärschlamm-trocknungsanlage am Kraftwerksstandort Zolling gesetzt. Dort werden jährlich etwa 105.000 t Schlamm aus Kläranlagen der Umgebung getrocknet und dadurch in Brennstoff verwandelt. Für den Bau und Betrieb der Anlage hat sich damals Engie (heute Onyx Power) mit den Stadtwerken Freising und der Bayernwerk Natur GmbH zusammengeschlossen.

In der Klärschlamm-trocknungsanlage wird Klärschlamm, der nicht mehr auf landwirtschaftliche Felder ausgebracht werden darf, zuerst mit der Abwärme aus dem Kohlekraftwerk getrocknet und anschließend im Kohleblock mitverbrannt. Soll nach der Außerbetriebnahme des Kohleblocks weiterhin Klärschlamm zur Wärme- oder allgemein zur Energieerzeugung genutzt werden, muss dafür eine Lösung gefunden werden.

4.1.3.7 Paludikulturen

Weitere Potentiale können zum Beispiel Paludikulturen (landwirtschaftliche Nutzung von nassen oder wiedervernässten Moorböden) bieten. Hierzu ist besonders hervorzuheben, dass die Hochschule Weihenstephan im Bereich der Paludikulturen forscht und zudem im Raum Freising historisch Moorgebiete anzutreffen waren, respektive sind. Diese wurden aber weitgehend trockengelegt, so dass die Wiedervernässung ehemaliger Moorgebiete und der Anbau von Paludikulturen noch kein verfügbares und bedeutsames Potential darstellt. Grundsätzlich verlangt deren Etablierung eine wesentliche Vorlaufzeit, erfordert große Flächen und zum Teil komplexe Aufbereitungsverfahren. Durch die Lagesituation und die Forschungstätigkeit der ortsansässigen Hochschule könnte es sich allerdings anbieten, das Potential von Moorwiedervernässung und Paludikulturen im Rahmen einer wissenschaftlich fundierten Abschätzung durch den betreffenden Lehrstuhl genauer zu bewerten, wobei dann auch eine Zeitachse, ab wann welche Potentiale realistisch verfügbar sein können, von Bedeutung ist.

4.1.3.8 Übersicht (SWOT-Analyse)

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsmöglichkeit auch für minderwertiges Holz und Sägeabfälle sowie Strohvorkommen • Anbaubiomasse (NAWARO) liefert hochkalorische Energieträger • ausreichend technisch nutzbares Potential in Form von Strohaufkommen und Waldderbholz sowie Flur- u. Siedlungsholz vorhanden • sehr hohes Niveau der Technologieentwicklung • Bereitstellung von Regelenergie am Strommarkt möglich • THG-arme Bereitstellung von thermischer Spitzenlast • Freising befindet sich in ländlicher Umgebung mit viel Freiflächen, Wald und landwirtschaftlich genutzten Flächen (außerhalb des Kernstadtgebietes) 	<ul style="list-style-type: none"> • vorhandenes regionales Potential wird Großteils genutzt (Eggertshof Bioenergie GmbH, Schredl Biogas, im erweiterten regionalen Raum u. a. von der Biomasseanlage in Zolling) • steigende Nachhaltigkeitsanforderungen • quantitativ begrenzte Potentiale im Stadtgebiet Freising • Konkurrenz zu anderen Nutzungsoptionen: Lebens-, Futtermittel und Bio-Rohstoffe bzw. zu Bestandsanlagen (z. B. Eggertshof) • hoher Biomasse-Anteil beansprucht große Acker- und Waldflächen • große Waldflächen sind in Freising in Privatbesitz • Förderung künftig rückläufig • Endenergie wird i.d.R. über eine Verbrennung bereitgestellt (Emissionsproblematik) • vergleichsweise hohe Stromgestehungskosten
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeproduktion aus Biomasse (insbesondere Strohvorkommen, Waldderbholz sowie Flur- u. Siedlungsholz) am Standort Zolling könnte erhöht werden • Erfahrung/Know-how mit dem Betrieb von Biomasseanlagen ist vorhanden • Digitalisierung ermöglicht effiziente Erschließung von Rest- und Abfallstoffen (Mitverbrennung möglich) • hocheffiziente Anlagen können gezielt Lastspitzen bereitstellen (Strom u. Wärme) • Sektorenkopplung: erneuerbares H₂ in Biokonversionsketten (biogene Kohlenstoffquellen) • Wärmeerzeugung Kraftwerk Zolling erfolgt teilweise mit Steinkohle, welche bis spätestens 2038 ersetzt werden muss (Kohleausstieg) und eine Ersatzlösung erfordert • diverse Bundes- und Landesförderprogramme zum Ausbau der Erneuerbaren Energien (u. a. BEW) 	<ul style="list-style-type: none"> • Extensivierung der Landwirtschaft vermindert Flächenertrag und erhöht Konkurrenz • steigende Sensitivität der Landwirtschaft gegenüber Trockenheit und Extremwetterereignissen => langfristige Biomasseverfügbarkeit unklar • Konkurrenz im Wärmesektor gegenüber Wärmepumpen u. Solarthermie • steigende Effizienz- und Dämmmaßnahmen verschlechtern die Auslastung • Gefährdung der nachhaltigen Wald- und Landwirtschaft und Konkurrenz mit Lebensmittelerzeugung durch Ausbau von Biomasseanlagen

4.1.3.9 Zusammenfassung Biomasse

Tabelle 11: Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Biomasse

	Biomasse
Potential	schätzungsweise 13,6 GWh/a aus Waldderbholz, Flur- und Siedlungsholz (17.722 ha Fläche für Waldholz sowie Flur- und Siedlungsholzprodukte) 40,1 GWh/a aus dem verwertbaren Strohaufkommen in der Landwirtschaft (4.598 ha landwirtschaftliche Nutzfläche)
Verfügbarkeit	ganzjährig außer in Revisionszeiten
Platzbedarf & Standort	Flächen zur Anlieferung und Lagerung sind bei der Standortwahl einzukalkulieren Geruchs- u. Lärmemissionen sind zu beachten
Temperaturniveau	> 140 °C möglich
Anforderungen	steht in Konkurrenz zum Rohstoff- und Nahrungsmittelbedarf außer Bei Reststoff- und Abfallnutzung
Kosten	Spezifische Investitionskosten: 6,5 Mio. €/MW _{el} Betriebs- u. Instandhaltungskosten: 285.000 €/MW _{el} p.a.
Förderprogramm	Erneuerbare-Energien-Gesetz
Bewertung	weitgehend geschlossener CO ₂ -Kreislauf → gute CO ₂ -Bilanz; insbesondere bei Verwendung organischer Rest- und Abfallstoffe größerer Flächenbedarf und Konkurrenz zum Anbau von Nahrungsmitteln Umweltbelastungen durch intensivierte Land- und Forstwirtschaft

4.1.4 Solar

Solarenergie kann einerseits zur Warmwasserbereitstellung und zur Raumheizung genutzt werden, andererseits lässt sich mittels Photovoltaikanlagen Strom erzeugen. Die Dachflächen/Freiflächen zur solarthermischen Nutzung bzw. zur Nutzung für die Stromerzeugung stehen in Konkurrenz zueinander. Die Ermittlung des Solarpotentials beschränkt sich im Folgenden auf solarthermische Nutzung.

Grundsätzlich wird bei der Integration von Solarthermie in Wärmenetze zwischen einer zentralen und einer dezentralen Einbindung unterschieden. Diese Unterscheidung entspricht im Wesentlichen der Einbindung von Freiflächenanlagen (zentral) und der Wärmegewinnung über Solarkollektoren auf Dachflächen (dezentral). Es muss jeweils eine sinnvolle hydraulische Einbindung erfolgen.

Die Einbindung von dezentralen kleinen Anlagen auf Dachflächen in große Wärmenetze stellt eine hydraulische und regelungstechnische Herausforderung dar und erfordert zudem spezielle Pumpen (große Förderhöhen bei sehr kleinen Umwälzmengen). Zur Abschätzung des Solarpotentials auf den Dachflächen ist eine Erfassung aller Gebäude mit Ausrichtung, Dachneigung und Verbauung notwendig, andernfalls ist nur eine Grobermittlung mit

pauschalisierten Annahmen möglich. Im Zusammenhang mit einer netzgebundenen Wärmeversorgung wurden dezentrale Solaranlagen aufgrund der vorgenannten Hemmnisse nicht betrachtet. Dennoch bieten Solaranlagen auf Dachflächen häufig eine interessante Option für Einzelversorgungslösungen. Aufgrund der erforderlichen Aufwände zur Einbindung von thermischen Solaranlagen in ein Wärmenetz (ggf. Wärmeübertrager, zusätzliche Verrohrung, Armaturen, Pumpen und EMS-Regeltechnik etc.) wird diese Option regelmäßig erst bei Flächen mit einigen 100 m² wirtschaftlich und energetisch lohnenswert.

4.1.4.1 Potentialermittlung thermische Freiflächenanlagen

Das Potential hängt in erster Linie von den verfügbaren Flächen ab, hinzu kommt die Abhängigkeit von der Lastkurve des Netzes insbesondere im Sommer und ob zusätzlich ein Wärmespeicher genutzt wird. Überschlägig kann ein Solarertrag von 350 bis 500 kWh pro m² Kollektorfläche erzielt werden. Das Verhältnis von Grundstücksfläche zur Kollektorfläche beträgt zwischen 2 und 2,5. Größere Freiflächen liegen in Deutschland im Bereich von 500 m² bis zu 15.000 m².

Das maximale Solarpotential kann insbesondere in den Monaten April bis September ausgeschöpft werden. Dabei beträgt die jährliche Sonnenscheindauer in Freising 1.700 Stunden. Allerdings besteht in den Sommermonaten aufgrund der geringen Wärmenachfrage meist ein Wärmeüberschuss aus anderen Wärmequellen. Dennoch können solarthermische Freiflächenanlagen zur Grundlastherzeugung genutzt werden. Mit der Integration von saisonalen Wärmespeichern können sogar hohe solare Deckungsgrade bis zu ca. 50 % erzielt werden.

Das verfügbare Temperaturniveau reicht im Falle von Flach-Kollektoren bis 110 °C und bei Vakuum-Röhren-Kollektoren bis 140 °C. Dabei ist allerdings zu beachten, dass niedrigere Betriebstemperaturen für einen höheren Wärmeertrag sorgen.

4.1.4.2 Potentielle Erzeugerstandorte und Platzbedarf

Bei großen Freiflächenanlagen stellt die Flächenverfügbarkeit zur Installation der Solarkollektoren eine große Herausforderung dar, zumal Solarthermie in Konkurrenz zur Photovoltaik steht. Großflächenanlagen sind allerdings wesentlich kostengünstiger als dezentrale Lösungen auf Gebäudedächern. Mit großflächigen Solarthermieanlagen können konkurrenzfähige Wärmegestehungskosten (< 50 €/MWh) erzielt werden. Im Jahr 2010 hat die Stadt Freising eine Untersuchung zur Eignung von Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Auftrag gegeben. Die Identifizierung und erste Bewertung von Freiflächen erfolgte durch die Prof. Schaller UmweltConsult GmbH. Unter anderem wurden dabei folgende Restriktionen bezüglich der Flächeneignung berücksichtigt: Schutzgebiete, Landschaftsbild, optische/akustische Beeinträchtigungen, Zugänglichkeit, Ertragsfähigkeit, Flächennutzungsplan, etc. Die Ergebnisse dieser Studie können grundsätzlich auch für die Eignung von Flächen für solarthermische Anlagen herangezogen werden. Generell werden solarthermische Anlagen bevorzugt in der Nähe der Heizzentralen, auf Konversionsflächen oder Deponien errichtet.

Die aus dieser Untersuchung resultierenden potentiellen Solarflächen sind in **Abbildung 24** dargestellt und müssen abschließend durch die Stadt bewertet und bei letztendlicher Eignung ggf. im Flächennutzungsplan reserviert werden. Die mit den roten Pfeilen gekennzeichneten Flächen befinden sich in der Nähe des Bestandsnetzes, haben eine Gesamtfläche von 22,8 ha und wurden unter der Prämisse ausgewählt, dass sie direkt in das Bestandsnetz eingebunden werden können und somit auch für eine solarthermische Nutzung in Frage kämen. Laut Flächennutzungsplan handelt es sich bei den mit Pfeilen markierten Flächen um Flächen für die Landwirtschaft. Die Möglichkeit der Errichtung von solarthermischen Anlagen auf diesen Flächen sollte geprüft werden.

Wird davon ausgegangen, dass nur eine der insgesamt sechs Flächen erschlossen werden kann, so entspricht das durchschnittlich einer Fläche von ca. 3,8 ha (kleinste Fläche 2,0 ha und größte Fläche 6,9 ha). Daraus resultiert eine Bruttokollektorfläche von rund 14.250 m². Der Solarertrag inklusive Wärmespeicher beträgt ca. 4,6 GWh/a,

die Spitzenleistung somit rund 10 MW. Die aktuelle Sommerlast ist allerdings niedriger, so dass die solare Wärme nicht komplett genutzt werden könnte. Das heißt im Umkehrschluss, dass im ersten Schritt die Erschließung einer der Freiflächen ausreichend wäre, solange bis sich die Netzlast nennenswert erhöht.

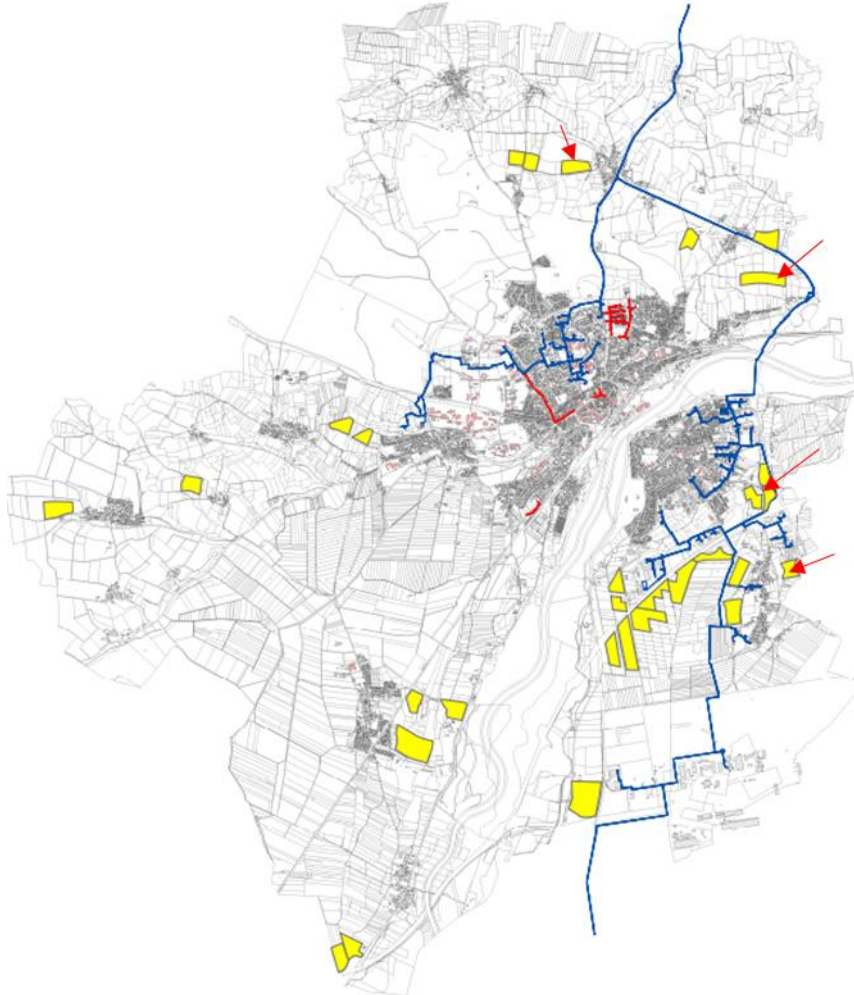


Abbildung 24: Potentielle Solar- und PV-Freiflächen bewertet durch die Prof. Schaller UmweltConsult GmbH (2010)

4.1.4.3 Kostenschätzung

Für große Anlagen (> 1 MW bzw. > 10.000 MWh entspricht einer Fläche von 2 bis 3 ha) können i. d. R. spezifische Wärmegestehungskosten unter 50 €/MWh kalkuliert werden unabhängig von der Wahl des Kollektortyps (Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektoren). Das beinhaltet ein Freilandmontagesystem mit Rammpfählen, eine Kollektorfeldverrohrung mit hochgedämmten Formteilen, einen Solar-Wärmetauscher, Pumpen und eine hydraulische Weiche.

4.1.4.4 Übersicht (SWOT-Analyse)

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Freising liegt im Süden von Deutschland und hat damit vergleichsweise gute Sonneneinstrahlung • bewährte Technik, die zu vernünftigen Preisen (wettbewerbsfähige WGK) Wärme liefern kann • die Stadt Freising verfügt über eine Auswahl an ausreichend großen Freiflächen mit aussichtsreicher Lage zum bestehenden Fernwärmenetz • Freiflächenanlagen versiegeln keine Böden, schränken nur die Nutzung ein • Kombination mit Erdwärmesonden bei zentraler Steuerungsanlage möglich • geringe Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • vergleichsweise hoher Flächenverbrauch • benötigte Flächen stehen teilweise in Konkurrenz zu Photovoltaik • belegen landwirtschaftliche Flächen und stehen somit in Konkurrenz zum Nahrungsmittelanbau • starke Saisonalität antiproportional zum Raumwärmebedarf: ohne (saisonale) Wärmespeicher nur in den Sommermonaten bei niedrigem Wärmebedarf nutzbar • Freiflächenanlage muss in der Nähe des (geplanten) Wärmenetzes/der Wärmesenken errichtet werden • erzeugen geringere Temperaturen als die derzeitigen Betriebstemperaturen des bestehenden Fernwärmenetzes • hohe Verluste bei hohen Systemtemperaturen
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Akzeptanz durch bereits weite Verbreitung solarer Freiflächenanlagen gegeben • Wärmegesetze von Bund und Land begünstigen den Einsatz von Solarthermie • Betriebsbeihilfe im BEW zu erwarten • gleichzeitige Nutzung der Flächen für Solarthermie und Landwirtschaft (analog zu Agrophotovoltaik) • große Freiflächenanlagen sind recht kostengünstig zu bauen 	<ul style="list-style-type: none"> • Solarthermie verdrängt im Sommer andere Grundlastanlagen, was deren Wirtschaftlichkeit verschlechtert (→ weniger Laufzeit, somit geringere Wärmemengen bei gleicher Investition)

4.1.4.5 Zusammenfassung Solar

Tabelle 12: Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Solarthermie

	Solar-Freiflächenanlagen
Potential	abhängig von der Kollektorfläche, Lastkurve Netz, Speicher ja/nein; decken oft ca. 10 bis 20 % des Gesamtwärmebedarfs in Kombination mit großen Langzeit-Wärmespeichern
Verfügbarkeit	insbesondere von Apr bis Sep, jährliche Sonnenscheindauer Freising 1.700 h
Platzbedarf & Standort	350 bis 500 kWh pro m ² Kollektorfläche Verhältnis Land zu Kollektorfläche 2 bis 2,5 Größe Freiflächen in Deutschland 500 m ² bis 15.000 m ² Standort bevorzugt in der Nähe zur Heizzentrale und zum Netz, z.B. Konversionsflächen, Deponien, Landwirtschaftsflächen
Temperaturniveau	bis 110 °C (Flach-Kollektor); bis 140 °C (Vakuum-Röhren-Kollektor) niedrige Netzbetriebstemp. sorgen für einen höheren Wärmeertrag
Anforderungen	Aufteilung des Potentials in PV und Solarthermie
Kosten	unter 50 €/MWh Voraussetzungen: ausreichende Anlagengröße (> 1 MW / > 10.000 MWh), einfache Anlagentechnik, moderate solare Deckungsanteile (< 20 %), Flach-Kollektoren und Vakuum-Röhren-Kollektor für Freilandmontagesystem mit Ramm-pfählen, Kollektorfeldverrohrung mit hochgedämmten Formteilen, Solar-Wärmetau-scher, Pumpen, hydr. Weiche usw.
Förderprogramm	KfW-Programm Erneuerbare Energien Premium 271
Bewertung	inzwischen gut entwickelte Technologien verfügbar, kosteneffizienter im Vergleich zu dezentralen Lösungen einzelner Gebäude; langfristige Planungssicherheit im Hin-blick auf WGK; positive Image und hohe Akzeptanz, höchste Wärmeproduktion (Sommer) nicht zur Zeit des höchsten Wärmebedarfs (Winter), Landschaftsbeein-trächtigung durch Freiflächenanlagen

4.1.5 Nutzung von Abwärme

Abwärme ist Wärme, die bei einem Prozess als Nebenprodukt entsteht und oft ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Es wäre somit ein wichtiger Schritt hinsichtlich Klimaschutz, Abwärme - falls möglich und sinnvoll - für die Energieversorgung zu nutzen.

Um das Abwärmepotential im Betrachtungsgebiet zu ermitteln, wurden potentielle gewerbliche oder industrielle Abwärmelieferanten identifiziert. Im nächsten Schritt wurden die in Frage kommenden Unternehmen kontaktiert und hinsichtlich relevanter Kenndaten zur Ermittlung des Abwärmepotentials interviewt. Zusätzlich wurden Anlagen zur Stromerzeugung, Biogasanlagen sowie die Kläranlage in Betracht gezogen.

Abwärme entsteht in Form von Kühlwasser, Abwasser, Abgas oder Abluft. Zur Abschätzung des Abwärmepotentials sind folgende Daten erforderlich:

- Wärmeträgermedium (spezifische Wärmekapazität und Zusammensetzung)
- verfügbare Wärmeleistung (Maximal- und Durchschnittsleistung)
- verfügbare Wärmemenge
- Temperaturniveau
- zeitlicher Verlauf des Wärmeangebots
- örtliche Gegebenheiten (Platzverfügbarkeit, Distanz zum Wärmenetz)
- Firmenname und Branche

Typische Abwärmequellen sind:

- Druckluftanlagen
- Raumluftechnische Anlagen
- Trocknungsanlagen
- Kälteanlagen, Maschinen- und Werkzeugkühlung
- Abgase bei Verbrennungsanlagen
- Thermische Nachverbrennung
- Prozessabluft
- Dampf und Brühdampf
- Kraft-Wärme-Kopplung und BHKW
- Industrieabwasser

Grundsätzlich ist es erforderlich, für jeden Betrieb ein individuelles Abwärmekonzept auszuarbeiten.

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen sind i. d. R. Vorlauftemperaturen von mindestens 70 °C bis 90 °C notwendig. Bei niedrigeren Temperaturen (30 °C bis 40 °C) muss die Wärme meist mittels Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden. Es wäre auch denkbar, ein sog. „Kaltes Nahwärmenetz“ (Wärmeversorgungsnetz, das mit niedrigen Übertragungstemperaturen in der Nähe der Umgebungstemperatur betrieben wird) zu betreiben und die Wärmepumpen dezentral beim Verbraucher zu installieren. Außerdem besteht bei niedrigen Temperaturen die Möglichkeit der Vorwärmung. Zur Nachheizung muss dann ein anderer Energieträger herangezogen werden.

Um die Wärme in eines der bestehenden Fernwärmenetze einzuspeisen, sind ggf. Temperaturen über 100 °C erforderlich.

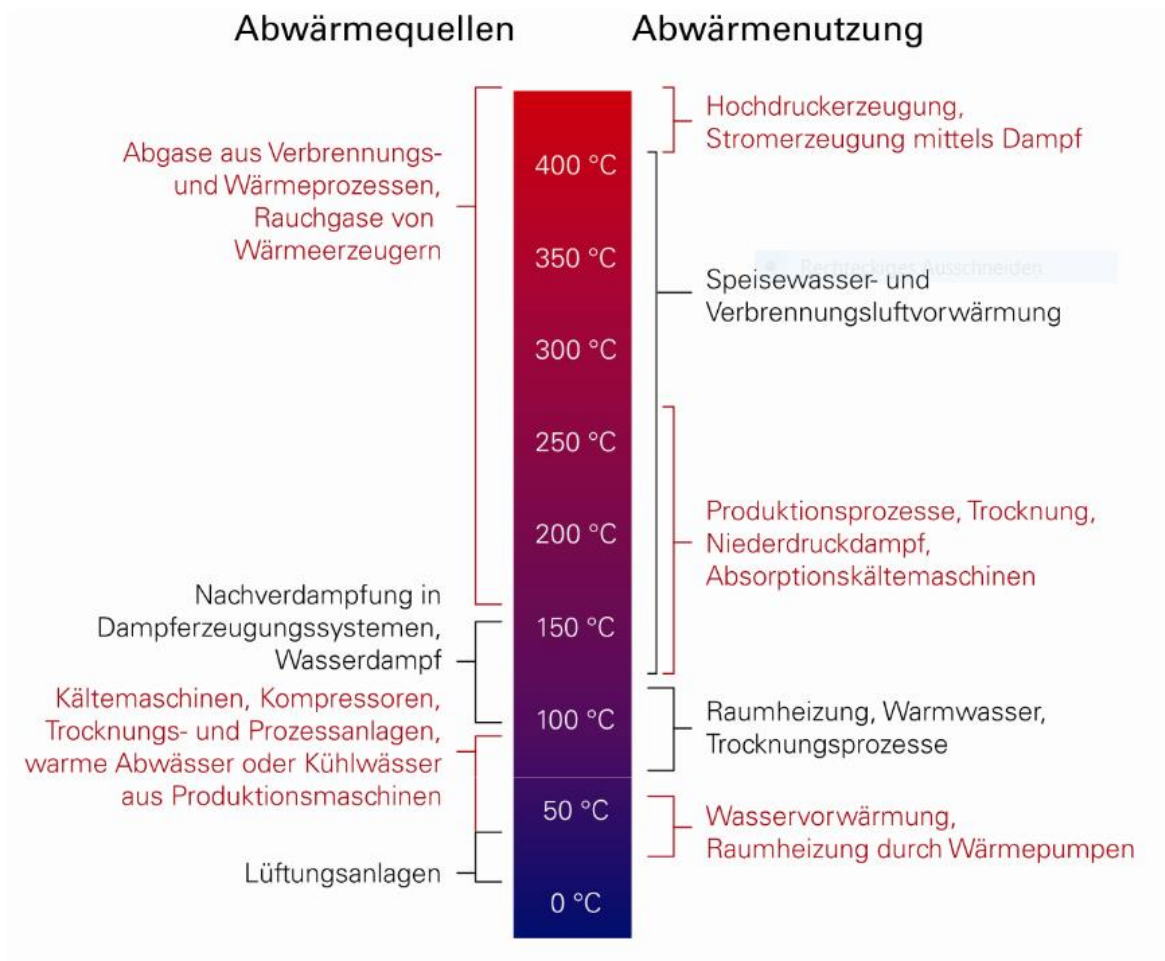


Abbildung 25: Abwärmenutzung im Betrieb [BYLU 2012]

Die Wärmeenergie der Abwärmequelle wird i. d. R. über einen Wärmeübertrager übertragen. Die gängigsten Medien zur Wärmeübertragung sind: Luft, Abgas, Warmwasser/Wassergemisch, Dampf, Thermoöl.

Bei den folgenden Unternehmen und Einrichtungen wurde bezüglich des Abwärmepotentials angefragt: (1) Texas Instruments, (2) Klinikum Freising, (3) TU München, (4) HAWE, (5) Molkerei Weihenstephan, (6) Brauerei Weihenstephan, (7) IZB, (8) Bertrandt, (9) Hofbrauhaus, (10) IVV Fraunhofer, (11) Krones AG, (12) Flughafen München, (13) Biomasseanlage Eggertshofen.

Eine positive Rückmeldung mit aussichtsreichem Abwärmepotential gab es bei Texas Instruments und der Firma Bertrandt. Die restlichen Unternehmen und Einrichtungen haben entweder kein nennenswertes Potential oder nutzen dies bereits zum Großteil selbst mittels Wärmerückgewinnung.

4.1.5.1 Texas Instruments

Texas Instruments nutzen derzeit Grundwasser zur Kühlung eines Teils ihrer Prozesswärme, wodurch das Grundwasser um ca. 10 °C erwärmt wird. Diese Wärmemenge könnte mithilfe einer Wärmepumpe auf das erforderliche Temperaturniveau gehoben und für eine Fernwärmeeinspeisung nutzbar gemacht werden.

Der aktuell ins Grundwasser geleitete Volumenstrom beträgt ca. $2.100 \text{ m}^3/\text{h}$, maximal $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ wären zulässig. Ausgehend von einer mittleren Grundwassertemperatur von $12 \text{ }^\circ\text{C}$ (Messungen im Raum München 2009/10) beträgt somit die Primärquellentemperatur des Wassers $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Laut Planungsgrundlagen darf die maximale Temperaturveränderung des Grundwassers $\pm 6 \text{ K}$ nicht überschreiten [VIES 2011]. Daraus ergibt sich eine maximal verfügbare Grädigkeit von 16 K . Ausgehend von einer Sekundärtemperatur von $90 \text{ }^\circ\text{C}$ (abhängig von der Wahl der Wärmepumpe) beträgt die theoretisch zur Verfügung stehende Leistung aus dem Wärmeentzug von $2.100 \text{ m}^3/\text{h}$ ca. 39 MW .

Aufgrund der geringen mittleren Quelltemperatur von $6 \text{ }^\circ\text{C}$ ist der COP (Coefficient of Performance) mit Werten zwischen $2,3$ bis $2,5$ sehr schlecht, was eine sehr hohe elektrische Leistungsaufnahme von $15 \text{ MW}_{\text{el}}$ erfordert. Das wiederum würde dann zu einer sekundärseitigen thermischen Leistung von rund $55 \text{ MW}_{\text{th}}$ führen.

Würde das Wasser nicht ganz so tief abgekühlt werden (z. B. nur um 8 K), führt das zu einer geringeren Entzugsleistung von ca. 19 MW . Der COP-Wert steigt dadurch allerdings auf ca. $3,0$. Die elektrische Leistungsaufnahme für diesen Prozess ist mit ca. $6,5 \text{ MW}_{\text{el}}$ geringer, wodurch insgesamt eine sekundärseitige thermische Leistung von $25 \text{ MW}_{\text{th}}$ erzeugt werden kann.

Dies sind die Tendenzen und Kenngrößen aus einer ersten überschlägigen Grobschätzung. Eine technische Lösung mit einer detaillierteren Potentialanalyse wurde anhand des Schwerpunktprojekts 1 (siehe Kapitel 6.1) ausgearbeitet.

4.1.5.2 Bertrandt

Die Firma Bertrandt plant den Bau von BHKWs zur Deckung ihres Strombedarfs. Falls der Bau der BHKWs umgesetzt wird, stünden 2 MW_{th} für eine Einspeisung ins Wärmenetz zur Verfügung. Langfristig ist ggf. ein weiterer Ausbau bis auf $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ angedacht.

4.1.5.3 Übersicht (SWOT-Analyse)

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Abfallprodukt aus Prozesswärme, das ohnehin existiert • i.d.R. günstige Wärme • einhergehende Verbesserung der Produktivität • Verringerung der Umweltbelastung (Energie muss nicht an anderer Stelle erzeugt werden) • ortsansässige Industrieunternehmen (wie z. B. Texas Instruments oder Bertrandt) mit einem nutzbaren Abwärmepotential vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeverfügbarkeit an Prozesse gekoppelt, daher nicht konstant • Freisinger Industriebetriebe nutzen Abwärme zum Großteil selbst (Wärmerückgewinnung), so dass wenig Abwärme zur Einspeisung in ein Wärmenetz übrigbleibt • Temperatur teilweise niedriger als das erforderliche Niveau → Nachheizung i.d.R. mittels Wärmepumpe erforderlich • zusätzliche Aufwendungen zur Wartung und Betrieb der Anlagentechnik zur Auskopplung (→ Zuständigkeit Industrieunternehmen oder Netzbetreiber?) • Redundanz beim Ausfall der Abwärmequelle schaffen • Platzbedarf für Anlagentechnik
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Förderprogramme wie z. B. BAFA (Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen) • gute Akzeptanz • geringere Aufwendungen für Rückkühlsysteme beim Industrieunternehmen • Abwärme als „Abfallprodukt“ ist meist zu einem günstigen Wärmebezugspreis erhältlich • Texas Instruments wie auch die Firma Bertrandt zeigen sich interessiert und kooperationsbereit 	<ul style="list-style-type: none"> • Abhängigkeit vom Abwärmelieferant und dessen Produktionsprozessen • Möglichkeit einer Schließung des Betriebes • Netzbetreiber und Industrieunternehmen erzielen keine vertragliche Einigung

4.1.5.4 Zusammenfassung industrielle Abwärme

Tabelle 13: Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zu den industriellen Abwärmequellen

	Bertrandt	Texas Instruments
Potential	2 MW _{th} bei Bau von BHKW, geplanter Ausbau bis auf 10 MW _{th}	25 bis 55 MW _{th} aus Grundwasserkühlung
Verfügbarkeit	stromgeführt betrieben, ganzjährig außer in Revisionszeiten	relativ konstant
Platzbedarf & Standort	befindet sich auf dem Firmengelände, kein zusätzlicher Platzbedarf erforderlich, BHKW werden vorrangig zur Stromerzeugung für den Eigenbedarf gebaut	Auskopplung vor Ort über einen Wärmetauscher Gebäude für WP, WT, NUP, EMSR u. ggf. Druckhaltung
Temperaturniveau	i. d. R. 90 bis 120 °C	ca. 22 °C
Anforderungen	sollte sich in der Nähe des Fernwärmenetzes (ggf. geplanten Netzes) befinden	es müssen konstant ausreichend ungenutzte Wärmemengen vorhanden sein
Kosten	es fallen nur Kosten für die Wärme an, keine Investitionskosten außer ggf. größere Zuleitung zur Wärmeauskopplung	ist in einer Detailbetrachtung mit anschließender Kostenschätzung zu ermitteln
Förderprogramm	KWK-Gesetz	BAFA (Energieeffizienz in der Wirtschaft)
Bewertung	sehr günstige Option, allerdings in allen Belangen (Wärmepreis, Vertragsdauer, Eigenbedarf, usw.) abhängig von Bertrandt	ein Teil der Abwärme wird bereits zur Klimatisierung, zur Vorerwärmung der Außenluft für Klimasysteme oder für die Prozesserwärmung bzw. Prozesskühlung genutzt; trotzdem wird ein nennenswertes ungenutztes Potential derzeit ins Grundwasser geleitet

4.1.6 Abwasserwärmenutzung

4.1.6.1 Potentialermittlung

Die Abwassertemperatur schwankt im jahreszeitlichen Verlauf zwischen 14,2 und 18,9 °C bei einem mittleren Trockenwetterabfluss⁵ von insgesamt 583 m³/h. Unter der Annahme einer Wärmepumpen-Jahresarbeitszahl (JAZ) von 4 ist theoretisch eine nutzbare Leistung (Gesamtpotential: Zulauf Klärwerk) von maximal 1,7 MW_{th} zu gewinnen.

4.1.6.2 Potentielle Erzeugerstandorte und Platzbedarf

Im Hinblick auf das städtische Abwassersystem bietet sich als Standort-Alternative bspw. die Ecke Wippenhauser Straße/Obere Hauptstraße an, da Anlagentechnik und Einbindepunkt einerseits nahe am Netzbestand liegen. Andererseits verläuft hier einer der Haupt-Schmutzwasserabläufe der innerstädtischen Kanalisation in großer Nennweite. Wichtige Informationen zur Abschätzung der Entzugsleistung sind:

- mittlerer Trockenwetterabfluss am Standort
- Gefälle der Leitung
- Länge des geraden, ungestörten Leitungsabschnitts zur Platzierung der Wärmeübertragungsfläche
- Temperaturmesswerte
- Fläche für Anlagentechnik (Gebäude/Container für Umwälzpumpen, Wärmeübergabe, EMSR-Technik u. ggf. Druckhaltung)

Weiterhin gilt es zu berücksichtigen, dass es seitens der Klärwerke Vorgaben zu maximal zulässigen Temperaturabsenkung gibt, da sonst die Aufbereitungsbiologie gestört werden kann.

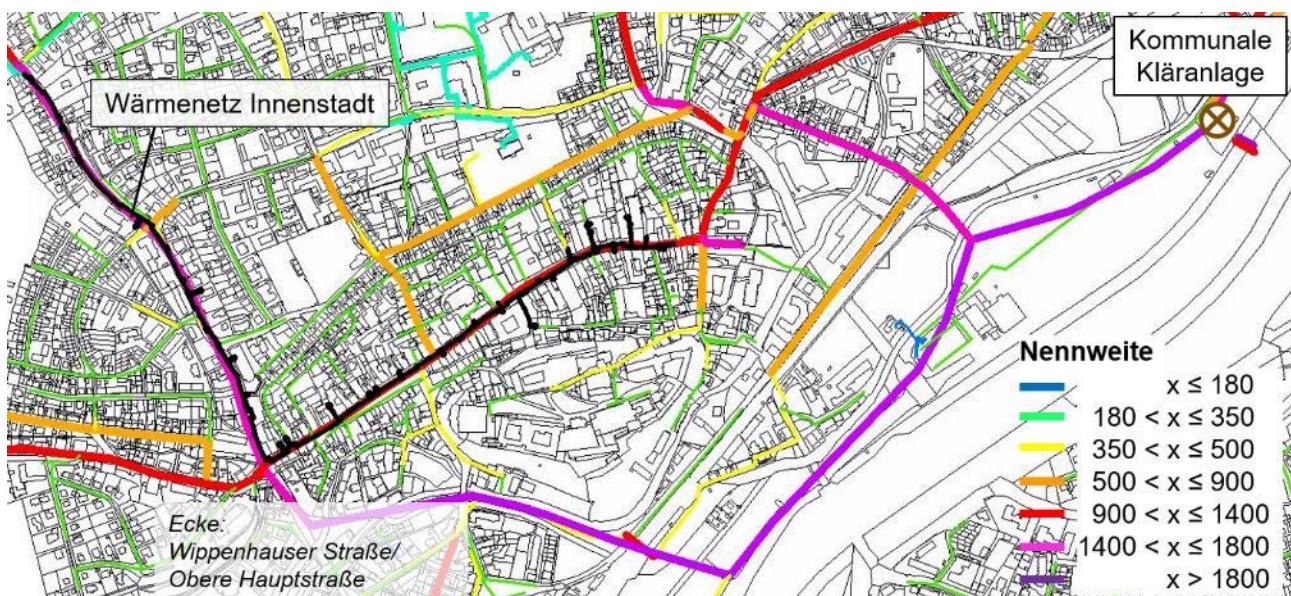


Abbildung 26: Nennweitenplan des innerstädtischen Abwassersystems und Lage des Wärmenetzes

⁵ Der Trockenwetterabfluss in der Kanalisation wird erzeugt durch häusliches Schmutzwasser, gewerbliches Schmutzwasser und Fremdwasser.

4.1.6.3 Kostenschätzung

Vergleichsweise hohe Investitionskosten stehen reduzierten Energieverbrauchs- u. Betriebskosten gegenüber. Die spezifischen Investitionskosten belaufen sich auf 90 bis 560 €/kW.

4.1.6.4 Übersicht (SWOT-Analyse)

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • ganzjährige Verfügbarkeit in der Grundlast mit Ausnahme der planbaren Ausfallzeit für regelmäßige Reinigungsarbeiten • geringe Betriebskosten • ganzjährig kaum schwankende Temperaturen • Potential entlang der großen Abwasserkanäle (Nennweiten ab DN 800) vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> • im Vergleich zu konventionellen Anwendungen erhöhte Investitionskosten • Standortwahl abhängig von geeigneten Abnahmepunkten im Abwassernetz (→ Nennweite, Trockenwetterabfluss) • Wärmegewinnung ausschließlich in Verbindung mit Wärmepumpen möglich • relativ hoher Strombedarf insbesondere im Winter, da dort die Effizienz am niedrigsten ist • Konkurrenz zu anderen Grundlastwärmeerzeugern • i.d.R. nicht für hohe Netzbetriebstemperaturen geeignet • Potential ist nicht so groß, dass es einen nennenswerten Teil der Freisinger Wärmeversorgung übernehmen kann
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • energetische Nutzung des ohnehin verfügbaren Abwasserstroms • innovativ → hohe Akzeptanz in der Öffentlichkeit • Gebiete hohen Energiebedarfs verfügen häufig auch über große Abwasserströme (z. B. Innenstadtbereiche) • Fördermöglichkeiten vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> • Temperaturbeeinflussung der Biologie im Klärwerk • erhöhter Strombedarf in den Wintermonaten durch Einsatz von Wärmepumpen muss mit regenerativer Stromerzeugung abgeglichen werden • Standortsuche für die Heizzentrale könnte sich in der Innenstadt schwierig gestalten

4.1.6.5 Zusammenfassung Abwasserwärmenutzung

Tabelle 14: Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Abwasserwärmenutzung

	Abwasserwärmenutzung
Potential	Abwassermenge (gesamt): 5.245.762 m ³ /a (2017) mittlerer Trockenwetterabfluss: 583 m ³ /h entspr. ca. 1,8 MW _{th}
Verfügbarkeit	ganzjährig
Platzbedarf & Standort	Gebäude/Container
Temperaturniveau	10 bis 20 °C
Anforderungen	Abwasserrohr ≥ DN 800 Trockenwetterabfluss > 15 l/s
Kosten	vergleichsweise hohe Investitionskosten: 90 bis 560 €/kW [BYLU 2008] geringe Energieverbrauchs- u. Betriebskosten
Förderprogramm	BAFA [MUKE 2015]
Bewertung	häufig decken sich Zonen hohen Wärmebedarfs mit Zonen großer Abwasserflüsse - so auch in Freising: innerstädtische Lage und gute Einbindemöglichkeit in das Wärmenetz

4.1.7 Zusammenfassung

Die unter 4.1 ermittelten und bewerteten erneuerbaren Potentiale sind in den **Tabellen 7 bis 14** zusammengefasst. Dort werden neben dem Potential die Verfügbarkeit, das Temperaturniveau, der Platzbedarf und sonstige Anforderungen sowie Kostenansätze und mögliche Förderprogramme aufgeführt.

Die für die nachfolgenden Betrachtungen entscheidende Kenngröße, das jeweilige Potential der erneuerbaren Energiequelle, ist in **Tabelle 15** kurz zusammengefasst.

Tabelle 15: Übersicht über die erneuerbaren Potentiale

Energiequelle	realistische Potentialabschätzung	sehr optimistische Potentialabschätzung	Lasttyp
Abwärme	27 MW (2 MW Bertrandt, 25 MW TI)	65 MW (10 MW B, 55 MW TI) (theoretischer Wert, sehr schlechter COP)	Grundlast
Abwasser	1 MW	1,7 MW	Grundlast
Tiefengeothermie	12 MW	24,5 MW	Grundlast
Biomasse	6 MW bei 8.700 Betriebsstunden (~ 52.200 MWh)	9 MW bei 8.700 Betriebsstunden (~ 78.300 MWh)	Grund- und Mittellast
Biogas / Biomethan	-	-	Grund- und Spitzenlast
Solar	5 MW (entspricht derzeitiger Sommerlast)	> 10 MW (abhängig von verfügbarer Fläche, Ganglinie, Speichergröße)	Schwachlast
Spitzenlast (z. B. E-Kessel)	beliebig	beliebig	Spitzenlast

Insgesamt gibt es für die Stadt Freising viele aussichtsreiche regionale erneuerbare Potentiale. Die Abwärme von Texas Instruments scheint hierbei die vielversprechendste Option zu sein, da ein Teil der Infrastruktur (Saug- und Schluckbrunnen) bereits vorhanden ist, so dass aus diesem Grund mit geringeren Investitionen zu rechnen ist. Die Wärme ist ganzjährig in nennenswertem Umfang vorhanden (vgl. Kapitel 6.1: Schwerpunktprojekt 1) und müsste lediglich mit einer Wärmepumpe auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben werden. Ähnlich einfach zu erschließen mit einem analogen technischen Konzept ist die Abwärme aus Abwasser. Jedoch ist dabei maximal eine Leistung von 1,7 MW zu erwarten. Bei der Tiefengeothermie besteht zwar immer ein Fündigkeitsrisiko, dennoch sind die geologischen Gegebenheiten im Münchener Raum sehr gut, so dass mindestens von einem konstanten Potential von 12 MW ausgegangen wird. Die Tiefengeothermie hat aufgrund der Bohrung zwar hohe Investitionskosten, dafür sind die Instandhaltungskosten gering. Ein Nachteil ist die Temperaturerhöhung aufgrund der niedrigen Quelltemperaturen (50 bis 70 °C). Der Betrieb einer zusätzlichen Biomasseanlage hat den Vorteil, dass diese flexibel eingesetzt werden kann und nicht nur als Grundlastwärmeerzeuger wirtschaftlich darstellbar ist⁶.

⁶ Annahme, die Biomasseanlage erhält eine Förderung nach BEW

Die notwendigen Potentiale dafür sind vorhanden. Solarthermie ohne saisonalen Wärmespeicher kann nur in einem begrenzten Zeitraum (Schwachlast im Sommer) zur Wärmeversorgung beitragen und steht deshalb in Konkurrenz zu den anderen Grundlasterzeugern.

Fazit Potentialanalyse Freising

- ➔ In Freising gibt es insgesamt vier erneuerbare Energiequellen mit nennenswertem Potential: Abwärme (Industrie, Abwasser), Tiefengeothermie, Biomasse und Solarthermie.
- ➔ Das aussichtsreichste Potential mit der einfachsten Erschließung bietet die Abwärme von Texas Instruments (vgl. Schwerpunktprojekt 1).
- ➔ Die identifizierten Potentiale werden alle i. d. R. zur Grundlasterzeugung eingesetzt und stehen somit in Konkurrenz zueinander bzw. in Konkurrenz zur vorhandenen Biomasseanlage.
- ➔ Abgesehen von der Biomasse haben alle identifizierten Potentiale ein niedrigeres Temperaturniveau als die derzeitigen Betriebstemperaturen, was eine Absenkung der Betriebstemperaturen erforderlich macht.
- ➔ Die Temperatur aus der Tiefengeothermie ist zu niedrig, um direkt ins Netz einzuspeisen und muss aus diesem Grund über eine Wärmepumpe nachgeheizt werden.
- ➔ Zur Einbindung von Solarthermie sind ausreichend große Freiflächen in der Nähe des Fernwärmenetzes vorhanden.

4.2 Netzoptimierung und -effizienzsteigerung

In Teilen wird das Stadtgebiet Freising bereits mit Fernwärme versorgt (vgl. Kapitel 3.1). Das heißt, es gibt eine vorhandene Netzstruktur, die bestmöglich zur Integration von Erneuerbaren Energien und zum weiteren Ausbau der Fernwärme genutzt werden soll. Ein entscheidender Faktor dafür ist die Transportkapazität. Für die Einbindung von Erneuerbaren Energien in das Bestandsnetz ist eine Absenkung der Betriebstemperaturen in großen Teilen der Netze oder möglicherweise sogar im kompletten Fernwärmesystem erforderlich. Eine kleinere Temperaturspreizung zwischen Vor- und Rücklauf verringert jedoch die Transportkapazität nennenswert. Es ist zu erwarten, dass die Rücklauftemperatur nicht in gleichem Maße wie die Vorlauftemperatur abgesenkt werden kann. Zudem greifen die Maßnahmen zur Rücklauftemperaturabsenkung erst mittelfristig, da diese mit einem hohen Aufwand verbunden sind.

Prinzipiell steht Fernwärme für Energieeffizienz, dabei ist der Primärenergiefaktor die entscheidende Größe. Die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme mit Kraft-Wärme-Kopplung verringert den Einsatz von wertvoller Primärenergie erheblich. Außerdem kann über ein Fernwärmenetz die bei industriellen Prozessen unvermeidbar anfallende Wärme auch nutzbar gemacht werden. Durch eine Netzverdichtung, durch eine Reduzierung der Netzverluste aufgrund von Temperaturabsenkung oder durch die Einbindung von Abwärme und Erhöhung des KWK-Anteils, kann die Fernwärme noch effizienter gestaltet werden.

4.2.1 Transportkapazität des Fernwärmebestandsnetzes

Mit einem stark vereinfachten hydraulischen Rechenetzmodell wurde überschlägig die Transportkapazität des Fernwärmebestandsnetzes Zolling-Hallbergmoos betrachtet. Die Teilnetze wurden in diesem Modell nicht abgebildet, die Summe der Anschlussleistungen der Teilnetze wurde am jeweiligen Übergabepunkt berücksichtigt.

Die hydraulische Netzanalyse hat ergeben, dass bei Wärmehöchstlast die Vorlauftemperatur theoretisch bis auf etwa 116 °C (aktuell zeitweise bis zu 130 °C) abgesenkt werden könnte, wenn sich eine mittlere Rücklauftemperatur von ca. 65 °C einstellt. Dabei wären noch keine Netzanpassungen erforderlich. Allerdings müssten die Netzwälzpumpen in Zolling ersetzt oder die Pumpengruppe durch eine weitere Pumpe ergänzt werden. Die Transportkapazitäten des PN 25-Systems sind schließlich bei einer Fördermenge von ca. 1.800 t/h ausgereizt (vgl. **Abbildung 27**).

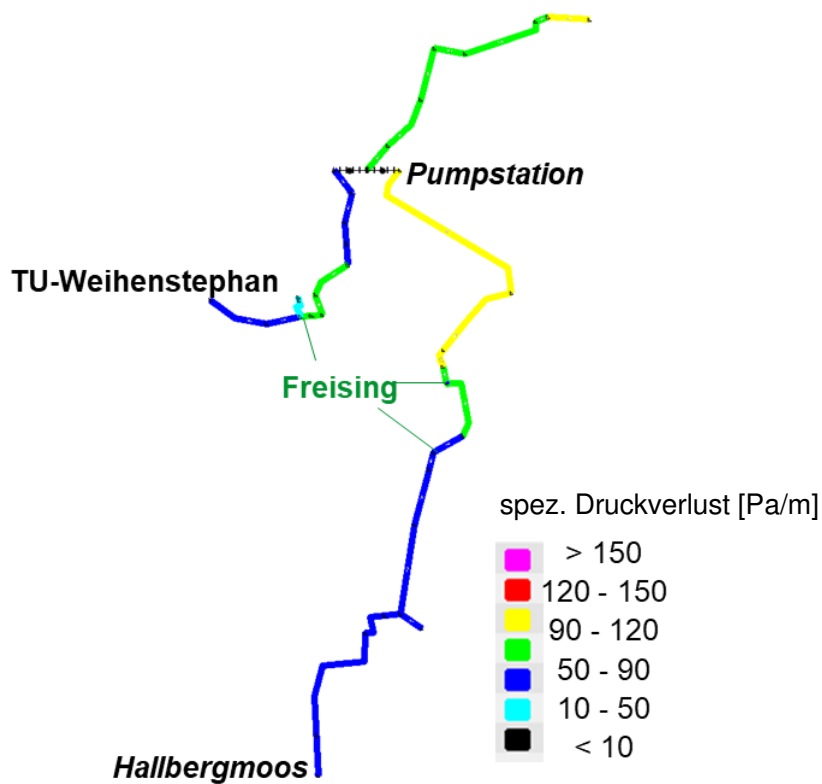


Abbildung 27: Spezifischer Druckverlust Fernwärmetransportsystem Zolling bis Hallbergmoos

Falls eine größere Wärmemenge transportiert werden soll, müssen Maßnahmen ergriffen werden; z. B. Vergrößerung der Nennweite in bestimmten Netzabschnitten, Errichtung einer weiteren Pumpstation oder Absenkung der Rücklauftemperatur.

Bei der hydraulischen Netzanalyse wurden keine Störfälle (z. B. Ausfall einer Erzeugereinheit) betrachtet. Außerdem ist durch eine Überprüfung der einzelnen Kundenstationen zu gewährleisten, dass weiterhin eine ausreichende Versorgung der Kunden trotz der geringeren Betriebstemperaturen und der kleineren Temperaturspreizung stattfindet.

4.2.2 Optimierungsmöglichkeiten der bestehenden Wärmenetze

Unabhängig von der zukünftigen netzgebundenen Wärmeversorgung der Stadt Freising besitzen die bestehenden Wärmenetze bereits heute Optimierungspotential. Eine Reduzierung der Wärmeverluste wäre durch eine optimierte Betriebsfahrweise zu erzielen, bei der die Betriebstemperaturen soweit wie möglich abgesenkt werden. Eine Absenkung der Rücklauftemperatur ermöglicht in gleichem Maße eine Reduzierung der Vorlauftemperatur ohne Einbuße bei der Transportkapazität.

Eine überschlägige Abschätzung ergab, dass sich die Wärmeverluste allein für das Transportsystem (vgl. **Abbildung 27**) bei den derzeitigen jahresmittleren Betriebstemperaturen ($T_{VL} / T_{RL} = 100 / 60 \text{ °C}$) auf ca. 14,2 GWh/a belaufen, was sich vor allem aufgrund der Netzausdehnung und der hohen Betriebstemperaturen erklären lässt. Durch eine Absenkung auf $T_{VL} / T_{RL} = 90 / 50 \text{ °C}$ im Jahresmittel sinken die Wärmeverluste auf 12,1 GWh/a. Somit könnten dadurch ca. 2,1 GWh/a Wärme pro Jahr eingespart werden.

Eine Absenkung der Rücklauftemperatur setzt immer die Optimierung von Kundenanlagen (hydraulischer Abgleich, Rücklauftemperaturbegrenzung) voraus. Vor allem große Kundenstationen sollten diesbezüglich geprüft werden, da sie den größten Einfluss auf die Rücklauftemperatur haben. Im zweiten Schritt wären dann auch kleinere Stationen zu betrachten. Bevor eine Absenkung der Vorlauftemperatur vorgenommen werden kann, sind die Temperaturanforderungen der Kunden zu überprüfen und auftretende Restriktionen herauszuarbeiten. So müssten zum Beispiel die Kunden mit einer hohen Temperaturanforderung identifiziert und ggf. Sonderlösungen entwickelt werden (Nacherhitzung vor Ort). Die TU Weihenstephan, als größter Freisinger Fernwärmeabnehmer, hat derzeit überdurchschnittlich hohe Rücklauftemperaturen und ist bestrebt, durch eine Modernisierung und Optimierung des sekundären Arealnetzes die Rücklauftemperaturen zu senken. Dies würde insgesamt eine enorme Verbesserung für das vorgelagerte Transportnetz bewirken.

Eine Absenkung der Betriebstemperaturen im Zusammenhang mit geringeren Temperaturschwankungen und Lastwechsel wirkt sich zudem positiv auf die Lebensdauer der Leitungen und die Alterung des Wärmedämmmaterials (PUR-Schaum) aus.

Die freien Kapazitäten der Netze könnten allerdings auch zur Erhöhung der Anschlussdichte oder aber zur Reduzierung der Temperaturspreizung genutzt werden. Die Vorlauftemperatur würde in diesem Fall stärker als die Rücklauftemperatur reduziert werden. Zur Erhöhung der Anschlussdichte und für den weiteren Netzausbau müssen hydraulische Restriktionen, städtebauliche Hindernisse und die Konkurrenz zum Gasnetz analysiert werden.

Zudem sollten die Netz-Pumpstrom-Aufwendungen überprüft werden. Möglicherweise werden die Netzumwälzpumpen zeitweise mit höheren Differenzdrücken betrieben als nötig.

Die Einbindung von Wärmespeichern oder auch das Ausnutzen der Pufferkapazität (Erhöhen der Betriebstemperaturen mit ausreichender Vorlaufzeit zum Auftreten der Morgenspitze) des Netzes mindert das Auftreten von Lastspitzen und reduziert somit die Spitzenlasteinspeisung und den Pumpstromaufwand.

Zur Umsetzung dieser Optimierungsmöglichkeiten ist ein Netzmonitoring zur besseren Abstimmung der einzelnen Netzkomponenten unerlässlich. Außerdem erfordert die Optimierung eine detaillierte hydraulische Analyse der freien Netzkapazität der Transportleitung Zolling-Hallbergmoos und der daran angeschlossenen Verteilnetze.

Die Versorgung einzelner Kunden oder ganze Quartiere über den Rücklauf des bestehenden Wärmenetzes sorgt für eine Rücklaufauskühlung und könnte auch als „Restwärmenutzung“ bezeichnet werden. Der Kunde kann mit einer entsprechenden Auslegung seiner Heizungsanlage die restliche im Rücklauf enthaltene Wärmeenergie energetisch trotz des niedrigen Temperaturniveaus für sich nutzbar machen. Die Rücklaufauskühlung verbessert den Ausnutzungsgrad der zur Verfügung gestellten Wärme. Die daraus resultierenden niedrigeren Rücklauftemperaturen reduzieren weiterführend die Wärmeverluste im Fernwärmenetz. Insbesondere die Rücklaufauskühlung ist

im Hinblick auf die Reduzierung der zukünftigen Vorlauftemperatur relevant ist. Exemplarisch wurde der Rücklaufanschluss als Schwerpunktprojekt 2 (vgl. Kapitel 6.2) detaillierter betrachtet.

4.2.3 Optimierungs- und Ausbaumöglichkeiten bestehender Erzeuger(standorte)

Ein wesentlicher Teil der in die bestehenden Wärmenetze eingebundenen Erzeugeranlagen wird nicht auf Basis von erneuerbaren Energien betrieben. Nach aktueller Gesetzeslage muss das Kohlekraftwerk Zolling bis spätestens 2038 außer Betrieb genommen werden. Der Standort Zolling mit der vorhandenen Infrastruktur bietet sich an, auch zukünftig als Haupteinspeise-Standort aufrechterhalten zu werden. Die dort befindliche Biomasseanlage könnte entsprechend dem verfügbaren Biomassepotential erweitert werden.

Die Planungen des Kraftwerks Zolling sehen derzeit vor, einen Energiepark auf Basis von Erdgas, Altholz und Klärschlamm als Brennstoffe zu errichten und dadurch die Steinkohle als Brennstoff zu ersetzen. Die ab 2025 als „Brückentechnologie“ geplanten Gasmotoren-BHKWs stehen allerdings im Widerspruch zu den Klimaschutzzielen der Stadt Freising, da eine 100 % erneuerbare Wärmeversorgung mit dem Einsatz von Erdgas-BHKWs nicht erreicht werden kann. Die Entscheidung, am Standort Zolling auf Gas als sog. „Brückentechnologie“ zu setzen, ist zwar aus kurzfristiger wirtschaftlicher Perspektive und unter den aktuellen von Bundesebene vorgegebenen Rahmenbedingungen durchaus nachvollziehbar, nichtsdestotrotz wird die Entscheidung den Umbau der städtischen Wärmeversorgung auf Erneuerbare Energien verzögern. Erst mittelfristig ist am Standort Zolling eine Komplettumstellung auf grünen Wasserstoff oder Biogas angedacht, was derzeit aus Kostengründen als eher unrealistisch erscheint. Es ist viel wahrscheinlicher, dass grüner Wasserstoff und Biogas im Industriesektor verwendet werden und dass der Raumwärmebedarf mit deutlich geringeren Temperaturanforderungen durch regenerative Alternativen gedeckt werden muss.

Ob sich der Standort Zolling zusätzlich zur Spitzenlastherzeugung eignet, hängt von den Einspeisestandorten der anderen Wärmeerzeuger ab, da die Transportkapazität der Zolling-Leitung begrenzt ist und davon ausgegangen wird, dass zukünftig das Netz mit niedrigeren Temperaturen betrieben wird.

Der Erzeugerstandort Lange Point im Stadtgebiet Freising befindet sich deutlich näher am Lastschwerpunkt der Stadt Freising, was kürzere Transportwege zur Folge hat und daher speziell für Freising ein vorteilhafterer Standort ist. Der dort befindliche Gaskessel könnte längerfristig zum Beispiel durch einen Elektrokessel zur Spitzenlastherzeugung ersetzt werden.

Um die Klimaschutzziele der Stadt Freising zu erreichen, sind prinzipiell alle Erzeuger durch regenerative Einspeisquellen zu ersetzen. Dabei ist es zielführend zuerst die Grund- und Mittellastwärmeerzeugung erneuerbar zu gestalten, da diese den Großteil der Wärmeerzeugung ausmachen. Die Spitzen- und Redundanzkessel werden nur verhältnismäßig wenige Stunden im Jahr betrieben, so dass für diese erst in einem zweiten Schritt eine Ersatzlösung gefunden werden muss. Grundsätzlich ist es sinnvoll die vorhandenen Erzeugerstandorte aufgrund der bestehenden Infrastruktur weiter zu nutzen.

Die bestehende Biomasseanlage am Kraftwerksstandort Zolling sollte aus ökologischen Gesichtspunkten möglichst ihr ganzes Potential ausschöpfen und damit das Kohlekraftwerk so weit wie möglich zurückdrängen. Die Erzeugereinsatzplanung erfolgt allerdings aktuell vornehmlich im Hinblick auf eine möglichst optimierte wirtschaftliche Betriebsfahrweise, was sich zukünftig durch den Einsatz der Erdgas-BHKWs nicht ändern wird.

4.2.4 Einsatzmöglichkeiten Sektorenkopplung

Sektorenkopplung ist die Verbindung von Strom-, Wärme-, Brennstoff-, Kraftstoff- und Rohstoffsektor, mit dem Ziel eines sektorenübergreifenden Ausgleichs aus Energieangebot und -nachfrage. Während aktuell die Sektorenkopplung überwiegend auf Basis fossiler Brennstoffe (KWK mit Gas, Kohle) stattfindet, sollen zukünftig die fossilen Brennstoffe durch Erneuerbare Energien abgelöst werden in Kombination mit Energiespeichern zur Flexibilisierung. Aufgrund des wachsenden Einflusses fluktuierender Energiequellen wächst der Anteil der sogenannten Ausfallarbeit am Strommarkt stetig an. Daraus ergibt sich Potential zur Mitwirkung am Markt für negative Regelenergie. In Verbindung mit Wärmenetzen sind dabei die Technologien Power-to-Heat bzw. Gas relevant.

Bei der Betrachtung von Sektorenkopplung auf kommunaler Ebene stehen vor allem folgende Fragen im Fokus:

- 1) Welche Rahmenbedingungen sind zu beachten?
- 2) Welche Akteure bzw. Sektoren gilt es zusammenzubringen?
- 3) Welcher Nutzen lässt sich daraus für den Klimaschutz ableiten?

4.2.4.1 Power-to-Heat (P2H)

Bei P2H wird Wärme unter dem Einsatz von elektrischer Energie erzeugt, vorzugsweise aus Überschussstrom, welcher derzeit meist abgeregelt wird. Das Ziel ist es, elektrische Überschüsse aus erneuerbaren Energien mittels Elektrokessel (E-Kessel) oder Wärmepumpen für die Wärmebereitstellung zu verwenden, um somit den Einsatz von fossilen Energieträgern zu reduzieren. In beiden Fällen kann die aus dem Überschussstrom erzeugte Wärme in einem Wärmespeicher, Pufferspeicher oder ggf. sogar saisonaler Großwärmespeicher gespeichert werden und sobald Bedarfsspitzen im Wärmenetz auftreten, kann der Speicher wieder entladen werden. Umgekehrt kann bei einem entsprechenden Speicherniveau oder bei stromnetzkritischen Situationen die Wärmepumpe und/oder der E-Kessel abgeschaltet werden. Durch den Gebrauch von P2H kann somit die Spitzenlast konventioneller Kraftwerke reduziert werden, was zu einer effizienteren Verwertung von Erneuerbaren Energien führt. Der Einsatz von Wärmespeichern kann also ferner dazu dienen, große Wärmenachfragen zu bedienen und Schwankungen in der Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie auszugleichen.

Perspektivisch können P2H-Anlagen (Wärmepumpe und E-Kessel) auch zur Vermarktung im Bereich der abschaltbaren Lasten oder Demand-Side-Management genutzt werden. Abhängig von der regulatorischen und energiewirtschaftlichen Entwicklung stellt die Vermarktung der Flexibilität auf regionaler Ebene einen möglichen Handelsplatz dar, um lokale Engpässe im Stromnetz zu vermeiden oder aufzulösen. Bei hoher Stromerzeugung können Wärmepumpe und E-Kessel zugeschaltet werden. Wenn zu diesem Zeitpunkt kein Wärmebedarf besteht, kann die Energie thermisch gespeichert werden. Im entgegengesetzten Szenario kann der Wärmebedarf durch die gespeicherte Energie gedeckt werden. So lässt sich durch intelligentes Lastmanagement die Netzstabilität sichern und Stromüberschüsse werden abgefangen.

4.2.4.2 Power-to-Gas (P2G)

Mit P2G wird die (regenerative) Gaserzeugung aus Überschussstrom bezeichnet, für die gewisse Potentiale und Synergieeffekte sprechen:

- Umnutzung vorhandener Erdgasstrukturen zum Transport und zur Speicherung regenerativ erzeugter Gase
- Ausgleich von Bedarfsspitzen im Wärmenetz durch Einsatz in KWK-Anlagen
- komplementäre Infrastruktur zum Stromnetz (Diversifikation)
- Anwendungsmöglichkeiten, für die elektrische Energie nicht/bedingt geeignet ist

Die Einsatzgebiete von P2G-Anwendungen sind längerfristig primär in industriellen Prozessen zu suchen, wo hohe Temperaturanforderungen gestellt werden. Hier sollen künftig die fossilen Brennstoffe durch solche ersetzt werden, die (mittels erneuerbar erzeugtem Strom) synthetisiert oder aus Vergärung biogener Stoffe gewonnen wurden.

P2G-Anwendungen (insbesondere der Erzeugung an Wasserstoff) werden intensiv diskutiert, weil dadurch viele Vorteile von Erdgas (Speicherbarkeit, Verteilinfrastruktur, Nutzbarkeit für Industrie und Verkehr, etc.) erhalten blieben. Es existiert bereits eine vergleichsweise hohe Anzahl an Pilotprojekten in Deutschland für die jedoch unter den aktuellen Rahmenbedingungen keine Wirtschaftlichkeit gegeben ist. Es werden große Kapazitäten erneuerbarer Stromerzeugung benötigt, um nutzbare Mengen grünen P2G zu gewinnen, deren Ausbau jedoch in unmittelbarer Konkurrenz zum Strommarkt steht. Die Zukunftsszenarien gehen in der Regel von einer späten Bedeutung der Technologie im Kontext der Energiewende aus. Mehrheitlich wird zur Deckung des nationalen Bedarfs von Importen u. a. aus sonnenreichen Gegenden (Naher Osten, Nordafrika) ausgegangen. Bei knapper Verfügbarkeit und gleichzeitig hohen Kosten gehen die untersuchten Studien von einer Nutzung für Verkehr und Industrie: dort wo elektrische Alternativen die Anforderungen nur bedingt erfüllen können. Nur in Ausnahmefällen wird die Anwendung im Wärmesektor ernsthaft diskutiert. Mittelfristig ist daher kein breiter Einsatz im Bereich Wärme zu erwarten.

Während aktuell die Sektorenkopplung zum Hauptteil aus der Kraft-Wärme-Kopplung mit Kohleanteil in Kombination mit einem Wärmespeicher stattfindet, soll die Wärme für das Netz langfristig 100 % erneuerbar sein und noch flexibler im Austausch mit den anderen Sektoren reagieren können. Insbesondere Großwärmepumpen sind im Hinblick auf die Sektorenkopplung eine zentrale Technologie für die Versorgung der Wärmenetze und werden mit zunehmender Temperaturabsenkung in den Netzen immer effizienter.

Übersicht (SWOT-Analyse)

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Vernetzung der bisher getrennten Energiesektoren Strom, Wärme und Verkehr • Ausgleich der Volatilität der EE-Einspeisung • Ausgleich der räumlichen Variabilität der EE • Lastspitzen glätten • Regelenergie bereitstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Modernisierung der Netzinfrastruktur notwendig, damit das Potential besser ausgenutzt werden kann • Sektorenkopplung noch in Forschungs- und Pilotphase
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • im Wärmebereich reicht das Potenzial an erneuerbaren Energieträgern nicht aus, um den gesamten Bedarf zu decken. Das bedeutet, dass neben einer Verringerung des Energiebedarfs auch verstärkt Strom aus Erneuerbaren Energien für Wärme genutzt werden muss • Strom zum Heizen mittels Wärmepumpen und Power-to-Heat • Power-to-Heat: Wärmeerzeugung aus Überschussstrom und Ausgleich von Bedarfsspitzen im Wärmenetz durch Speicherentladung • Überschüsse im Stromnetz können Wärmepumpen oder E-Kessel zugeschaltet werden → Wärmeüberschuss kann in einen Wärmespeicher geladen werden → bei Stromengpass kann Wärmespeicher wieder entladen werden • Power-to-Gas: Gaserzeugung aus Überschussstrom • klare politische Regulierung und staatliche Förderinstrumente • Nutzung von Power-to-Heat-Anlagen zur Vermarktung im Bereich der abschaltbaren Lasten oder Demand-Side-Management → Ausgleich lokaler Stromengpässe 	<ul style="list-style-type: none"> • Überlastung des Stromnetzes

4.2.5 Integration von (saisonalen) Wärmespeichern

Wärmespeicher im Zusammenhang mit Sektorenkopplung und der Einbindung von Erneuerbaren Energien in das Fernwärmenetz bieten maximale Flexibilität. Denn Wärmespeicher dienen nicht nur zur Glättung der Lastspitzen und Vermeidung von Spitzenlasterzeugung, sie flexibilisieren KWK-Anlagen, indem sie Strom- und Wärmeerzeugung entkoppeln.

- ⇒ maximale Stromerzeugung bei hohen Strompreisen: Wärmespeicher gleicht die Differenz zur Wärmelast aus, indem der Wärmeüberschuss gespeichert wird
- ⇒ Abschaltung der KWK-Anlage bei geringen Strompreisen: Wärmeversorgung erfolgt aus dem Wärmespeicher

Außerdem können Wärmespeicher überschüssigen Strom mittels Power-to-Heat in Form von Wärme speichern, was i. d. R. günstiger als ein Stromspeicher ist.

Im Folgenden wird aufgezeigt, welche unterschiedlichen Speichertypen es gibt und ob diese im Fall von Freising geeignet wären. Es aufgezeigt inwiefern der Einsatz von Wärmespeichern in den bestehenden Netzen Sinn macht und an welchen Stellen im Netz die Einbindung entsprechender Speicher denkbar wäre.

4.2.5.1 Saisonale Großspeicher

Saisonale Großspeicher ermöglichen eine Erhöhung des Deckungsgrades solarthermischer Anlagen und erlauben eine geringere Spitzenlast-Auslegung in Ergänzung zu Geothermieanlagen. Aufgrund des geringen Nutz-Temperaturniveaus liegt ihr großes Potential momentan in LowEx-Energiesystemen. Zur Einbindung in ein Wärmenetz ist zusätzlich der Einsatz von Wärmepumpen erforderlich. Typen saisonaler Großspeicher, die sich prinzipiell zur Kopplung mit diesen Wärmequellen eignen, sind Erdbecken- und Erdsonden-Wärmespeicher.

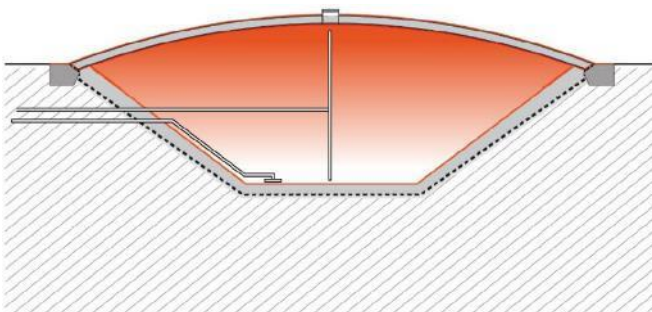


Abbildung 28: Erdbecken-Wärmespeicher

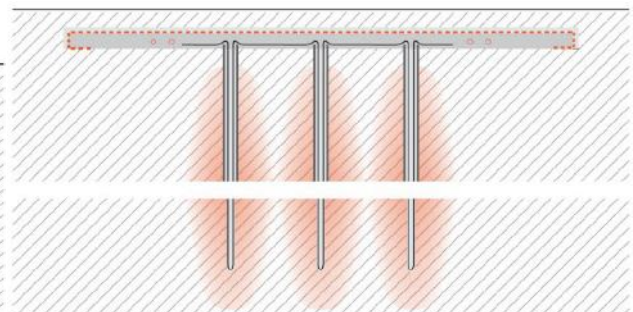


Abbildung 29: Erdsonden-Wärmespeicher

Obwohl die spezifische Speicherkapazität preiswerter realisierbar ist als die Speicherung von Strom, sind keine serienmäßigen Angebote für saisonale Großwärmespeicher am Markt verfügbar, der momentan bislang rein forschungsorientiert ausgerichtet ist. Planer mit Referenzen für Großwärmespeicher sind in Deutschland selten und es mangelt an erfahrenen Bauunternehmen. Es existieren keine serienmäßigen Grundkonzeptionen für diesen Speichertypus am Markt, denn die Erfahrungswerte und Planungsgrundlagen aus realisierten Projekten (z. B. in Skandinavien) sind aufgrund der Komplexität der Randbedingungen nicht skalierbar.

In Deutschland sind in den letzten Jahren keine Projekte mit saisonalen Speichern mehr initiiert worden. Die wesentlichen Hemmnisse sind u. a. hohe Investitionskosten, mäßige Wirkungsgrade und Unsicherheiten in der Betriebsweise.

Erdbecken-Wärmespeicher

Prinzipiell sind diese Speichertypen als abgedichtete „Teiche“ konstruiert. Nachteilig sind die vergleichsweise hohen Wärmeverluste, die je nach Ladetemperatur zwischen 30 und bis zu 80 % betragen. Damit geht – insbesondere über lange Speicherperioden eine beträchtliche Absenkung der nutzbaren Temperatur einher. Aufgrund der geringen spezifischen Speicherkapazität (60 bis 80 kWh/m^3) ist der erforderliche Platzbedarf in unmittelbarer Nähe zum Erzeugerstandort enorm.

Bisher wurden lediglich einzelne Projekte - überwiegend in Dänemark unter gänzlich anderen Randbedingungen - realisiert. Die Anforderungen an Temperatur und Kapazität waren dabei stets gering und entsprechen bestenfalls einem winzigen Bruchteil des Wärmebedarfs einer großen Mittelstadt wie Freising.



Abbildung 30: 75.000 m^3 Erdspeicherbecken für rund 5.000 MWh/a in Marstal (DK)

Am abgebildeten Beispiel eines Erdbecken-Wärmespeichers in Marstal, einer Gemeinde mit 2.400 Einwohnern werden die strukturellen Unterschiede offensichtlich.

Erdsonden-Wärmespeicher

Für die Realisierung der Erdsonden ist die Eignung des Untergrundes mittels hydro-geologischen Untersuchungen zu prüfen. Hierfür muss u. a. die Anwesenheit oberflächennaher Aquifere und eine bautechnische Trennung von Grundwasser führenden Schichten ausgeschlossen werden. Darüber hinaus ist die volumetrische Wärmekapazität der Gesteinsschichten abzuschätzen. Unter guten Bedingungen werden dennoch vergleichsweise geringe spezifische Speicherkapazitäten zwischen 15 und 30 kWh/m^3 erzielt.

Erfahrungswerte zu Projekten mit Erdsonden-Wärmespeichern sind noch geringer als mit Erdbecken-Speichern, während die Investitionsrisiken größer sind. Auch Sondenspeicher wurden bislang nur ländlichen Räumen (z. B. im Kontext von Bioenergie-dörfern) realisiert, wobei die benötigten Nutzttemperaturen und die erforderliche Kapazität ebenfalls gering waren.



Abbildung 31: 19.000 m³ Erdsonden-Speicher für rund 600 MWh/a in Brædstrup (DK)

Das abgebildete Beispiel eines Erdsonden-Wärmespeichers in Brædstrup verdeutlicht die vergleichsweise geringen technischen Anforderungen, die Platzverhältnisse und Randbedingungen in der Versorgungsstruktur.

4.2.5.2 Fazit

Unter den gegebenen Randbedingungen erscheint in Freising ein saisonaler Wärmespeicher nicht lohnenswert. Bisher lassen sich in Deutschland solche Projekte nur schwer wirtschaftlich umsetzen. In Anbetracht der Optionen und Verfügbarkeit anderer erneuerbarer Energiequellen sind diese einem Langzeitspeicher in Kombination mit Solarthermie vorzuziehen. Kurzzeitspeicher hingegen bieten auch in Freising eine wirtschaftlich attraktive Lösung das Fernwärmesystem weiter zu optimieren und sollten daher untersucht werden. Durch Kurzzeitspeicher können z. B. Tag- und Nachtschwankungen ausgeglichen werden, Lastspitzen werden geglättet, Pufferspeicher vermeiden einen taktenden Betrieb der Wärmeerzeuger und helfen dabei, BHKW-Laufzeiten in die Stromspitzen zu verlagern.

Eisspeicher, die hier nicht genauer untersucht wurden, kommen insbesondere in kleinen (< 1 MW), mit „Kalter Nahwärme“ betriebenen Netzen zum Einsatz. Größere Eisspeicher fallen unter die Kategorie Sonderbauwerke, sind daher meist mit hohen Investitionen verbunden und deshalb unwirtschaftlich. Der Eisspeicher liefert Temperaturen zwischen -7 und 25 °C, welche mittels zentraler oder dezentraler Wärmepumpen auf die erforderliche Temperatur gebracht wird. Die Eisspeicher-Lösung hat sich bisher noch nicht als Standardlösung auf dem Wärmemarkt etabliert und wird bisher nur bei kleinen Quartiersnetzen eingesetzt. Vorteile hat die Eisspeicher-Lösung dann, wenn das Netz bzw. die daran angeschlossenen Verbraucher Kühlbedarf haben, so kann sich der Eisspeicher z. B. im Sommer wieder regenerieren.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none">• es gibt viele bereits etablierte Wasserspeicher mit bewährter, einfacher Technik• hohe Lebensdauer und Zyklenfestigkeit• Verwendung als Kurzzeit- sowie als Langzeitspeicher möglich• keine Umweltgefährdung durch Wasser• hohe Übertragungsleistung• moderate Investitionskosten je nach Speichertyp	<ul style="list-style-type: none">• großer Platzbedarf• hohe Selbstentladung im Stand-by• mittlere Wirkungsgrade• Langzeitwärmespeicher sind derzeit in Deutschland meist unwirtschaftlich und stellen eher eine Ausnahme dar
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none">• Zunahme an Wärmespeicherbedarf durch die Energiewende• oftmals in Verwendung mit Solarthermie• notwendig für die Flexibilisierung von KWK• es existiert bereits ein Wärmespeicher (10.000 m³, 400 MWh) am Standort Zolling, der zur weiteren Netzoptimierung genutzt werden könnte	<ul style="list-style-type: none">• fossil erzeugte Wärme ist derzeit sehr kostengünstig und konkurriert deshalb mit Wärmespeichern

Fazit Netzanalyse Freising

- ➔ Eine Absenkung der Vorlauftemperatur in der Transportschiene ist grundsätzlich möglich. Bis ca. 116 °C sind aus hydraulischer Sicht voraussichtlich keine Netzanpassungen nötig.
- ➔ Die langfristige Zielnetztemperatur liegt bei maximal 90 °C. Im ersten Schritt wäre eine Netztemperatur von 105 °C anzustreben.
- ➔ Bei einer Absenkung der Vorlauftemperatur liegt die Herausforderung bei der Aufrechterhaltung der Transportkapazität, da davon auszugehen ist, dass die Rücklauftemperatur nicht in gleichem Maße abgesenkt werden kann.
- ➔ Die Temperaturabsenkung (Vorlauf und Rücklauf) und sonstige Maßnahmen das Netz betreffend sind i. d. R. langfristige Prozesse und müssen daher zeitnah angegangen werden.
- ➔ Zur Bestimmung der Netzrestriktionen ist eine detaillierte Betrachtung der Netzhydraulik notwendig.
- ➔ Insbesondere Großwärmepumpen sind im Hinblick auf die Sektorenkopplung eine zentrale Technologie für die Versorgung von Wärmenetzen.
- ➔ Wärmespeicher bieten im Zusammenhang mit Sektorenkopplung und der Einbindung von Erneuerbaren Energien maximale Flexibilität.
- ➔ Saisonale Wärmespeicher konnten sich aufgrund der hohen Investitionskosten bisher in Deutschland nicht durchsetzen.

5. Transformationsstrategie für die städtische Wärmeversorgung

Die Zielvorgabe aus dem integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Freising (2013), die im Jahr 2020 durch die Freisinger Resolution zum Klimawandel nochmal bekräftigt wurde, fordert bis zum Jahr 2035 eine 100 % erneuerbare Wärmeversorgung.

Aufgabe der vorliegenden Studie ist es, in diesem Zusammenhang den Fokus auf die bestehende netzgebundene Wärmeversorgung im Stadtgebiet zu legen. Es soll untersucht werden, wie das bestehende Wärmenetz bis zum Zieljahr 2035 vollständig auf erneuerbare Energien umgestellt werden kann. Damit soll das Ziel erreicht werden, den an das Wärmenetz angeschlossenen Bürger*innen im Stadtgebiet eine auf 100 % erneuerbaren basierende Wärmeversorgung anbieten zu können.

Gleichzeitig soll der Blick geweitet und die Wärmeversorgung im Stadtgebiet insgesamt betrachtet werden. Wie kann es gelingen, die gesamte Wärmeversorgung im Stadtgebiet bis zum Jahr 2035 auf erneuerbare Energien umzustellen?

Dass grundsätzlich Potentiale im Stadtgebiet für den Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmenetz vorhanden sind, wurde in Kapitel 4.1 dargelegt. Welche Voraussetzungen auf der Netzseite geschaffen werden müssen, um das Netz zukunftsfähig zu machen und die Einbindung Erneuerbarer Energien zu ermöglichen, ist in Kapitel 4.2 beschrieben.

Ein weiterer entscheidender Faktor für die vorliegenden Fragestellungen ist die perspektivische Entwicklung des Wärmebedarfs im Stadtgebiet. Die Entwicklung des Wärmebedarfs ist von verschiedenen Einflussfaktoren wie z. B. Sanierung, Bevölkerungszuwachs, Effizienzsteigerung abhängig. Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Wärmebedarfs müssen verschiedene Annahmen getroffen werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wird für die weiteren Betrachtungen mit zwei unterschiedlichen Szenarien für die Entwicklung des Wärmebedarfs gearbeitet.

Eine weitere wesentliche Größe ist die Ausbaurate der netzgebundenen Wärmeversorgung, also der jährliche Zuwachs an Wärmenetzkunden. In diesem Zusammenhang ist zu analysieren und abzuschätzen, welche Gebiete bzw. Gebäude sich grundsätzlich für den Anschluss an ein Wärmenetz eignen und welche Anschlussquoten an das Wärmenetz (technisch) realisierbar sind.

5.1 Ausblick: Wärmebedarfsentwicklung Freising

Der Wärmebedarf bildet die Grundlage für die überschlägige, zukünftige Auslegung eines zu erarbeitenden netzgebundenen Wärmeversorgungssystems.

Der Wärmebedarf für den Ist-Zustand im Jahr 2020 wurde mittels der Wärmekatasterdaten abgeschätzt. Er wird derzeit gedeckt durch netzgebundene Energieträger wie Gas und Fernwärme sowie durch dezentrale Energieträger wie z. B. Öl, Strom, Pellets, Wärmepumpen etc., wodurch eine bestimmte Menge CO₂ produziert wird. Um die Wärmebedarfsentwicklung zu prognostizieren, können verschiedene Szenarien zu Grunde gelegt werden. Im Rahmen dieser Studie sollen zwei verschiedene Szenarien betrachtet, die die Leitplanken einer optimistischen und pessimistischen Entwicklung des Wärmebedarfs aufzeigen.

5.1.1 Exkurs: Grundlagen der Wärmebedarfsentwicklung

Bei der Wärmebedarfsentwicklung wird im Allgemeinen unterschieden in Sanierungsrate, welche die Anzahl der Gebäude beschreibt, die pro Jahr saniert werden. Die Sanierungstiefe hingegen gibt an, wie groß die Einsparung

an Heizenergie pro saniertem Gebäude ist. Alternativ kann ein Faktor ermittelt werden, der die Sanierungsquote und Sanierungstiefe vereint.

Bei der Wärmebedarfsermittlung muss außerdem in Wohnbebauung und Industrie unterschieden werden, da die Prozesswärme i. d. R. keinem Wärmerückgang unterliegt. Somit muss der Anteil an Prozesswärme bei Industriekunden abgeschätzt werden.

Da für die Stadt Freising hinsichtlich Wärmebedarfsentwicklung keine konkreteren Informationen vorlagen⁷, wurde als Basis eine vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie in Auftrag gegebene Studie [BMWi 2015] herangezogen. In dieser Studie wurden die energiepolitischen Beschlüsse der Bundesregierung, das Energiekonzept vom September 2010 sowie die Beschlüsse zur Energiewende vom Juni 2011 als Ausgangssituation zugrunde gelegt. Weiterhin fanden Standards aus der Energieeinsparverordnung (EnEV) [EnEV 2015] wie auch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) [EEWG 2015] Berücksichtigung. Mit der „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ soll schließlich das Ziel verfolgt werden, bis 2050 einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand zu erlangen. Dieses Ziel soll aus einer Kombination aus Energieeinsparung und dem Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden, welche gegenüber 2008 eine Einsparung von ungefähr 80 % erfordert. Der mögliche Zielkorridor lässt sich durch folgende Kombinationen erreichen: (A) Energieeinsparung/Effizienzsteigerung um rund 36 % und ein prozentualer Anteil an erneuerbaren Energien von 69 %; alternativ (B) eine aus heutiger Sicht maximale Effizienzsteigerung von 54 % und einem Anteil an erneuerbaren Energien von rund 57 %. Der Deckungsanteil durch erneuerbare Energien (max. 80 %) ist ebenso begrenzt wie die Effizienzsteigerung (max. -54%).

Neben technischen Restriktionen, die sich aus bauphysikalischen Randbedingungen ergeben, sind auch wirtschaftliche und andere Restriktionen wie z. B. der Denkmalschutz zu beachten. In den Szenarien wurden diese Restriktionen bereits berücksichtigt.

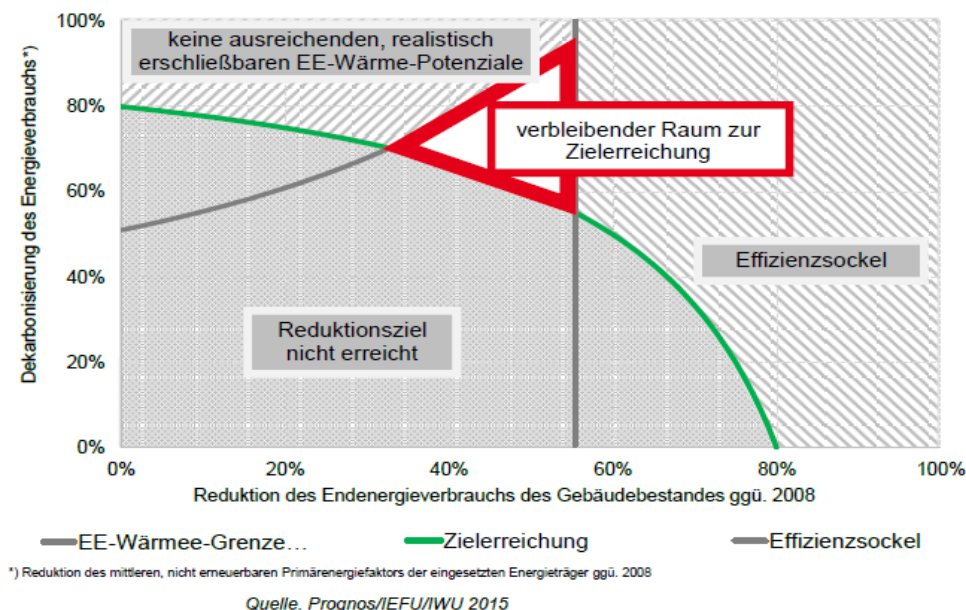


Abbildung 32: Kombination aus Energieeinsparung und Einsatz erneuerbarer Energien

Die „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ betrachtet insgesamt drei mögliche Entwicklungsszenarien: das Referenzszenario, das Szenario „Erneuerbare Energien“ sowie das Energieeffizienzzenario. Diese Szenarien unter-

⁷ Es standen keine Informationen zu Gebäudealter oder Baualtersklasse zur Verfügung.

scheiden sich in der jährlichen Sanierungsrate, der jährlich energetisch sanierten Wohnfläche und der Sanierungseffizienz. Während das Referenzszenario die aktuelle Sanierungsentwicklung abbildet, entspricht, ist das Energieeffizienzscenario ein äußerst ambitioniertes Entwicklungsszenario. Die Entwicklungsszenarien werden im Folgenden im Detail beschrieben.

5.1.2 Wärmebedarfsentwicklungsszenarien

Das **Referenzszenario** stellt ein „weiter-machen-wie bisher“-Szenario dar und zeigt auf, wie sich der Primärenergiebedarf im Gebäudebereich ausgehend vom Basisjahr 2008 bis 2050 entwickeln wird. Dabei wurden ein moderater technischer Fortschritt sowie eine moderat steigende Sanierungsaktivität unterstellt:

- jährliche Sanierungsrate liegt im Mittel bei 1,1 % bis 1,2 %
- jährlich energetisch sanierte Wohnfläche erhöht sich von 45 Mio. m² in 2008 auf 50 Mio. m² bis 2050
- Sanierungseffizienz steigt um rund 20 % bis auf knapp 40 %

Demgegenüber stehen die beiden ambitionierteren Zielszenarien „Erneuerbare Energien“ bzw. „Energieeffizienz“.

Szenario Erneuerbare Energien:

- jährliche Sanierungsrate liegt im Mittel bei 1,3 % bis 1,5 %
- jährlich energetisch sanierte Wohnfläche erhöht sich von 45 Mio. m² in 2008 auf 55 Mio. m² bis 2050
- Sanierungseffizienz steigt um rund 30 % bis auf knapp 50 %

Energieeffizienzscenario:

- jährliche Sanierungsrate liegt im Mittel bei rund 2 %
- jährlich energetisch sanierte Wohnfläche erhöht sich von 45 Mio. m² in 2008 auf 80 Mio. m² bis 2050
- Sanierungseffizienz steigt um rund 50 % bis auf knapp 70 %

Im Rahmen der vorliegenden Studie werden ausschließlich das „Referenzszenario“ und das Zielszenario „Energieeffizienzscenario“ weiterverfolgt:

- 1) Sanierungsfortschritt wie bisher; demnach höherer Einsatz an erneuerbaren Energien erforderlich (Referenzszenario)
- 2) Verstärkte Sanierungsmaßnahmen; demnach geringerer Einsatz an erneuerbaren Energien erforderlich. (Energieeffizienzscenario)

Zum Vergleich der Entwicklung des Wärmebedarfs der beiden Szenarien wurde ein Zieljahr und verschiedene Stützjahre festgelegt. Die Stützjahre wurden so gewählt, dass zwischen Referenzjahr (Ist-Stand Wärmekataster) und Zieljahr sinnvolle Intervalle betrachtet werden.

Als Zieljahr wurde das Jahr 2050 festgelegt, mit den Jahren 2025, 2030, 2035 und 2040 als Stützjahre. In den ersten Jahren lassen sich die Entwicklungen noch deutlich besser vorhersagen, so dass eine engere Taktung der Stützjahre als sinnvoll erscheint. Das Stützjahr 2035 ist gesetzt, da die Studie so mit den Ergebnissen des Klimaschutzkonzeptes abgeglichen werden kann, welches sich 2035 zum Zielhorizont gesetzt hat.

Der Wärmezuwachs aufgrund von Bevölkerungswachstum bzw. Nachverdichtung/Neubau wurde für beide Szenarien gleichermaßen angenommen.

- jährlicher Einwohnerzuwachs in Freising 1,0 % bis 2035 0,5 % ab 2035
- Wohnfläche je Einwohner in Freising 42 m²
- jährlicher Zuwachs Pro-Kopf-Wohnfläche 1,0 % bis 2035 0,5 % ab 2035
- mittlerer Wärmebedarf pro m² 98 kWh/m² a⁸

Somit beträgt der Bevölkerungszuwachs bis 2035 7.913 Einwohner bei einem zusätzlichen Wärmebedarf von 33 GWh/a (Referenzszenario) bzw. 28 GWh/a (Energieeffizienzzenario). Für das Jahr 2050 stellt sich die Situation folgendermaßen dar: Bevölkerungszuwachs 12.488, Wärmezuwachs 48 GWh/a (Referenzszenario) bzw. 35 GWh/a (Energieeffizienzzenario).

5.1.3 Referenzszenario

Tabelle 16: Wärmerückgang aufgrund von Sanierung und Effizienzsteigerung beim Referenzszenario

Gebäudetyp	Faktor jährliche Reduzierung Energiebedarf im Mittel	Anmerkung
Wohngebäude	1,02 % p. a.	
öffentliche Gebäude	1,63 % p. a.	Sanierungsbereitschaft (Sanierungsrate ⁹ + Effizienz) ist um 60 % höher als bei privaten Wohngebäuden
Industrie	0,45 % p. a.	Anteil Prozesswärme zu Heizwärme beträgt 85 % zu 15 %
Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD)	0,92 % p. a.	Anteil Prozesswärme zu Heizwärme beträgt 15 % zu 85 %
Denkmalschutz	0,20 % p. a.	

Unter den zuvor getroffenen Annahmen beträgt der im Referenzszenario bis 2050 zu erwartende Rückgang bei Raumwärme und Warmwasser 35 % (Ausgangsjahr 2008). Das ist gleichbedeutend mit einer mittleren jährlichen Reduzierung des Endenergiebedarfs bei Wohn- und Nichtwohngebäuden von 1,02 % p. a. Im Energieeffizienzzenario beträgt der Rückgang bei Raumwärme und Warmwasser bis 2050 ca. 58 %, das entspricht einer mittleren jährlichen Reduzierung des Endenergiebedarfs von 2,04 % p. a.

Im nachfolgenden Diagramm (vgl. **Abbildung 33**) ist die Wärmebedarfsentwicklung im Referenzszenario dargestellt. Durch die grünen Balken kann der Wärmerückgang aufgrund von Sanierung nachvollzogen werden. Die orangenen Balken entsprechen dem Wärmezuwachs durch Bevölkerungswachstum und Zubau. Der rote Pfeil zeigt die Gesamtentwicklung des Wärmebedarfs, welche im Referenzszenario moderat ist.

⁸ Reduziert sich jährlich in Abhängigkeit des Wärmebedarfsentwicklungsszenarios

⁹ Sanierungsrate ca. 3mal höher als bei Wohngebäuden

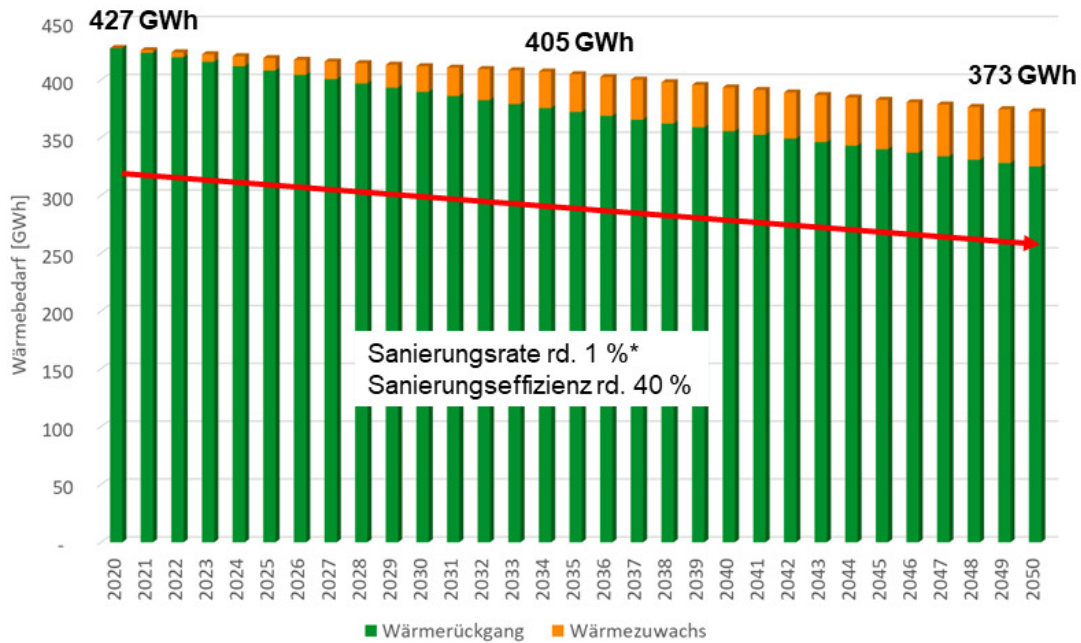


Abbildung 33: Wärmebedarfsentwicklung im Referenzszenario

Der Wärmebedarf im Stützjahr 2035 beträgt somit 405 GWh/a und im Jahr 2050 reduziert sich der Wärmebedarf weiter auf 373 GWh/a.

5.1.4 Energieeffizienzscenario

Tabelle 17: Wärmerückgang aufgrund von Sanierung und Effizienzsteigerung beim Energieeffizienzscenario

Gebäudetyp	Faktor jährliche Reduzierung Energiebedarf im Mittel	Anmerkung
Wohngebäude	2,04 % p. a.	
öffentliche Gebäude	3,26 % p. a.	Sanierungsbereitschaft (Sanierungsrate ¹⁰ + Effizienz) ist um 60 % höher als bei privaten Wohngebäuden
Industrie	0,60 % p. a.	Anteil Prozesswärme zu Heizwärme beträgt 85 % zu 15 %
Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD)	1,79 % p. a.	Anteil Prozesswärme zu Heizwärme beträgt 15 % zu 85 %
Denkmalschutz	0,40 % p. a.	

¹⁰ Sanierungsrate ca. 3mal höher als bei Wohngebäuden

Analog zum Referenzszenario ist in **Abbildung 34** die Wärmebedarfsentwicklung im Energieeffizienzscenario dargestellt. Hier sind deutlich stärkere Sanierungseffekte zu erkennen, was das Gefälle des roten Pfeils nochmal verdeutlicht.

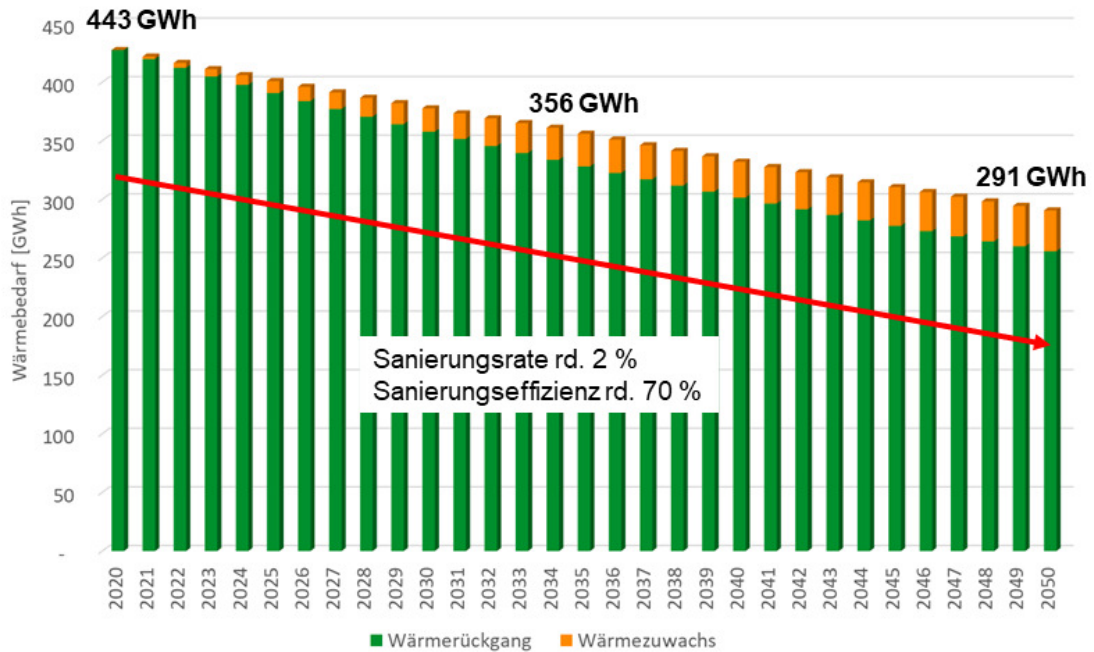


Abbildung 34: Wärmebedarfsentwicklung im Energieeffizienzscenario

Der Wärmebedarf im Stützjahr 2035 beträgt somit 356 GWh/a und im Jahr 2050 reduziert sich der Wärmebedarf weiter auf 291 GWh/a.

Fazit Wärmebedarfsentwicklung

- ➔ Die Wärmebedarfsentwicklung ist von folgenden Einflussgrößen abhängig: dem Rückgang aufgrund von Sanierung und Effizienzsteigerung sowie dem Zuwachs durch Anstieg der Bevölkerungszahl und der Pro-Kopf-Wohnfläche
- ➔ Grundsätzlich können zwei zentrale Stellschrauben zur Reduzierung der CO₂-Emissionen angedacht werden
 - 1) Sanierung wie bisher => höherer Einsatz EE erforderlich
 - 2) Verstärkte Sanierungsmaßnahmen => geringerer Einsatz EE erforderlich
- ➔ es werden im Folgenden zwei Wärmebedarfsentwicklungsszenarien betrachtet: das Referenzszenario und das sehr ambitionierte Energieeffizienzscenario
- ➔ die Wärmebedarfsentwicklungsszenarien beinhalten neben einem Wärmerückgang aufgrund von Sanierung auch einen Wärmezuwachs durch Bevölkerungswachstum

5.2 Ausblick: Fernwärmezuwachs

Zukünftig ändert sich nicht nur der Wärmebedarf, sondern auch die Zusammensetzung der Wärmeversorgung mit dem Ziel, fossile Energieträger wie Öl und Gas immer mehr zu verdrängen und durch erneuerbare Energiequellen zu ersetzen. Dadurch vermindert sich der CO₂-Ausstoß und der Primärenergiefaktor (PEF) verbessert sich.

5.2.1 Konkurrenzsituation zum Gasnetz

Aktuell werden 57 % des Gesamtwärmebedarfs im Stadtgebiet über das Gasnetz gedeckt, das die Freisinger Stadtwerke seit 1975 betreiben und das einen wesentlichen Anteil des Energiegeschäfts der Freisinger Stadtwerke ausmacht. Um die Wärmeversorgung im Stadtgebiet bis zum Jahr 2035 komplett auf regenerative Energien umzustellen, ist der zukünftige Umgang mit dem bestehenden Gasnetz zu klären. Dabei spielen natürlich die Wärmegestehungskosten eine entscheidende Rolle. Wärmenetze müssen auch bei der zunehmenden Einspeisung von Erneuerbaren Energien gegenüber einem Gasanschluss konkurrenzfähig und somit attraktiv bleiben. Grundsätzlich wäre eine mögliche Weiternutzung der bestehenden Gasnetzinfrastruktur charmant, zudem der Energieträger Gas auch bezüglich der Speicherbarkeit Vorteile mit sich bringt. Die Aufrechterhaltung des bestehenden Gasverteilnetzes und eine 1:1 Umstellung auf sog. „grünes Gas“, also synthetisches Gas oder durch Power-to-Gas (P2G) erzeugtes Gas (siehe Kapitel 3.2.2 bzw. 4.2.4), wird jedoch in der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion (siehe auch [IEE 2020]) nicht als realistisch angesehen. Nur in Ausnahmefällen wird der Einsatz von „grünem Gas“ im Wärmesektor ernsthaft diskutiert. Bei knapper Verfügbarkeit und hohen Kosten wird das „grüne Gas“ eher in den Sektoren Verkehr und Industrie zum Einsatz kommen, wo elektrische Alternativen die Anforderungen nur bedingt erfüllen können. Um die Wärmeversorgung im Stadtgebiet regenerativ zu gestalten, müsste folglich zumindest der Großteil der aktuellen über das Gasnetz versorgten Kunden anderweitig mit regenerativer Energie versorgt werden.

Bei einer nahezu vollständigen Umstellung der bisherigen netzgebundenen Gasversorgung auf Fernwärme, ergäbe sich folgendes Bild:

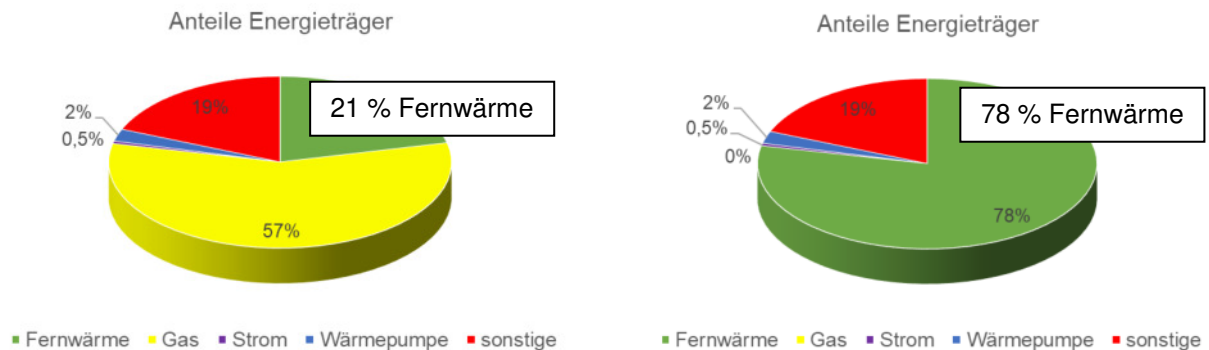


Abbildung 35: Hypothetische Umstellung der Gasversorgung auf Fernwärme

Dieses Bild würde jedoch nur zutreffen, wenn alle bisher mit Gas versorgten Kunden auch für einen Anschluss an das Wärmenetz geeignet wären. Um eine Aussage diesbezüglich treffen zu können und gleichzeitig auch einen Überblick darüber zu erhalten welche derzeit noch mit fossilen Einzelversorgungsanlagen ausgestatteten Gebiete sich als „fernwärmewürdig“ erweisen, wurde auf den erstellten Wärmeatlas zurückgegriffen.

5.2.2 Potentielle Wärmenetzgebiete

Bei der Entwicklung des netzgebundenen Wärmeversorgungskonzepts müssen zunächst die Gebiete identifiziert werden, die sich grundsätzlich für eine zentrale Wärmeversorgung eignen und welche vorzugsweise dezentral über Einzellösungen versorgt werden sollen. Dies lässt sich im Wesentlichen aus der Struktur des Wärmebedarfs ableiten. Daher wurden auf Basis der Wärmedichtekarte aus der Bestandsanalyse der Stadt Freising (vgl. **Anlage 7**) die „fernwärmewürdige“ Teilgebiete herausgearbeitet. Teilgebiete, die für Wärmenetze grundsätzlich geeignet sind, sollten den Schwellenwert von 150 MWh/(ha*a) nicht unterschreiten. Wird von einer Anschlussquote von 50 % ausgegangen, so beträgt der Schwellenwert 300 MWh/(ha*a). Gebiete, bei denen die Wärmedichte unter diesem Schwellenwert liegt, werden ausgeschlossen. Richtwerte, wie dieser dienen nur einer ersten Annäherung. Unter bestimmten Voraussetzungen können sich Wärmenetze auch unterhalb dieser Schwelle wirtschaftlich realisieren lassen.

Da es sich beim Aufbau von Wärmenetzen um kostenintensive und langfristig wirksame Maßnahmen handelt, sollte auch die zukünftige Entwicklung des Wärmebedarfs (Sanierung, Nachverdichtung, demografische Entwicklung) berücksichtigt werden. Die Wärmedichtekarte (vgl. **Anlage 7**) spiegelt allerdings nur den Ist-Zustand wider und gibt somit eine grobe Richtung vor, die in einem detaillierten Netzkonzept weiter verfeinert werden sollte.

Die von der Stadt geplante Nachverdichtung (vergleiche gekennzeichnete Nachverdichtungsgebiete und Neubauprojekte aus der Nachverdichtungsstudie) im Innenstadtbereich, im Bereich Am Anger sowie im Stadtteil Lerchenfeld ist im Bebauungsplan eingetragen und verteilt sich im Wesentlichen auf die Gebiete mit ohnehin hoher Wärmedichte oder auf die bereits mit Wärmenetz erschlossenen Gebiete. Eine Übersicht der Nachverdichtungsbereiche ist in **Anlage 8** zu finden.

Die **Abbildung 36** zeigt einen Ausschnitt aus der Wärmedichtekarte. Alle Gebiete unterhalb des Schwellenwertes von 300 MWh/(ha*a) sind weiß. Die Bereiche mit der höchsten Wärmedichte sind rot eingefärbt. Neben der Wärmedichte ist die Information zum Energieträger des jeweiligen Gebäudes als eingefärbter Kreis gekennzeichnet. Insbesondere Stromheizungen und sonstig versorgte sind für Wärmenetze als potentielle Kunden interessant.

Die umliegenden Ortsteile von Freising weisen keine ausreichende Wärmedichte zum Aufbau eines Wärmenetzes auf. Aus diesem Grund gilt es, für die umliegenden Ortschaften regenerative Einzellösungen attraktiv zu bewerben, um dort mittelfristig fossile Energieträger abzulösen.

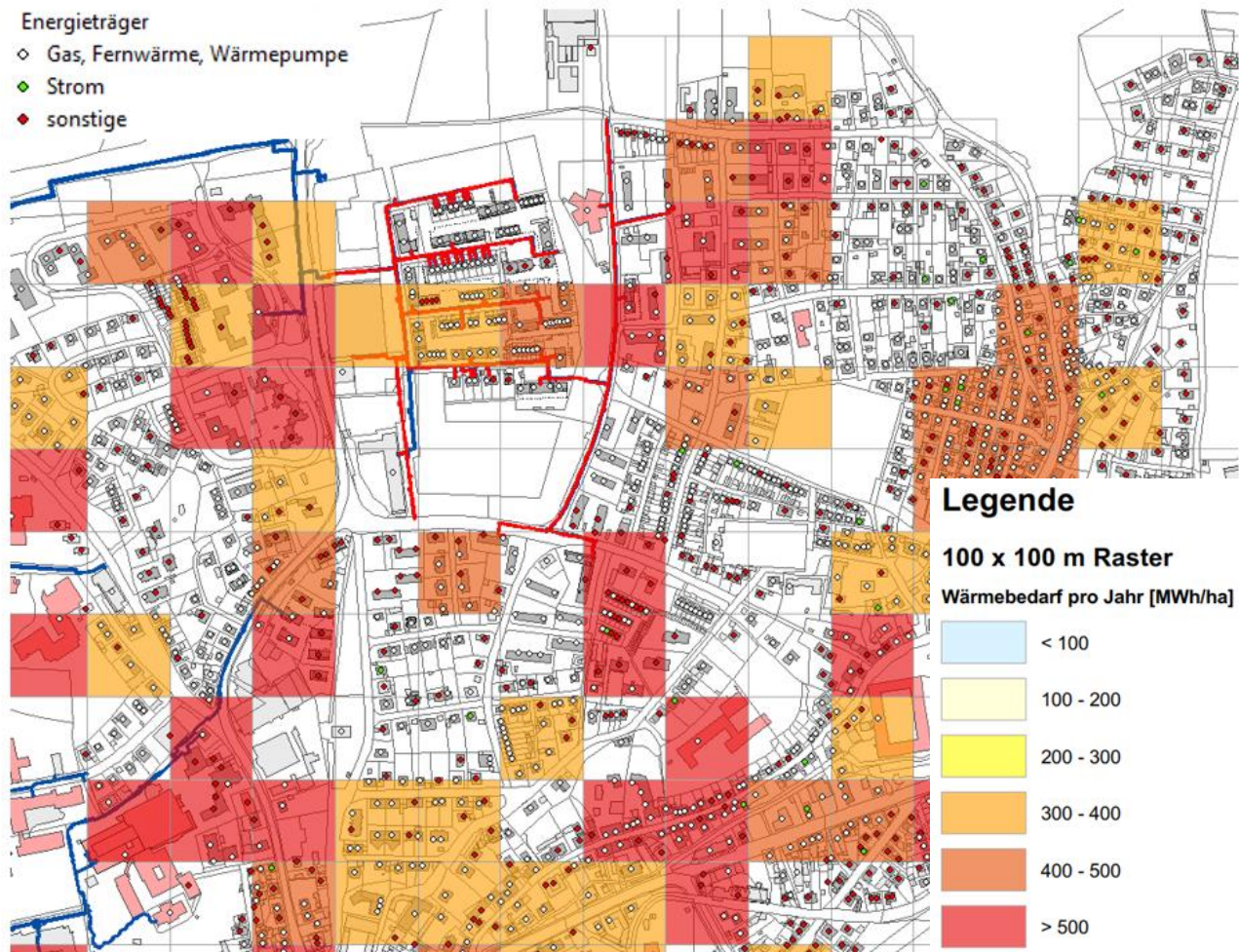


Abbildung 36: Auszug Wärmedichtekarte zeigt potentielle Wärmenetzgebiete

Insgesamt können aus dem Wärmetlas Gebiete und Gebäude mit einem Gesamtwärmebedarf in Höhe von 245 GWh als „fernwärmewürdig“ abgeleitet werden. Abzüglich des Gesamtwärmebedarfs der bereits an das Fernwärmenetz angeschlossenen Gebiete in Höhe von 91 GWh, könnten somit zusätzlich Wärmenetzkunden mit einer Gesamtwärmeabnahme von 142 GWh an das Netz angeschlossen werden.

Neben dem grundsätzlichen Potential der insgesamt mit Fernwärme erschließbaren Gebiete, muss jedoch auch die jährlich leistbare Anschlussquote berücksichtigt werden. Durch die Freisinger Stadtwerke werden aktuell im Schnitt zwischen 10 und 20 Hausanschlüssen ($\sim 0,5$ GWh) pro Jahr realisiert. Diese jährliche Anschlussrate bietet sicherlich Steigerungspotential nach oben, aber

- ⇒ die Problematik der Konkurrenz zum Gasnetz erschwert den Ausbau der Fernwärme
- ⇒ die örtlichen Gegebenheiten (alte Gebäude, die nicht unterkellert sind, mangelnde Planungsgrundlagen bzgl. Abwasserkanal, usw.) erschweren die Bautätigkeiten
- ⇒ eine Nachverdichtung bedeutet einen höheren zielgruppenorientierten Akquiseaufwand

Der Wert für eine moderate, realisierbare Zubaurate in der Fernwärme liegt nach Rücksprache mit den Freisinger Stadtwerken demnach bei ca. 2 GWh/a, was in etwa einer Menge von 20 bis 50 Kundenanschlüssen pro Jahr entspricht. Die Anzahl der Kundenanschlüsse ist abhängig von der Leistungsgröße der Objekte (Einfamilienhäuser oder Großkunden) und kann stark variieren.

Im Kapitel 5.4 wird aufgezeigt, wie sich die Fernwärme bei einem moderaten Zuwachs von jährlich 2 GWh/a entwickelt und dem gegenübergestellt ein äußerst ambitioniertes eher theoretisches Szenario mit einem jährlichen Fernwärmezuwachs von 4 GWh/a.

5.3 Ziel 2035: 100 % regenerative Wärmeversorgung

Die Zielvorgabe aus dem integrierten Klimaschutzkonzept der Stadt Freising (2013) fordert bis 2035 eine 100 % erneuerbare Wärmeversorgung. Im Folgenden wurde anhand von Wärmebedarfsszenarien aufgezeigt, welche Energiemenge an erneuerbaren Energiequellen aufzubringen ist, um die Zielvorgabe des Klimaschutzkonzeptes zu erfüllen. Zudem hat sich die Stadt Freising zum Ziel gesetzt, die Wärmenetze zukünftig weiter auszubauen und dadurch das Gasnetz ggf. in Teilen zu ersetzen.

Zum Erreichen der Zielvorgabe einer 100 % erneuerbaren Energieversorgungen gibt es verschiedene Ansatzpunkte und Transformationspfade. Doch grundsätzlich gibt es zwei zentrale Stellschrauben:

- 1) Sanierung wie bisher (Referenzszenario) erfordert einen höheren Einsatz an erneuerbaren Energien.
- 2) Verstärkte Sanierungsmaßnahmen (Energieeffizienzscenario) benötigen einen geringeren Einsatz an erneuerbaren Energien.

Außerdem ist zu prüfen, in welchem Umfang der Ausbau des Wärmenetzes innerhalb eines Zeitkorridors von 14 bzw. 29 Jahren vorstattgehen kann und wo es ggf. technische Restriktionen bei der Umsetzung gibt. Zudem wird die Potentialabschätzung zeigen, ob im Raum Freising genügend erneuerbare Energiequellen vorhanden sind, um den Bedarf des zukünftigen Fernwärmenetzes zu decken.

Es sind Annahmen zu treffen, ob zukünftig der Anteil an dezentralen Versorgungslösungen steigen wird oder ob das Verhältnis zu netzgebundener Versorgung nahezu gleichbleibt. Das hängt u. a. davon ab, ob die Gaskunden zur Fernwärme wechseln oder ob diese teilweise eher zu dezentralen Optionen tendieren.

Die folgenden Grafiken zeigen, wie ein theoretisch möglicher Transformationspfad aussehen könnte und was für ein Aufwand zur Umsetzung sich dahinter verbirgt.

Abbildung 37 beschreibt das Szenario, dass bis 2035 der Anteil an Gas und Öl sowie der kleine Anteil an Stromheizungen bis 2035 durch erneuerbare Energieträger ersetzt werden. Bei dieser ersten überschlägigen Betrachtung wurde davon ausgegangen, dass alle Kunden innerhalb der „fernwärmewürdigen“ Gebiete auch einen Fernwärmeanschluss erhalten. Theoretisch müssten dann fast alle Gaskunden an die Fernwärme angeschlossen werden und die Ölheizungen z. B. durch Wärmepumpen oder Pelletkessel ersetzt werden.¹¹ Es ist natürlich ebenso denkbar, dass ein mit Öl beheiztes Objekt einen Fernwärmeanschluss erhält und ein Gasanschluss durch eine dezentrale Versorgungslösung ersetzt wird.

¹¹ Da es darum geht die groben Größenordnungen aufzuzeigen wurde der Gasanteil der Einfachheit halber auf den Wert „0“ gesetzt und der zu erwartende vernachlässigbare Anteil an „grünem“ Gas nicht berücksichtigt.

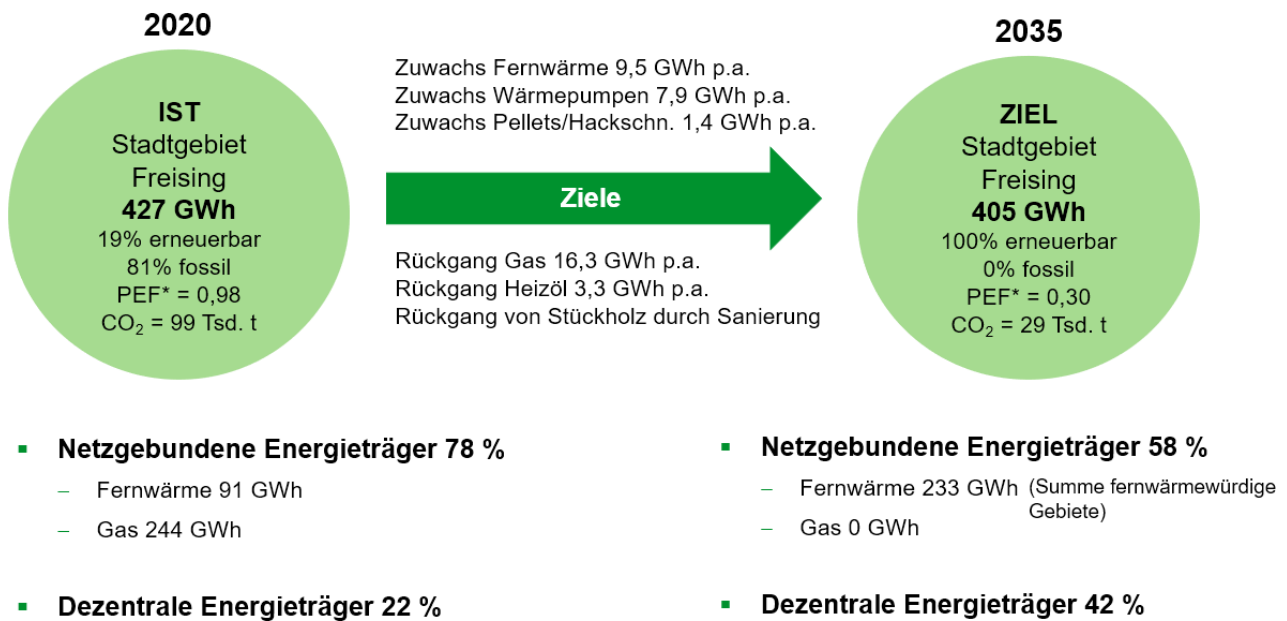


Abbildung 37: Möglicher Transformationspfad zu einer 100 % erneuerbaren Wärmeversorgung bis 2035 (Referenzszenario)

Zum einen wird ersichtlich, dass die Anzahl an „fernwärmewürdigen“ Gebieten einer Summe von 233 GWh/a in 2035 (bzw. 245 GWh/a in 2020) entspricht, aktuell jedoch Kunden mit einer Abnahmemenge von 244 GWh/a am Gasnetz hängen. Dies verdeutlicht die Bedeutung des Ausbaus dezentraler regenerativer Einzelversorgungslösungen. Der Anteil von heute 22 % an dezentralen Energieträgern müsste sich demnach bis 2035 auf 42 % erhöhen. Die **Abbildung 37** zeigt zudem insbesondere auf, welcher Aufwand sich hinter dem Ziel bis 2035 100 % erneuerbar zu sein verbirgt. Anschaulich anhand des Fernwärmezuwachses dargestellt: 9,5 GWh/a Zuwachs an Fernwärme pro Jahr bedeuten eine Anzahl von jährlich ca. 330 Fernwärmeanschlüssen. Diese Zahl ergibt sich aus der Annahme, dass der mittlere Verbrauch eines Wohngebäudes ca. 30.000 kWh/a beträgt. Dieser Verbrauch reduziert sich bis 2035 aufgrund von Sanierung auf ca. 28.650 kWh/a. Somit entspricht 1 GWh/a ca. 35 Wohngebäuden, woraus die Gesamtzahl der Anschlüsse resultiert. Jährlich eine Anzahl von 330 Fernwärmenetzanschlüssen zu realisieren wird allein auf Grund von technischen Restriktionen nicht umsetzbar sein. Es handelt sich dabei um einen unrealistischen Wert, der verdeutlicht, dass eine vollständige Umstellung aller „fernwärmewürdigen“ Kunden in den verbleibenden 14 Jahren bis zum Jahr 2035 nicht realisierbar sein wird. Zum Vergleich: Durch die Freisinger Stadtwerke werden heute pro Jahr im Schnitt zwischen 10 und 20 Hausanschlüssen (~0,5 GWh/a) realisiert.

Zudem ist davon auszugehen, dass die ermittelten regenerativen Potentiale (vgl. Kapitel 4.1.7, **Tabelle 15**) im Stadtgebiet nicht ausreichen werden, um alle als „fernwärmewürdig“ identifizierten Kunden entsprechend mit grüner Fernwärme zu versorgen, zumal die meisten EE-Potentiale wirtschaftlich nur in der Grundlast eingesetzt werden können.

Wird davon ausgegangen, dass die Umsetzung einer rein regenerativen Energieversorgung erst bis zum Zieljahr 2050 vollzogen sein wird, ergibt sich das in **Abbildung 38** dargestellte Szenario.

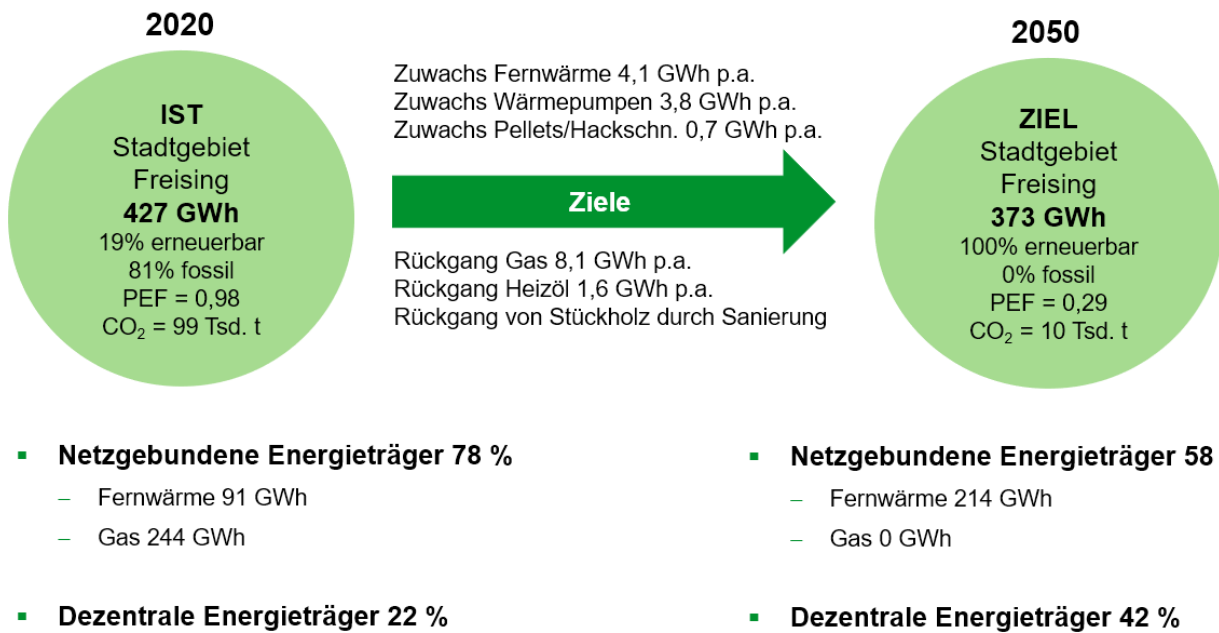


Abbildung 38: Möglicher Transformationspfad zu einer 100 % erneuerbaren Wärmeversorgung bis 2050 (Referenzszenario)

Der jährlich zu deckende Gesamtenergiebedarf hat sich bis zum Jahr 2050 durch die fortschreitenden Sanierungs- und Effizienzmaßnahmen auf 373 GWh/a reduziert. Die Zeitspanne für die Umsetzung der Fernwärmenetzanschlüsse verlängert sich bis zum Jahr 2050 auf 29 Jahre. Der jährlich notwendige Zuwachs an Fernwärmeanschlüssen und dezentralen regenerativen Einzelversorgungslösungen reduziert sich somit, beim Fernwärmezubau auf etwas mehr als 4 GWh/a. Dieser Wert entspricht der Umsetzung von ca. 160 Anschlüssen pro Jahr, vorausgesetzt der mittlere Wärmebedarf pro Wohngebäude beträgt 2050 nur noch ca. 26.500 kWh/a. Selbst die Realisierung dieser Zahl an Anschlüssen ist noch äußerst ambitioniert und erscheint technisch unrealistisch, insbesondere zu den in den vergangenen Jahren realisierten 10-20 Wärmenetzanschlüssen pro Jahr.

Bei beiden veranschaulichten Szenarien wurde für den Wärmebedarfsrückgang das Referenzszenario für das jeweilige Zieljahr betrachtet. Würde man stattdessen das Effizienzzenario für den Wärmebedarfsrückgang zu Grunde legen, sinkt der Gesamtwärmebedarf bis zum Zieljahr zwar deutlich, trotzdem wird sich die Gesamtanzahl an Fernwärmeanschlüssen voraussichtlich nicht wesentlich reduzieren, sondern lediglich der mittlere Wärmebedarf je Anschluss proportional zum Gesamtwärmebedarf.

Auch beim Effizienzzenario können die identifizierten Erneuerbaren Potentiale den prognostizierten Wärmebedarf im Wärmenetz 2050 aller Voraussicht nach - nach heutigem Stand - nicht decken. Wird also langfristig das Ziel weiterverfolgt, so viele Fernwärmekunden wie möglich zu gewinnen, müssen regenerative Energiequellen außerhalb des Stadtgebietes erschlossen werden. Alternativ bzw. parallel zum Wärmenetzausbau muss ein massiver Ausbau von dezentralen Versorgungslösungen erfolgen. Beide Strategien sind notwendig, um die Klimaschutzziele der Stadt Freising (100 % erneuerbar) zu erreichen und sind jeweils im Zusammenhang mit den Plänen für das Gasnetz umzusetzen.

Der Fokus soll im Folgenden daher in einem ersten Schritt auf die Transformationsstrategie der bestehenden netzgebundenen Wärmeversorgung gelegt werden. Die regenerativen Potentiale sollen in Bezug auf einen realisierbaren Ausbau des Wärmenetzes geprüft werden.

Fazit 100 % regenerativ bis 2035

- ➔ Gas hat mit 57 % den Hauptanteil an der (fossilen) Energieversorgung. Um bis 2035 100 % erneuerbar zu sein, müssten somit die Gaskunden an die Fernwärme, zu einer regenerativen Einzelversorgungslösung wechseln oder das Gasnetz müsste auf eine erneuerbare Alternative umgestellt werden.
- ➔ Unter heutigen Gesichtspunkten ist ein Anteil von 58 % des Gesamtwärmebedarfs der Stadt als grundsätzlich „fernwärmewürdig“ einzustufen. Demnach wären 42 % wären eher für dezentrale Einzelversorgungslösungen geeignet.
- ➔ Der Wärmebedarfsrückgang durch forcierte Sanierung ist ein entscheidender Hebel zur Minderung der CO₂-Emissionen.
- ➔ Die identifizierten erneuerbaren Potentiale werden voraussichtlich nicht ausreichen, um alle „fernwärmewürdigen“ Gebiete in Freising zu versorgen. Langfristig müssen regenerative Energiequellen außerhalb des Stadtgebietes erschlossen werden.

5.4 Erzeugervarianten

Auf Basis der zuvor identifizierten Potentiale an erneuerbaren Energien werden im Folgenden drei mögliche Erzeugervarianten vorgestellt. Dazu wurde in einem ersten Schritt aus den zur Verfügung stehenden Messdaten vom Kraftwerk Zolling eine Jahresganglinie erstellt.

Ausgehend von der Jahresganglinie der Gesamteinspeisung wurde zuerst der Anteil für den Flughafen abgezogen. Für den Flughafen standen monatliche Verbrauchswerte zur Verfügung, so dass zumindest annähernd das Abnahmeverhalten des Flughafens reproduziert werden konnte. Die Jahreswärmemenge für Freising sowie für die TU Weihenstephan sind bekannt, somit konnte die Jahresganglinie entsprechend dem Anteil Freising und TUM skaliert werden.

Die aus dem Biomassekraftwerk produzierte Gesamtwärmearbeit wurde entsprechend den Wärmeabnahmemengen gleichmäßig verteilt, so dass Freising inklusive TU Weihenstephan ein Anteil von ca. 50 % bzw. 41 GWh zugeordnet wird.

Da die konkreten Lastprofile von Flughafen, TU Weihenstephan und Freising im Einzelnen nicht bekannt sind, resultiert eine kleine aber im Rahmen der Detailgenauigkeit der Untersuchung vertretbare Unschärfe für das Erzeugerkonzept.

Auf Grundlage der angenommenen Szenarien für die Wärmebedarfsentwicklung (Referenz- und Energieeffizienz-szenario) sowie

- der von den Stadtwerken genannten Zubaurate von 2 GWh/a
- sowie einer sehr ambitionierten, eher theoretischen Zubaurate von 4 GWh/a

werden nun die in Kapitel 4.1 ermittelten regenerativen Potentiale herangezogen und anhand der zuvor erstellten Jahresganglinien der Wärmeabnahme im Stadtgebiet verschiedene Einsatz- und Kombinationsmöglichkeiten erneuerbarer Energien aufgezeigt. Daraus soll eine Transformationsstrategie der bestehenden netzgebundenen Wärmeversorgung auf eine 100 % regenerative Versorgung bis zum Jahr 2035 abgeleitet werden.

Die Reihenfolge dieser Varianten entspricht keiner Bewertung. Die Größenordnungen der einzelnen Wärmeerzeuger sind nur ein erster Orientierungswert. Es gibt selbstverständlich noch weitere Varianten und Kombinationen an erneuerbaren Energiequellen. Diese Auswahl zeigt die aus derzeitiger Sicht, die am vielversprechendsten mit den größten Potentialen auf.

Ebenso sind die Einsatzzeiten des Elektrokessels (E-Kessel) in einem detaillierten Erzeugerkonzept zu optimieren. Die Wärme aus dem E-Kessel könnte beispielsweise durch Biomasse substituiert werden. Zudem sind weitere innovative Erzeugertechnologien denkbar, die zum Zeitpunkt der Untersuchung entweder noch nicht ausgereift waren oder nur einen sehr kleinen Anteil an der Wärmeerzeugung einnehmen würden. Ähnlich verhält es sich mit regenerativen Energiequellen, die nicht Standard bei größeren Fernwärmenetzen sind. Weiterhin besteht in der Regel die Möglichkeit, die Wärmeversorgung durch Speicher zu optimieren.

Mit Hilfe der Jahresganglinien für den aktuellen und zukünftigen Wärmebedarf (Referenz- und Energieeffizienz-szenario) kann geprüft werden, ob die im Untersuchungsgebiet zur Verfügung stehenden regenerativen Potentiale ausreichen und ob die Quellen alle drei Lastbereiche (Schwachlast, Mittellast, Höchstlast) abdecken.

Zu Umsetzung der Erzeugervarianten wurde vorausgesetzt, dass die Vorlauf-Betriebstemperatur auch im Winter auf mindestens 105 °C abgesenkt werden kann.

Es folgt ein Vergleich der verschiedenen Erzeugervarianten mit Vor- und Nachteilen.

Die **Abbildung 39** zeigt in schwarz die Jahresganglinie (entspricht dem Lastverlauf [MW] übers Jahr) für Freising und die TU Weihenstephan. In rot ist eine mögliche Temperaturfahrkurve dargestellt. Die Vorlauftemperatur im Winter beträgt in diesem Fall maximal 105 °C, im Sommer liegt diese bei 85 °C. Die Grundlast wird in dieser Variante durch die Tiefengeothermie gedeckt. Als Mittellasterzeuger wird die Biomasse aus Zolling eingesetzt, welche derzeit allerdings aufgrund der günstigen Konditionen durch die Altholz-Verbrennung als Grundlasterzeuger gesetzt ist. Die Spitzenlast wird durch erneuerbaren Strom zur Verfügung gestellt.

Die Voraussetzung zur Umsetzung dieser Erzeugervariante ist eine Geothermiequelle mit hinreichendem Wärmepotential. In einer Machbarkeitsstudie wäre dies zu überprüfen, ein geeigneter Standort muss gefunden werden und durch eine Probebohrung das Wärmepotential nachgewiesen werden.

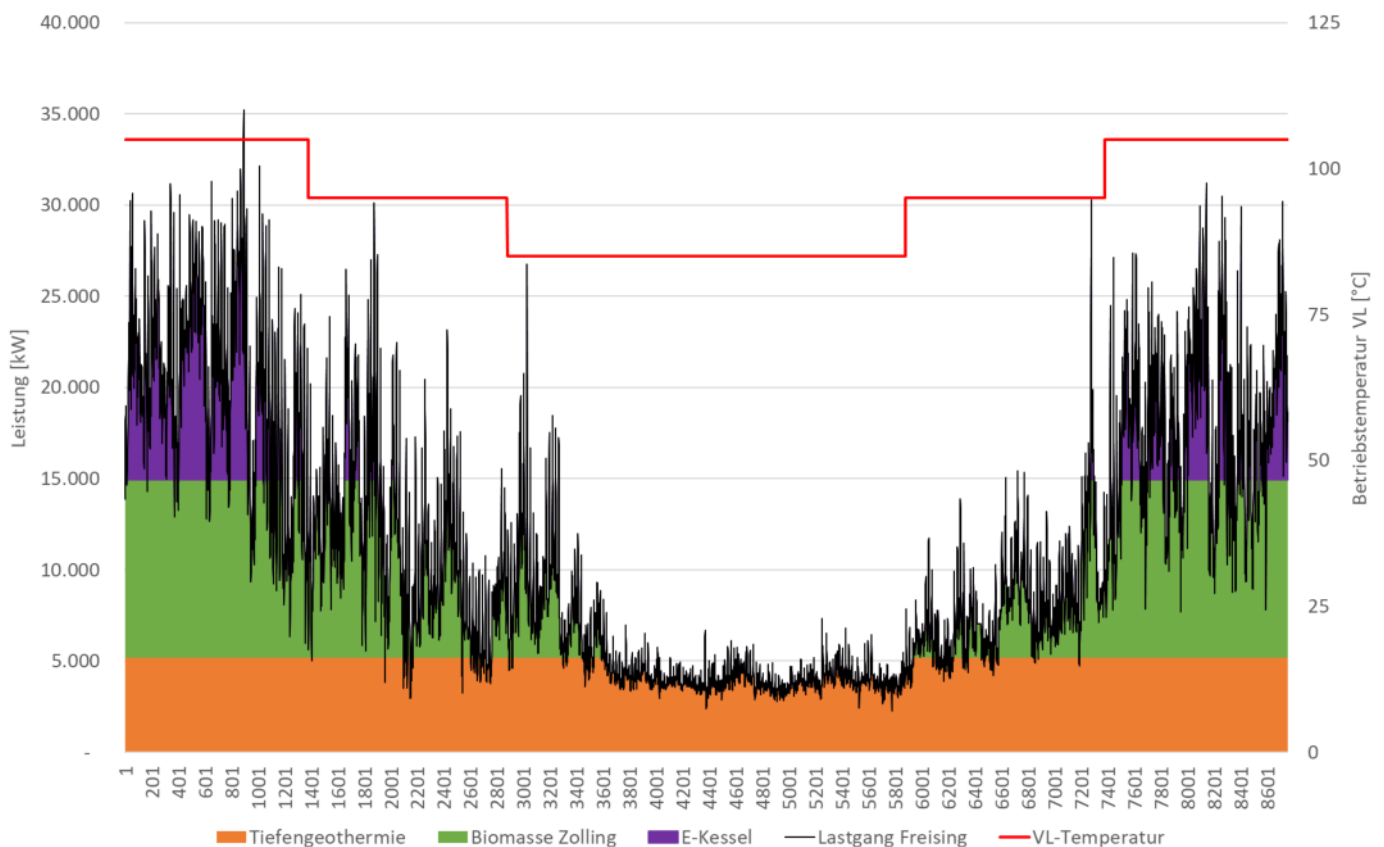


Abbildung 39: Erzeugervariante Biomasse + Geothermie Fernwärmelast Status Quo

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Tiefengeothermie 42,5 GWh/a 5,2 MW
- Biomasse Zolling 39,1 GWh/a 9,7 MW
- E-Kessel 13,9 GWh/a 20,3 MW

In der **Abbildung 40** wird die Grundlast durch die Biomasseeinspeisung aus Zolling gedeckt. Die Einspeisung für die Mittellast soll über die Abwärme von Texas Instruments erfolgen. Die Spitzenlast wird auch hier über einen E-Kessel zur Verfügung gestellt.

In dieser Erzeugervariante ist das Abwärmepotential von zentraler Bedeutung, daher sollte Umgehend mit Texas Instruments und der Firma Bertrand Kontakt aufgenommen und die Möglichkeiten einer technischen Umsetzung zur Abwärmenutzung geprüft werden. Gleichzeitig beinhaltet das Abwasser ein gewisses Wärmepotential, wenn auch in deutlich geringerem Umfang. Auch hier müssten im nächsten Schritt detailliertere Untersuchungen zur Nutzbarkeit der Abwärme durchgeführt werden, sowie ein Standort für die Wärmepumpe und Anlagentechnik festgelegt werden. Ergänzend dazu sollte das in Kapitel 4.1.3 ermittelte weiterhin verfügbare Biomassepotential plausibilisiert werden und geprüft, ob die vorhandene Biomasseanlage noch Kapazitäten besitzt oder wo ggf. eine neue Anlage errichtet werden könnte.

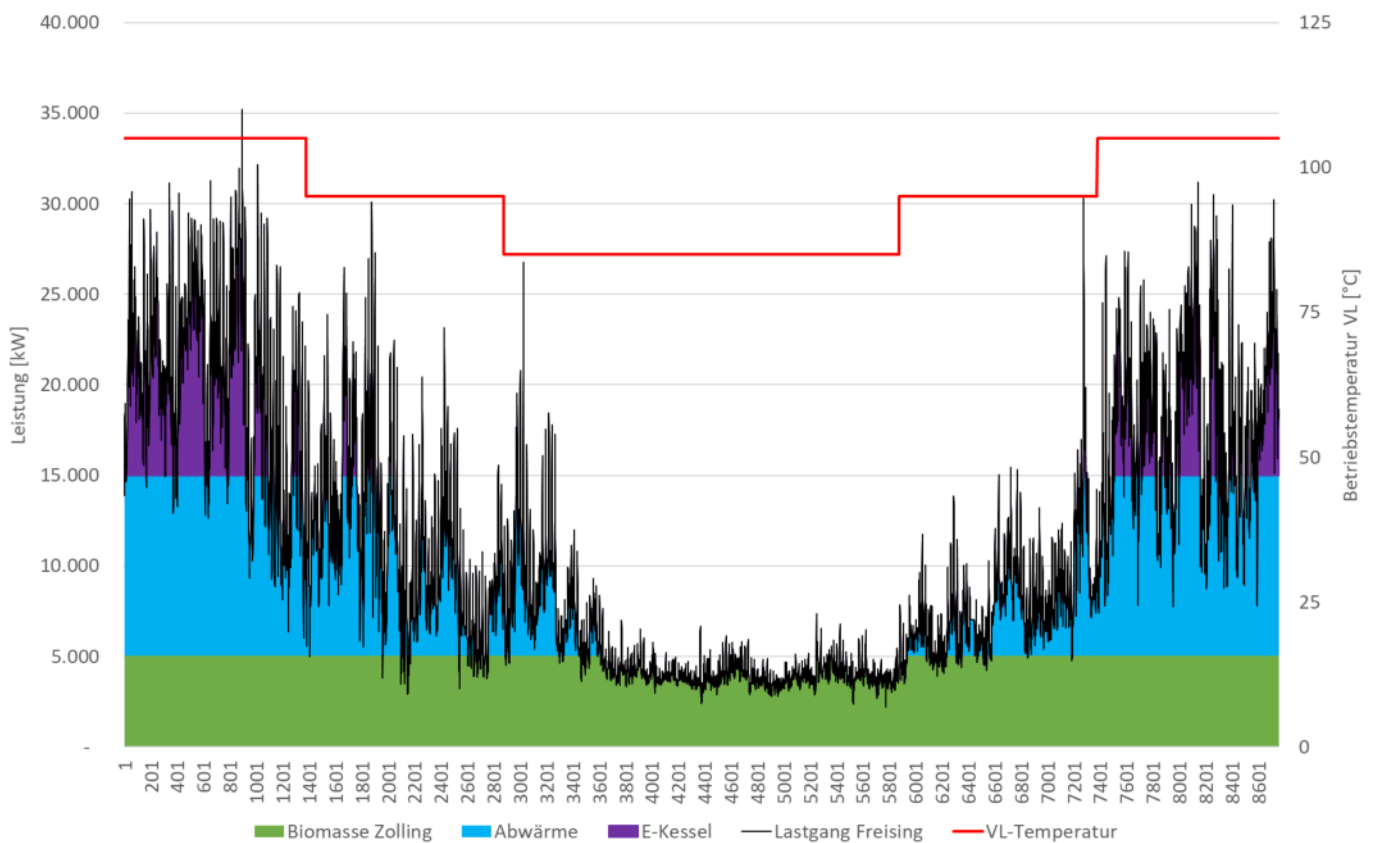


Abbildung 40: Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Fernwärmelast Status Quo

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Biomasse Zolling 41,5 GWh/a 5,0 MW
- Abwärme 40,3 GWh/a 10,0 MW
- E-Kessel 13,7 GWh/a 20,2 MW

Bei der dritten Erzeugervariante (siehe **Abbildung 41**) wird die Biomasse in der Grundlast in den Sommermonaten durch solarthermische Einspeisung unterbrochen. Somit steht in der Übergangszeit und in den Wintermonaten mehr Biomassepotential zur Verfügung. Die Abwärme kommt wiederum in der Mittellast zum Einsatz. Der E-Kessel dient zur Spitzenlastzeugung. Ergänzend zu den Vorkehrungen, die für Erzeugervariante 2 getroffen werden müssen, muss bei dieser Variante eine Freifläche zur solarthermischen Nutzung vorzugsweise in Kombination mit einem Wärmespeicher gefunden und reserviert werden.

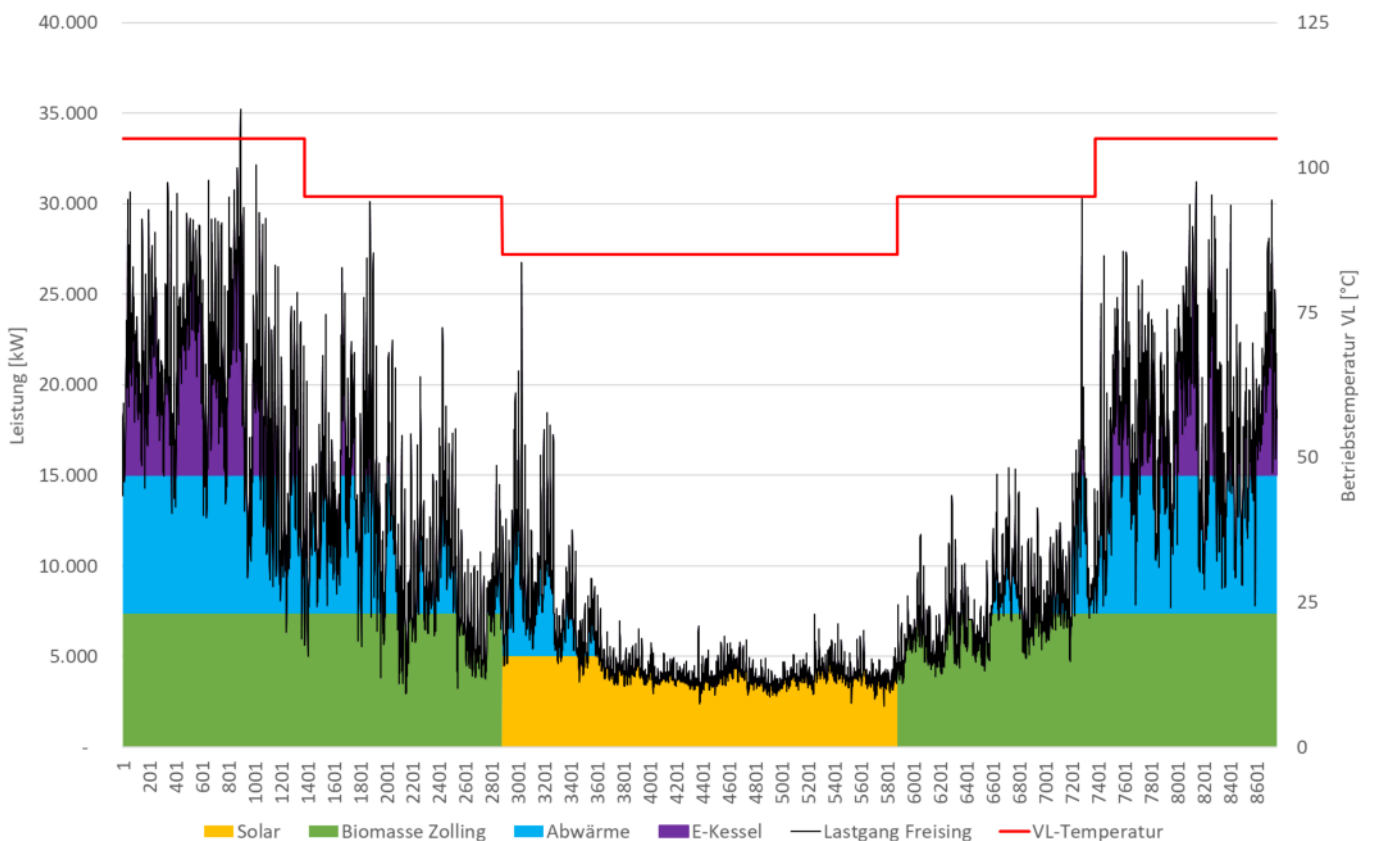


Abbildung 41: Erzeugervariante Biomasse + Solar + Abwärme Fernwärmelast Status Quo

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Biomasse Zolling 40,7 GWh/a 7,3 MW
- Solarthermie 12,6 GWh/a 5,0 MW
- Abwärme 28,4 GWh/a 7,7 MW
- E-Kessel 13,8 GWh/a 20,2 MW

Das Fazit aus dem Erzeugerkonzept für die aktuelle Freisinger Fernwärmelast ist, dass die im Stadtgebiet vorhandenen erneuerbaren Energiepotentiale nicht nur ausreichend sind, sondern sogar gewisse Flexibilität bei der Auswahl der Energiequellen bieten. Zur ökonomischen Bewertung der Erzeugervarianten wäre ein Vergleich, der in einem ersten Schritt grob ermittelten Wärmegestehungskosten zu empfehlen, um im Anschluss konkretere Maßnahmen bis hin zur Vorplanung einleiten zu können.

5.4.1 Referenzszenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs

Die zukünftige Wärmeversorgung lässt sich verständlicherweise nicht exakt prognostizieren, da sie von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängig ist. Eine entscheidende Rolle spielt die Wärmebedarfsentwicklung:

- ⇒ Wie entwickeln sich die Sanierungsraten und die Sanierungstiefe?
- ⇒ Entspricht der zukünftige Wärmebedarf eher dem Referenzszenario oder dem Energieeffizienzscenario?

Bei der Betrachtung der Erzeugervarianten wird von einem Zuwachs des Fernwärmenetzes ausgegangen, auch dieser hängt wiederum von verschiedenen Faktoren ab:

- ⇒ Was ist technisch umsetzbar?
- ⇒ Was ist durch den Vertrieb realisierbar (Anschlussquote)?
- ⇒ Was kann durch gesetzliche Rahmenbedingungen erreicht werden (z. B. Anschluss- und Benutzungszwang)?
- ⇒ Inwiefern ist die Konkurrenz zum Gasnetz zu berücksichtigen?

Des Weiteren muss ausreichend erneuerbares Potential verfügbar sein. Das Bestandsnetz muss freie Kapazitäten für die Verdichtung und den Netzausbau besitzen, insbesondere im Hinblick auf eine Absenkung der Vorlaufemperatur. Prinzipiell muss die Zielnetztemperatur sowohl die Transportkapazität gewährleisten als auch die Einspeisung von erneuerbaren Energiequellen mit niedrigeren Temperaturen ermöglichen. Letztendlich ist entscheidend, ob sich die Transformation unter Berücksichtigung aller Fördermittel wirtschaftlich darstellen lässt, ohne dass die Fernwärmepreise eklatant steigen.

Im Folgenden wurde mit 2 GWh pro Jahr bis 2035 von einem moderaten Anstieg des Fernwärmezuwachses ausgegangen. Dadurch steigt die Fernwärmemenge im Referenzszenario nennenswert um ca. 23,0 GWh/a an. Die Erzeugung wird im Vergleich zu den vorherigen Varianten durch eine neue Biomasseanlage und der Abwärme aus Abwasser ergänzt.

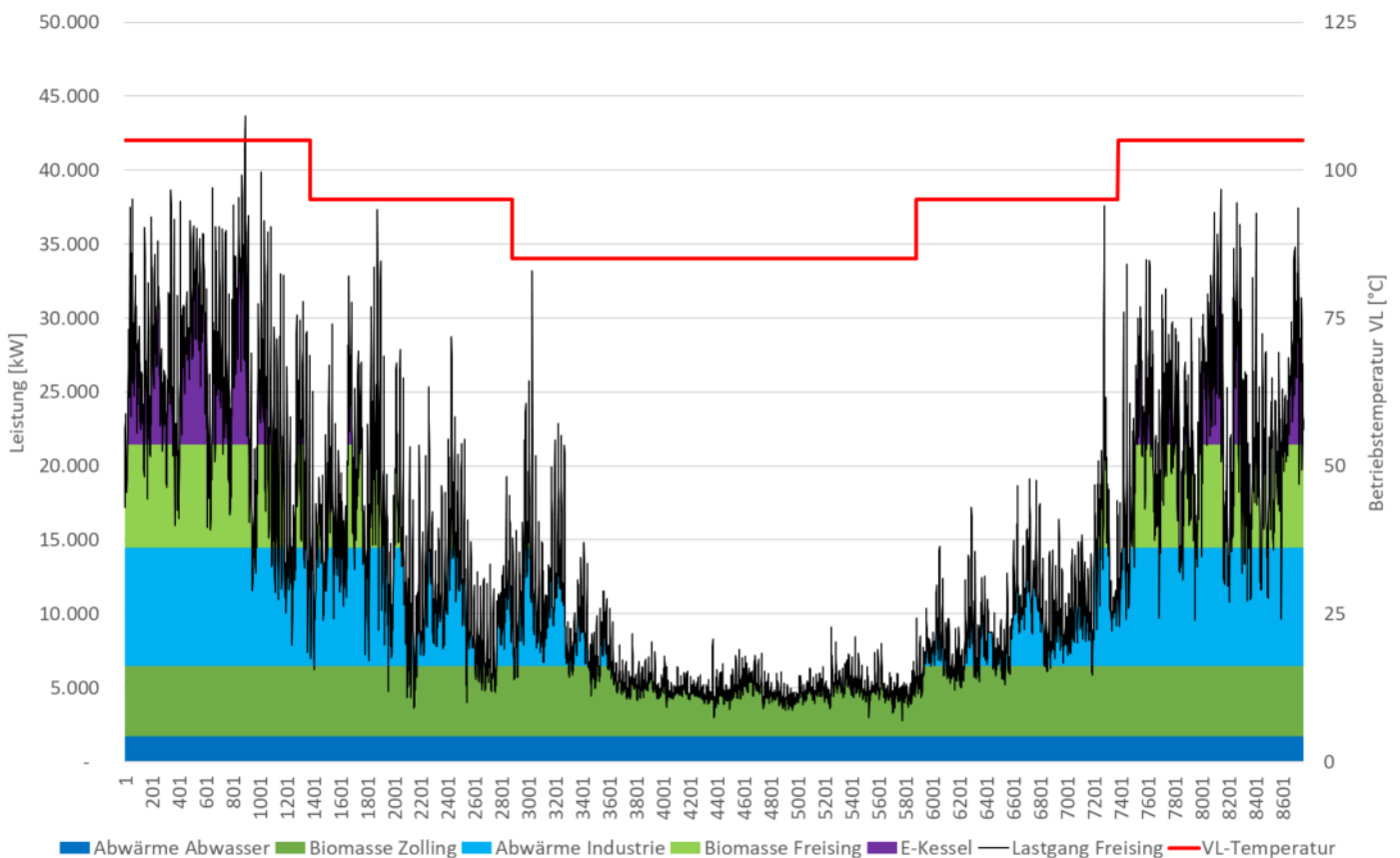


Abbildung 42: Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Referenzszenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Abwärme Abwasser 14,9 GWh/a 1,7 MW
- Biomasse Zolling 40,9 GWh/a 4,8 MW
- Abwärme Industrie 37,0 GWh/a 8,0 MW
- Biomasse Freising 18,0 GWh/a 7,0 MW
- E-Kessel 10,8 GWh/a 22,2 MW

5.4.2 Effizienzscenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs

Im Energieeffizienzscenario kompensiert sich der Wärmerückgang durch Sanierung weitestgehend mit dem Fernwärmezuwachs, so dass lediglich ein Anstieg um ca. 8,6 GWh/a zu beobachten ist. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde der Erzeugerpark analog zum Referenzscenario betrachtet.

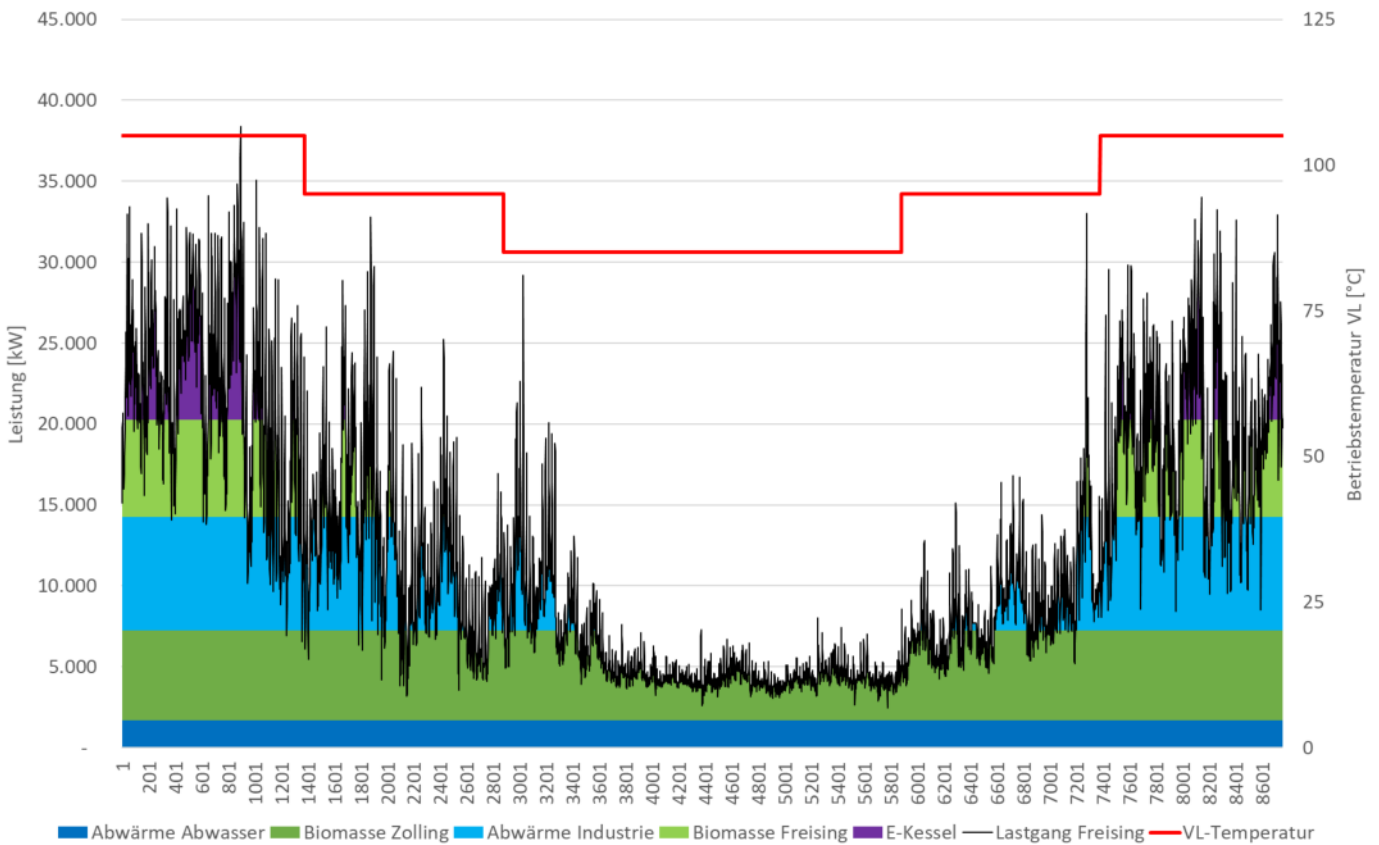


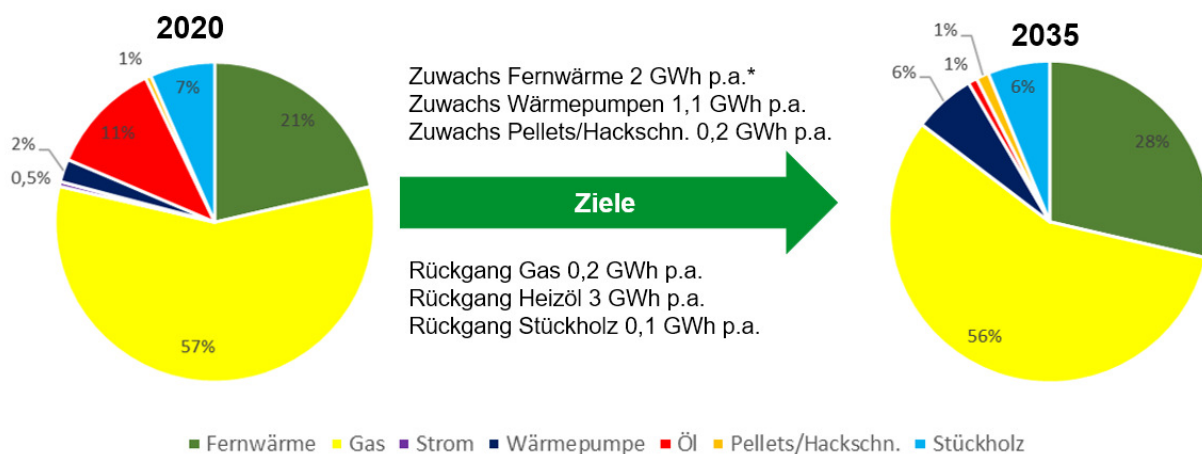
Abbildung 43: Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Energieeffizienzscenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Abwärme Abwasser 14,9 GWh/a 1,7 MW
- Biomasse Zolling 40,9 GWh/a 5,6 MW
- Abwärme Industrie 28,1 GWh/a 7,0 MW
- Biomasse Freising 13,4 GWh/a 6,0 MW
- E-Kessel 7,0 GWh/a 18,1 MW

Es zeigt sich, dass im Stadtgebiet genügend erneuerbare Potentiale vorhanden sind, um einen moderaten Fernwärmeausbau von 2 GWh/a bis 2035 voranzutreiben. Dafür kämen sogar verschiedene Erzeugervarianten und Kombinationsmöglichkeiten Erneuerbarer Energien in Frage. Es ergeben sich wiederum Flexibilitäten bei der Auswahl der Wärmequellen, da die Summe aller erneuerbaren Potentiale größer ist als der zukünftig prognostizierte Fernwärmebedarf. Wird der Fokus zusätzlich auf die Sanierung der Gebäude gelegt (Energieeffizienzscenario), so senkt das den Wärmebedarf (bzw. die Anforderung an erneuerbaren Potentialen) beachtlich.

Eine andere Darstellung der zukünftigen Wärmeentwicklung der Stadt Freising auf Basis statistischer Daten, ebenfalls für das Referenzscenario, zeigt auf wie sich der Energieträgermix entwickeln würde, wenn wiederum von einem realistischen aber moderaten Fernwärmezuwachs von jährlich 2 GWh/a ausgegangen wird (vgl. **Abbildung 44**). Die Entwicklung der anderen Energieträger orientiert sich an Statistiken aus den letzten 10 Jahren. 2035 wäre somit erst ein Fernwärmeanteil von 28 % an der gesamten Wärmeversorgung erreicht (das ermittelte „fernwärmewürdige“ Potential liegt bei ca. 58 %). Der Gasanteil bleibt nahezu gleich. Durch den Rückgang von Ölheizungen und einer 100 % erneuerbaren Fernwärmeerzeugung steigt immerhin der erneuerbare Anteil auf insgesamt 43 %.



▪ **Netzgebundene Energieträger 78 %**

- Fernwärme 21 % (43 % erneuerbar)
- Gas 57 %

▪ **Dezentrale Energieträger 22 %**

▪ **19 % erneuerbar / 81 % fossil**

* Realistische Einschätzung der Stadtwerke

▪ **Netzgebundene Energieträger 84 %**

- Fernwärme 28 % (100 % erneuerbar)
- Gas 56 %

▪ **Dezentrale Energieträger 16 %**

▪ **43 % erneuerbar / 57 % fossil**

Abbildung 44: Wärmeentwicklung auf Basis statistischer Daten (Referenzscenario)

Für das Energieeffizienzscenario ergibt sich von den Anteilen her (fossil/regenerativ) das gleiche Bild, nur der Gesamtwärmebedarf wäre insgesamt geringer.

5.4.3 Referenzszenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs

Wird im Vergleich dazu von einem ambitionierten Fernwärmezuwachs von jährlich 4 GWh/a ausgegangen, steigt die Fernwärmemenge im Referenzszenario bis 2035 um 51,3 GWh/a an. Der Erzeugermix setzt sich wie in **Abbildung 45** dargestellt zusammen. Die Abwärmemenge bzw. auch die Leistung der Wärmepumpen wurde nochmals um 2 MW erhöht genauso wie die Leistung der neuen Biomasse Freising. Nach ersten Schätzungen sind die Abwärmepotentiale in Kombination mit der Biomasse weiterhin ausreichend den Fernwärmezuwachs abzufangen. Als zusätzliche erneuerbare Potentiale wäre zudem noch die BHKW-Abwärme der Firma Bertrandt eine Option, wie auch die Erschließung einer geothermischen Quelle.

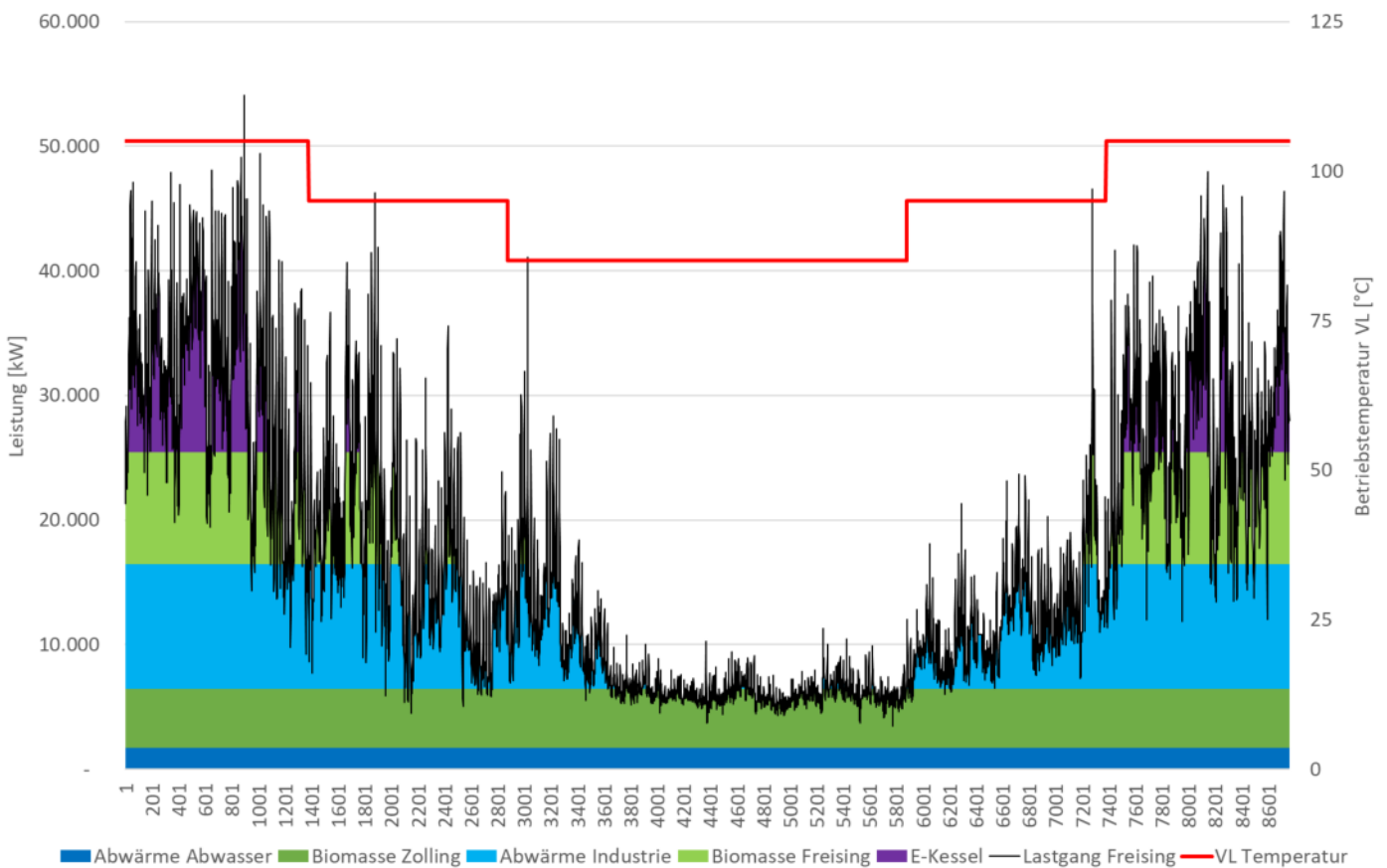


Abbildung 45: Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Referenzszenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Abwärme Abwasser 14,9 GWh/a 1,7 MW
- Biomasse Zolling 40,9 GWh/a 4,8 MW
- Abwärme Industrie 50,9 GWh/a 10,0 MW
- Biomasse Freising 25,0 GWh/a 9,0 MW
- E-Kessel 15,6 GWh/a 28,6 MW

5.4.4 Effizienzscenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs

Im Energieeffizienzscenario ist der Fernwärmezuwachs bis 2035 mit 33,5 GWh/a etwas moderater, dafür muss mehr Aufwand in die Sanierungsmaßnahmen gesteckt werden.

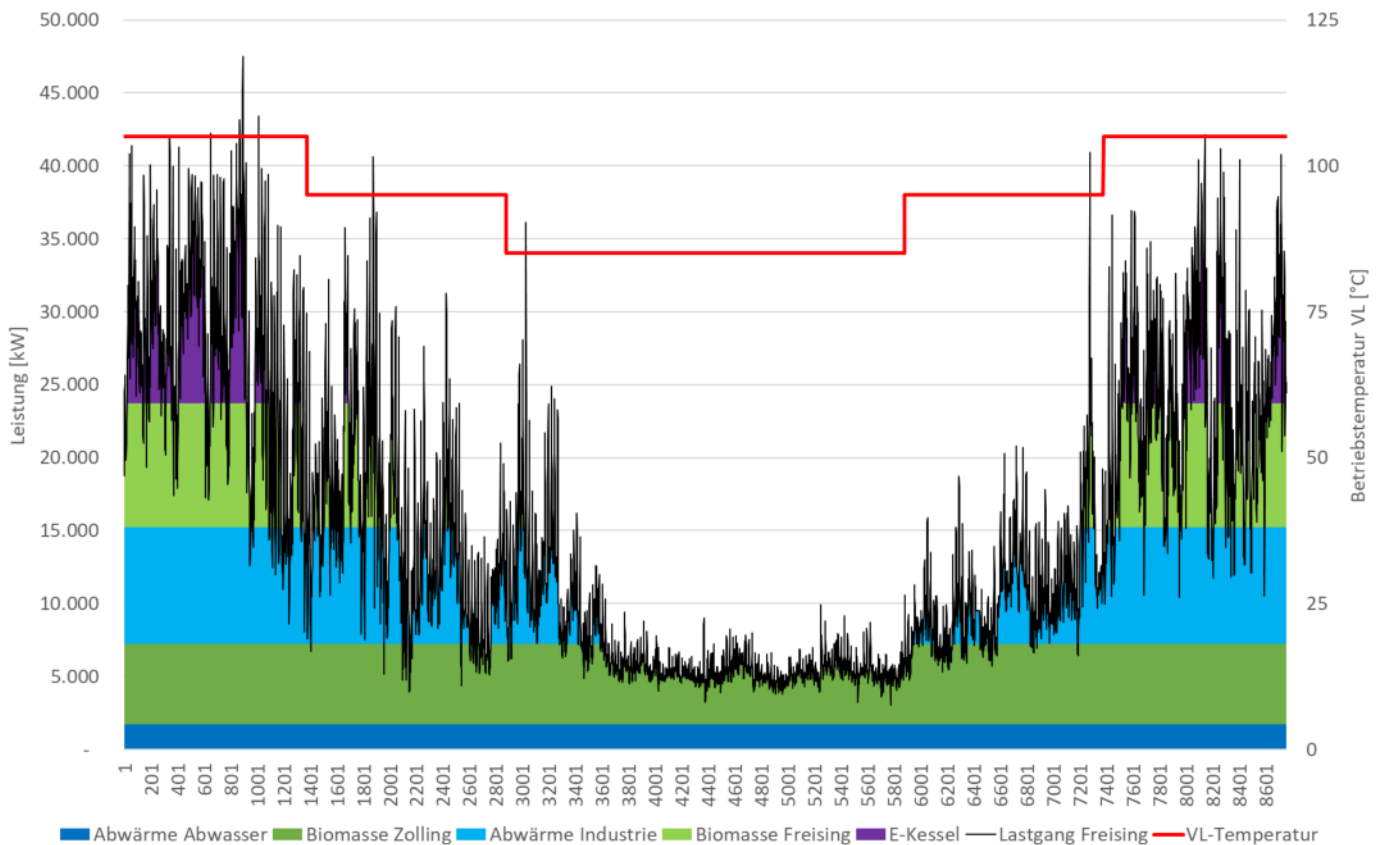
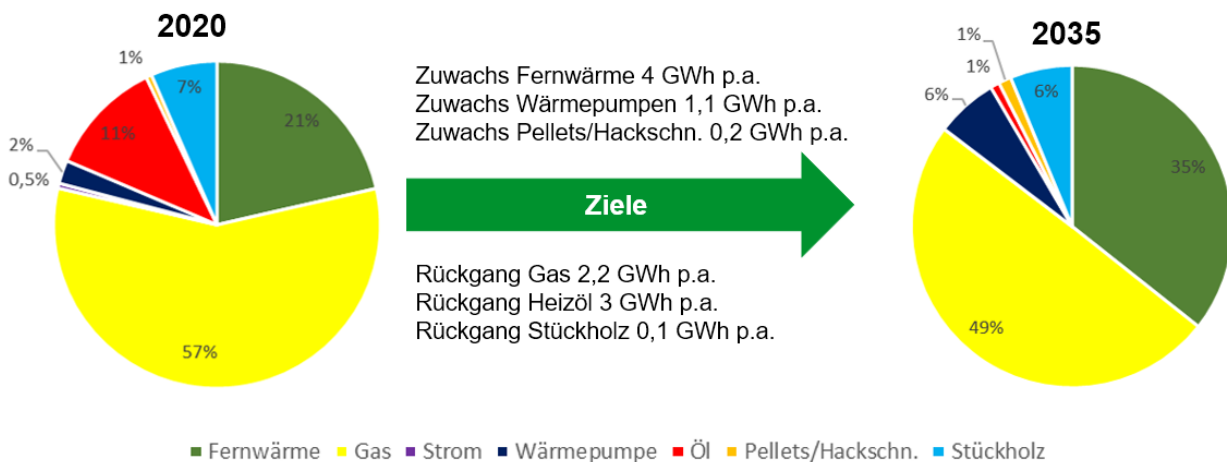


Abbildung 46: Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Effizienzscenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs

Die Wärmeeinspeisung teilt sich folgendermaßen auf:

- Abwärme Abwasser 14,9 GWh/a 1,7 MW
- Biomasse Zolling 40,9 GWh/a 5,6 MW
- Abwärme Industrie 37,2 GWh/a 8,0 MW
- Biomasse Freising 21,9 GWh/a 8,5 MW
- E-Kessel 11,0 GWh/a 23,8 MW

Insgesamt zeigt sich, dass die erneuerbaren Potentiale selbst bei einem ambitionierten Fernwärmeausbau ausreichen und es voraussichtlich sogar verschiedene Optionen (Biomasse in Kombination mit Abwärme oder Geothermie, ggf. mit einem Anteil Solarthermie) für eine regenerative Energieversorgung bis zum Jahr 2035 gibt.



- **Netzgebundene Energieträger 78 %**
 - Fernwärme 21 % (43 % erneuerbar)
 - Gas 57 %
 - **Dezentrale Energieträger 22 %**
 - **19 % erneuerbar / 81 % fossil**
- **Netzgebundene Energieträger 85 %**
 - Fernwärme 35 % (100 % erneuerbar)
 - Gas 49 %
 - **Dezentrale Energieträger 15 %**
 - **50 % erneuerbar / 50 % fossil**

Abbildung 47: Wärmeentwicklung auf Basis statistischer Daten und ambitioniertem Fernwärmezuwachs (Referenzszenario)

Die **Abbildung 47** zeigt das gleiche Szenario für eine sehr ambitionierte eher theoretische Betrachtung der Fernwärmeentwicklung. Es wird von einem Zuwachs von 4 GWh/a pro Jahr ausgegangen. Der Zuwachs an Fernwärme ist hierbei gleichbedeutend mit einem Rückgang im Gasnetz von jährlich 2,2 GWh/a. Die Entwicklung der weiteren Energieträger orientiert sich wiederum an Statistiken aus den letzten 10 Jahren. Das führt schließlich zu einer kleinen aber nicht entscheidenden Verbesserung im Hinblick auf eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Der Fernwärmeanteil ist auf 35 % gestiegen und der Gasanteil auf 49 % gesunken. Daraus resultiert ein erneuerbarer Anteil von 50 %.

Für das Energieeffizienzzenario ergibt – wie zuvor – von den Anteilen her (fossil/regenerativ) das gleiche Bild, nur der Gesamtwärmebedarf wäre insgesamt geringer.

5.5 Identifikation von Netzeinspeisepunkten/Anlagenstandorten

Die Auswahl von geeigneten Anlagenstandorten bzw. Netzeinspeisepunkten hängt von mehreren Faktoren ab. Zum einen ist die Lage der Energiequelle entscheidend, die Heizzentrale wird i. d. R. dort errichtet, wo sich die Energiequelle befindet. Das trifft insbesondere auf die Abwärmequellen (4) und (5) als auch auf (1) zu (**Abbildung 48**). Wobei man bei der Abwasser-Wärmepumpe etwas flexibler ist, sie kann entweder direkt bei der Kläranlage eingebunden werden oder an einer geeigneten Stelle (vgl. Anforderungen Kapitel 5.1.1.7) entlang des Abwasserkanals.

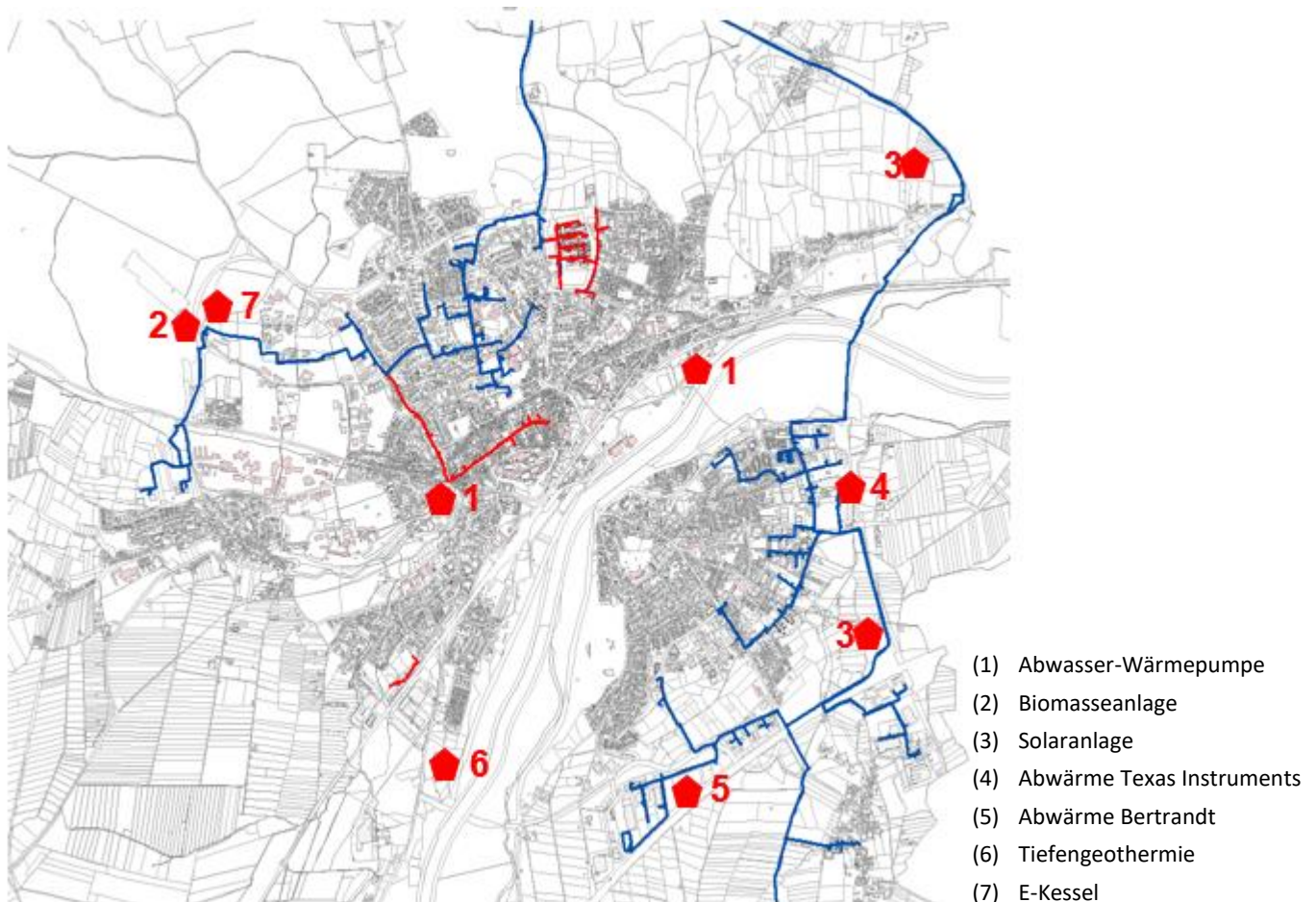


Abbildung 48: Übersicht möglicher Anlagenstandorte

Ein zweites Kriterium zur Errichtung eines Anlagenstandorts ist die Platzverfügbarkeit: ist der Platz ausreichend, ist das Grundstück käuflich, passt das in die städtebaulichen Planungen, usw. Insbesondere im Innenstadtbereich ist es schwierig geeignete Erzeugerstandorte zu finden.

Bei der Tiefengeothermie (6) ist ein geeigneter Bohrstandort¹² u. a. abhängig von den geologischen Gegebenheiten. Dennoch besteht auch hier eine gewisse Flexibilität, ähnlich wie bei den Freiflächen-Solaranlagen (3). Hier wurden an Hand der Studie zum Potential für Photovoltaik-Freiflächenanlagen große Flächen (mehrere Hektar) identifiziert, die grundsätzlich auch für solarthermische Anlagen in Frage kommen und welche sich zudem in der Nähe des Bestandsnetzes befinden, damit sich die Investitionskosten für die Anbindungsleitungen im Rahmen halten.

Doch grundsätzlich ist die Netzhydraulik das ausschlaggebende Kriterium. Schließlich muss die Wärme von der Energiequelle zum Kunden transportiert werden. Die Kapazitätsanalyse hat ergeben, dass die Nennweiten der Transportschiene ausreichend dimensioniert sind, so dass unter hydraulischen Gesichtspunkten Einspeiser überall entlang dieser Transportschiene platziert werden können.

¹²gemäß Geothermiestudie (2008)

Eine hydraulische Entlastung des Bestandsnetzes wird dadurch herbeigeführt, wenn insbesondere Spitzenlastzeuger möglichst nah am Stadtgebiet (Lastschwerpunkt) platziert werden.

Der Stadt Freising wird angeraten, die möglichen Erzeugerstandorte in Rücksprache mit den Freisinger Stadtwerken zu prüfen und über den Flächennutzungsplan zu sichern.

5.6 Akteursbeteiligung

Im Rahmen der Erstellung der Studie wurden Zwischenergebnisse in zwei Sitzungen des städtischen Energie- und Klimabeirats vorgestellt und diskutiert. Zum zweiten Vorstellungstermin waren Experten aus dem Bereich Wärmenetze von der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf sowie der Technischen Universität München bzw. dem Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. in Garching hinzugeladen. Zudem wurde ein gemeinsames Treffen aller Anlagen- und Netzbetreiber im Stadtgebiet organisiert, um den Austausch der verschiedenen Akteure zu forcieren. Dabei wurden die Ziele der Stadt verdeutlicht, die Ergebnisse der Studie vorgestellt, sowie die perspektivischen Entwicklungsziele der einzelnen Anlagen- und Netzbetreiber abgefragt und im Sinne der Zielerreichung der Stadt Freising diskutiert. Die Anmerkungen aus beiden Beratungsgremien wurden in die Studie entsprechend integriert.

5.6.1 Einbindung des Energie- und Klimabeirats

In der ersten Sitzung des Energie- und Klimabeirats wurden die Ergebnisse der Bestandsaufnahme vorgestellt mit der Erkenntnis, dass der aktuell bestehende Anteil an regenerativer Energie im Wärmenetz insbesondere durch den Einsatz von Biomasse am Standort Zolling zustande kommt. Dabei entspricht die Bilanzgrenze demnach nicht der Betrachtungsweise des Klimaschutzkonzeptes, dessen Betrachtungsgrenze am Stadtrand endet. Außerdem wurde ersichtlich, dass dezentrale, nicht-netzgebundene Potentiale an Erneuerbaren Energien entscheidend sind und mitberücksichtigt werden sollten, da der zum Erreichen der Klimaschutzziele erforderliche Zuwachs an Fernwärmeneuanschlüssen bis 2035 bzw. 2050 nicht realisierbar ist. Das heißt, eine vollständige Umstellung aller Gaskunden (57 % des Wärmebedarfs) ist aus technischen Gründen nicht möglich. Daher müssen gleichzeitig die Sanierungsmaßnahmen verstärkt werden, damit insgesamt ein geringerer Einsatz von Erneuerbaren Energien erforderlich wird und die CO₂-Emissionen weiter reduziert werden. Es wurden die zwei unterschiedlichen Szenarien in Bezug auf die Entwicklung des Wärmebedarfs berücksichtigt: Referenzszenario (höherer Einsatz EE erforderlich) und Effizienzszenario (verstärkte Sanierungsmaßnahmen, geringerer Einsatz EE erforderlich)

Es hat sich außerdem nach Durchführen der Potentialanalyse gezeigt, dass die identifizierten erneuerbaren Potentiale den zukünftigen Wärmebedarf in den „fernwärmewürdigen“ Gebieten nicht vollständig decken können. Weiterhin besteht das Problem, dass die meisten Erneuerbaren Energien in der Grundlast in Konkurrenz zueinander stehen. Zudem kam aus dem Energiebeirat die Anregung, dass die Möglichkeit des Einsatzes von dezentralen Wärmepumpen zur Senkung der Netztemperatur im Rahmen der Studie ebenfalls Berücksichtigung finden sollte.

In der zweiten Energiebeiratssitzung wurde nochmal ein Überblick über den Gesamtwärmebedarf der Stadt Freising gegeben, welcher zu 18 % aus Erneuerbaren Energien gedeckt wird. Die Fernwärme hat einen Anteil von 21 % an der Wärmeversorgung. Es wurde verdeutlicht, dass der Fokus der Studie auf der Entwicklung einer Transformationsstrategie der bestehenden Wärmeversorgung liegt und einen Ausblick auf einen realisierbaren Ausbau des Wärmenetzes gibt.

Dem Energiebeirat wurde mitgeteilt, dass die größten Potentiale für die Transformation des bestehenden Netzes in der Nutzung industrieller Abwärme gesehen werden. Auch der Einsatz weiterer Energiequellen wie z. B. Abwasser, Tiefengeothermie, Biomasse und Solar bietet Potential. Es wurde darüber informiert, dass in Bezug auf die

Netzlast das Gebiet der Stadt inklusive des Campus Weihenstephan berücksichtigt wurde. Der Flughafen München wurde ausgeklammert, da die Stadt nur geringen Einfluss auf die Entwicklungen am Flughafen hat.

Der Energiebeirat wurde über den Termin mit den zuständigen Anlagen- und Netzbetreiber und den daraus resultierenden Erkenntnissen informiert. So plant z. B. Onyx Power die Errichtung von Gas-BHKWs als Ersatz für die Steinkohle am Standort Zolling, was den Klimaschutzzielen der Stadt Freising widerspricht. Aus wirtschaftlicher Sicht und vor dem Hintergrund der aktuellen Förderlandschaft ist diese Entscheidung grundsätzlich nachvollziehbar.

Im Anschluss an den Termin mit dem Energiebeirat wurde anhand der Erkenntnisse aus der Studie und den Diskussionspunkten und Anregungen aus den Energiebeiratssitzungen ein Maßnahmenkatalog mit kurzfristigen und langfristigen Handlungsoptionen zur Transformation der bestehenden Wärmeversorgung auf Erneuerbare Energien erarbeitet.

Mit Zustimmung des Energiebeirates wurde entschieden, die Nutzung der Grundwasserabwärme mittels Wärmepumpe bei Texas Instruments als eines der Schwerpunktprojekte näher zu betrachten. Die Auswahl für das Schwerpunktprojekt 2 war zu diesem Zeitpunkt noch offen.

Aus dem Gremium wurden folgende Fragen und Anregungen zur Diskussion gestellt:

- *Woher kommt der Strom für die Spitzenlast E-Kessel?* In der Studie wurde in erster Linie die Wärmeseite betrachtet. Gesamtanalytische Betrachtungen gehen allerdings davon aus, dass ab 2040 voraussichtlich genügend erneuerbarer Strom verfügbar ist, um auch Lastspitzen im Wärmebereich abzudecken. Biomasse wäre eine mögliche Alternative zum Strom, lässt sich bei sehr wenigen Betriebsstunden aber wirtschaftlich schwierig darstellen. Heute werden die Spitzenlasten i. d. R. mit Öl oder Gas aufgefangen. Mit grünem Gas befeuerte Kessel erscheinen eher unrealistisch für den Einsatz im Spitzenlastbereich und wären vielmehr als Redundanz zu sehen.
- Eine Absenkung der Netztemperaturen wirkt sich grundsätzlich positiv auf die Langlebigkeit der Leitungen aus. Die technische Nutzungsdauer wird dadurch verlängert.
- Einzelne (Prozess-)Wärmekunden benötigen, aller Voraussicht nach, die aktuell vorhandenen hohen Vorlauftemperaturen. Diese Kunden müssten identifiziert werden und eine alternative Versorgungslösung gefunden werden (ggf. Nachheizung). Eine Umstellung von Hochtemperaturnetzen auf niedrigere Vorlauftemperaturen ist prinzipiell möglich (siehe z. B. Dampfnetzumstellungen in München, Ulm oder Würzburg). Aus energetischer Sicht ist es sinnvoll und wichtig, die Vor- und Rücklauftemperaturen soweit wie möglich abzusenken, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz Erneuerbarer Energien.
- Die Rolle des Flughafens München sollte nicht komplett außen vorgelassen und eine Zusammenarbeit mit dem Flughafen in Betracht gezogen werden. Auch der Flughafen hat sich Klimaschutzziele gesetzt. es sollte geprüft werden, inwieweit man in diese Richtung gemeinsame Schritte unternehmen kann.
- Eine Geothermiestudie ist vorhanden, diese ist jedoch bereits 13 Jahre alt. Es lohnt sich aus heutiger Sicht, diesen Bereich trotz der geringen prognostizierten Temperaturen nochmal genauer zu betrachten. Die Temperaturskopplung über die Tiefengeothermie liegt voraussichtlich lediglich bei 50 bis 70 °C. Das Temperaturniveau müsste daher mittels einer Wärmepumpe angehoben werden. In manchen Gegenden wird die Tiefengeothermie als bedenklich in Bezug auf mögliche Erdbewegungen angesehen. Im Münchner Raum ist dies von der Bodenbeschaffenheit und der Art der Geothermienutzung i. d. R. nicht der Fall.
- Ein Wärmenetzausbau ist weiterhin als zielführend anzusehen, selbst wenn das Ziel bis 2035 100 % regenerativ nicht erreicht werden können (u. a. wegen der Gas-BHKWs in Zolling). Die Möglichkeit eines weiteren Fernwärmeausbaus sollte daher perspektivisch nochmal intensiver betrachtet werden, vor allem da die KWK-Wärmeerzeugung deutlich effizienter ist als Einzelversorgungslösungen mit Gas. Perspektivisch

wird das Wärmenetz „grün“ werden müssen. Doch es wird voraussichtlich nicht ausreichend „grünes“ Gas für eine Weiternutzung der bestehenden Gasinfrastruktur zur Verfügung stehen.

- Das energetische Potential im Bereich von Paludikulturen sollte perspektivisch bei der Biomasse mitberücksichtigt werden.

5.6.2 Treffen der Anlagen- und Netzbetreiber

Im Rahmen dieser Studie hat zum ersten Mal ein gemeinsames Treffen aller Anlagen- und Netzbetreiber stattgefunden, welche zum Auftakt des Termins kurz ihre zukünftigen Strategien vorgestellt haben.

5.6.2.1 Freisinger Stadtwerke

Die Freisinger Stadtwerke legen ihren Fokus auf die Akquise von weiteren Fernwärmekunden und streben zukünftig einen höheren erneuerbaren Anteil bei der Wärmeversorgung an. Dabei sollen möglichst viele Gaskunden zur Fernwärme wechseln. Gemeinsam mit dem Kraftwerk Zolling ist ihr Ziel, die Klärschlamm-trocknung möglichst effizient zur Wärmeerzeugung zu nutzen.

5.6.2.2 TU Weihenstephan

Die TU Weihenstephan plant die Sanierung und Optimierung ihres Arealnetzes (Sekundärnetz), was Vorrang vor der gebäudeseitigen Sanierung hat. Es soll ein verbessertes Monitoring integriert und die vergleichsweise sehr hohe Rücklauf-temperatur gesenkt werden. Es ist zudem geplant, weiterhin Wärme aus dem Kraftwerk Zolling zu beziehen und keine eigene Erzeugung aufzubauen. Es ist der Bau und der Anschluss neuer Gebäude geplant, u. a. die Anbindung von Dürnast, vorzugsweise an das Netz der FFG.

5.6.2.3 Fernwärmeversorgung Freising GmbH

Die FFG setzt ihren Fokus ebenfalls auf die Akquise von neuen Fernwärmekunden. Der erneuerbare Anteil an der Wärmeerzeugung sowie die Effizienz der Wärmeerzeugung sollen gesteigert und die Wärmeeinspeisung optimiert werden.

5.6.2.4 Bayernwerk Natur GmbH

Die Bayernwerk Natur GmbH ist praktisch Weiterverteiler für die FFG und hat ein natürliches Interesse daran, den Verbund weiterhin aufrecht zu erhalten.

5.6.2.5 Kraftwerk Zolling (Onyx Power)

Das Kraftwerk Zolling plant die Erneuerung seines Energieparks und langfristig eine Dekarbonisierung durch Altholz, Klärschlamm, grünem Wasserstoff oder Biogas als Brennstoff. Als Zwischenschritt (sog. Brückentechnologie) sind für 2025 Gas-BHKWs geplant, um den Kohleblock zu verdrängen. Die Planungen sind bereits angelaufen.

Das Fernwärmesystem Zolling bis Hallbergmoos sollte zukünftig ganzheitlich betrachtet werden, um möglichst viel Flexibilität zu schaffen (z. B. Abwärmeequellen außerhalb des Stadtgebietes Freising). Auch im Hinblick auf Lieferverträge und ggf. Änderung der Vertragsbedingungen ist eine ganzheitliche Strategie erstrebenswert.

Im Hinblick auf die Klimaschutzziele der Stadt stellt sich die Frage: Kann eine hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung eine Übergangslösung sein?

ES wird angestrebt, den Austausch zwischen den Anlagen- und Wärmenetzbetreibern zukünftig regelmäßig stattfinden zu lassen (z. B. jährlich).

5.7 Zusammenfassung und Fazit

Grundsätzlich besitzt Freising mit dem bestehenden Wärmenetz aus Zolling eine gute, effiziente und zukunftsweisende Möglichkeit, sich mit Wärme zu versorgen. 21 % des städtischen Wärmebedarfs wird über die bestehenden Wärmenetze gedeckt. Der Anteil an erneuerbaren Energien im Netz liegt derzeit bei 43 % (Stand 2019) und ist damit im Bundesvergleich¹³ recht hoch. Der weitere Ausbau des Netzes bietet großes Potential. Mit dem Standort in Zolling gibt es einen bestehenden, genehmigten Kraftwerksstandort, der Möglichkeiten für die weitere Entwicklung, auch in Richtung Erneuerbare Energien, bietet. Einen vergleichbar großen, stadtnahen Standort aufzubauen, wäre voraussichtlich nicht umsetzbar und mit großen Herausforderungen verbunden.

Als Nachteil erweisen sich hingegen die sehr komplexen Betreiberstrukturen mit den unterschiedlichen separaten Gesellschaften. Zudem liegt nahezu die komplette Wärmeerzeugungsseite aktuell in der Hand des Kraftwerksbetreibers „Onyx Power“. So decken sich die aktuellen Pläne für den Kraftwerksstandort beispielsweise nicht mit den städtischen Zielen, die Fernwärme bis 2035 vollständig auf eine regenerative Versorgung umzustellen.

Die hohen Netztemperaturen führen einerseits zu höheren Netzverlusten, andererseits erschweren sie das Einbinden Erneuerbarer Energien mit niedrigem Temperaturniveau. Es gilt daher, die Temperaturen im Netz zu senken. Auf Basis von hydraulischen Netzberechnungen muss überprüft werden, ob das überhaupt in dem erforderlichen Maße möglich ist. Veränderungen im Netz sind ein sehr langfristiger Prozess, aber gleichzeitig die entscheidende Grundlage für die Zukunftsfähigkeit des Netzes und die Einbindung Erneuerbarer Energien.

In Konkurrenz steht das bestehende Wärmenetz zum flächendeckend ausgebauten Gasnetz, das durch die Freisinger Stadtwerke Versorgungs GmbH betrieben wird. Erdgas ist nach wie vor ein vergleichsweise kostengünstiger Energieträger. Ebenso wie die Fernwärme ist ein Gasanschluss als „Rundum-Sorglos-Paket“ erhältlich. Es ist deutlich schwieriger Gaskunden für die Fernwärme zu gewinnen, als Gebäude mit anderen Einzelfeuerstätten. Grundsätzlich besteht die Möglichkeit Gasnetze z. B. durch den Einsatz von Biogas/Methan oder Wasserstoff regenerativ umzugestalten. Grünes Gas wird voraussichtlich aber vor allem in Bereichen zum Einsatz kommen, in denen es an anderen regenerativen Alternativen fehlt. Im Bereich Raumwärme und Warmwasser wird es hingegen eher Möglichkeiten geben, auf andere alternative Energien umzusteigen und damit ohne Gas auszukommen. Allerdings nur unter der zwingenden Voraussetzung, dass im Gebäudebereich eine erhebliche Effizienzsteigerung und Reduzierung des Wärmebedarfs erfolgen wird.

Während Gasfernleitungen somit weiterhin von zentraler Bedeutung sein werden, wird die Bedeutung von Gasverteilnetzen zurückgehen und durch einen flächendeckenden Ausbau von Wärmenetzen, Solarthermie, Nutzung von Biomasse, Wärmepumpen und Power-to-Heat Anwendungen ersetzt werden.

Insgesamt wird der Wärmebedarf der Stadt Freising momentan zu 19 % aus regenerativen Energien gedeckt. Um das Ziel zu erreichen bis 2035 auf eine 100 %ige regenerative Versorgung umzustellen, müssten somit theoretisch fast alle Gaskunden an die Fernwärme angeschlossen bzw. alternativ auf regenerative Einzelversorgungslösungen (z. B. durch Wärmepumpen oder Pelletkessel) umgestellt werden. Das gleiche gilt für bestehende Öl- und andere fossil befeuerte Heizungsanlagen. Darin zeigt sich, welchen Hebeleffekt Wärmenetze im Zuge einer Klimaschutzstrategie mit sich bringen können, wenn sie regenerativ befeuert werden.

Laut des im Rahmen der Studie erstellten Wärmekatasters für das Stadtgebiet erweisen sich unter heutigen Gesichtspunkten Gebiete mit einem Anteil von ca. 58 % am Gesamtwärmebedarf als „fernwärmewürdig“. „Fernwärmewürdig“ bedeutet, dass diese Gebiete genügend Wärmeabnahme bzw. eine entsprechende Wärmedichte aufweisen, so dass sich die Errichtung/der Anschluss an ein Wärmenetz als lohnenswert eingestuft wird. Wird von

¹³ Im vergangenen Jahr stammten rund 18 % der Fernwärme aus Erneuerbaren Energien.

einem nahezu vollständigen Rückbau des Gasnetzes ausgegangen, bedeutet dies, dass mindestens 42 % des Gesamtwärmebedarfs über dezentrale, regenerative Einzelversorgungslösungen gedeckt werden müsste.

Es kann jedoch nicht einfach davon ausgegangen werden, dass das Potential von 58 % „fernwärmewürdigen“ Gebiete am Gesamtwärmebedarf auch praktisch erschlossen werden kann. Entscheidend dafür ist, welche jährliche Anschlussquote erreicht werden kann, also welcher Zubau an Wärmenetzanschlüssen jährlich leistbar ist.

Auch wenn die Untersuchungen gezeigt haben, dass der aus der Sicht der Klimaschutzziele erforderliche Fernwärmeausbau in dem Maße technisch nicht realisierbar ist, verdeutlicht diese Studie, dass ein massiver Ausbau der Wärmenetzanschlüsse umso mehr von zentraler Bedeutung ist. Auch wenn der Anschluss aller als „fernwärmewürdig“ eingestufte Gebiete bis zum Jahr 2035 und auch bis zum Jahr 2050 aus heutiger Sicht nicht erreichbar scheint: Je mehr Gebiete an das Wärmenetz angeschlossen werden können, umso besser für den Klimaschutz. Auch die Umstellung bisheriger fossiler Wärmeversorgungsoptionen auf regenerative Einzelversorgungslösungen stellt einen enormen Kraftakt dar und ist aus kommunaler Sicht fast noch schwieriger zu steuern, als der Ausbau von Wärmenetzanschlüssen.

Beim Ausbau des Wärmenetzes können der Ausbau der Anschlüsse und die Umstellung auf Erneuerbare Energien unabhängig voneinander vorangetrieben werden. Neue zukünftige technische regenerative Erzeugungslösungen können in das Wärmenetz zentral und schneller eingebunden werden, als die Umstellung von Einzelanlagen. Dadurch wird die Reaktionsmöglichkeit auf technische Entwicklungen und deren Reichweite erhöht. Über den Wärmenetzausbau und die schrittweise Umstellung auf Erneuerbare Energien kann den Freisinger Bürger*innen eine zukunftsfähige „Rundum-Sorglos-Paket“-Lösung angeboten werden, die die Stadtwerke in Ihrer Rolle als kommunaler Versorger und Erzeuger stärkt und eine Wärmeversorgung in regionaler Hand ermöglicht. Zentral dabei sind vor allem auch die Mitnahme und der Wille der Bürger*innen. Es muss eine Nachfrage für die Wärmeabnahme vorhanden sein und die grundsätzliche Bereitschaft bestehen zukünftig mehr Geld für eine nachhaltige Wärmeversorgung auszugeben, bzw. auf Bundesebene über entsprechende (gesetzliche) Regelungen Anreize und einen Ausgleich für die erhöhten Kosten geschaffen werden.

Entscheidend für die Zielerreichung einer regenerativen Versorgung ist auch die zukünftige Wärmebedarfsentwicklung. Sie bildet zudem die Grundlage für die überschlägige, zukünftige Auslegung eines netzgebundenen Wärmeversorgungssystems. Neben dem Einsatz Erneuerbarer Energien ist damit ein Wärmebedarfsrückgang durch forcierte Sanierungsmaßnahmen ein entscheidender Hebel zur Minderung von CO₂-Emissionen im Stadtgebiet.

Im Rahmen der Potentialanalyse wurde aufgezeigt, welche regenerativen Energieträger und welche Abwärmquellen im Umgriff von Freising am ehesten zur Einbindung in das Wärmenetz in Frage kommen. Der Fokus dabei wurde auf die Transformation der bestehenden netzgebundenen Wärmeversorgung gelegt, also wie die bestehenden 21 % der netzgebundenen Wärmeversorgung auf einen deutlich größeren Anteil regenerativer Energien umgestellt werden können.

Die Analyse hat ergeben, dass im Stadtgebiet grundsätzlich genügend erneuerbare Potentiale vorhanden sind, um die bestehende netzgebundene Wärmeversorgung vollständig auf erneuerbare Energien umzustellen. Dafür kämen sogar verschiedene Erzeugervarianten und Kombinationsmöglichkeiten Erneuerbarer Energien in Frage; v. a. die Abwärmenutzung aus industriellen Prozessen, Tiefengeothermie und Biomasse. Es ergeben sich daher sogar Flexibilität bei der Auswahl der Wärmequellen. Das Ergebnis der Potentialanalyse ist somit als sehr positiv einzustufen, auch wenn die verfügbaren erneuerbaren Quellen noch im Detail untersucht und vertiefende Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt werden müssen. Die Schwierigkeit dabei ist, dass sich die regenerativen Erzeugungsoptionen an den herkömmlichen fossilen Wärmeherstellungskosten messen lassen müssen, die aktuell noch kostengünstiger sind. Insbesondere wenn das Steinkohlekraftwerk zur Stromerzeugung weiterhin im Einsatz ist, und Wärme als „Abfallprodukt“ in gewissem Maße sowieso anfällt. Hinzu kommt, dass die identifizierten erneuerbaren Quellen preislich mit der Energieerzeugung aus Biomasse in Zolling in Konkurrenz treten. Diese hat

aktuell sehr geringe Wärmegestehungskosten, da sie auf der Verbrennung von Altholz beruht, das aktuell in großen Mengen anfällt und somit als „Abfall“ kostengünstig als Rohstoff zur Verfügung steht. Hier gilt es jedoch perspektivisch zu denken.

Der Preis für den Ausstoß von CO₂ wird in den kommenden Jahren aller Voraussicht nach weiter deutlich ansteigen und die erneuerbaren Energien somit konkurrenzfähiger – zumindest wird die so genannte Wirtschaftlichkeitslücke kleiner. Die Nachfrage auf Kundenseite nach Wärme aus regenerativen Quellen steigt und auch die Gesetzeslage wird sich verschärfen, wenn Bundes- und Landesregierung ihre verabschiedeten Klimaziele tatsächlich einhalten wollen. Das heißt, es gilt heute vorzusorgen und Konzepte zu entwickeln, wie die netzgebundene Wärmeversorgung für Freising in den kommenden Jahren regenerativ umgestaltet werden kann. Für die Freisinger Stadtwerke als regionaler Erzeuger in städtischer Hand ist es wichtig, jetzt die richtigen Weichen zu stellen, um hier langfristig die Marktposition in einem immer schwieriger werdenden Umfeld festigen zu können. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Zukunft des Gasnetzes als eine Haupteinnahmequelle perspektivisch in Frage zu stellen ist. Langfristige Konzepte und Strategien sollten zeitnah entwickelt und die Energiesparte der Stadtwerke perspektivisch entsprechend ausgerichtet werden.

5.7.1 Gesamtüberblick (SWOT-Analyse)

Die zusammengetragenen und ermittelten Informationen wurden in der folgenden SWOT-Matrix zusammengeführt. Die SWOT-Analyse (*Strengths, Weaknesses, Opportunities* und *Threats*) wurde im Rahmen der Strategieentwicklung zur Unterstützung der quantitativen Bewertung der unterschiedlichen Ansatzpunkte für die Wärmeversorgung in Freising durchgeführt.¹⁴

Ergänzend zur Gesamtbetrachtung erfolgte zu den einzelnen Unterkapiteln der Potentialanalyse eine themenspezifische SWOT-Analyse.

¹⁴ Bei der SWOT-Analyse werden zwei unterschiedliche Blickwinkel genutzt: Bei der internen Analyse werden die Stärken und Schwächen des ausgewählten Bereichs bzw. Technologie betrachtet. Diese Faktoren sind spezifisch für den Bereich bzw. die Technologie. Bei der externen Analyse werden die jeweiligen Chancen und Risiken analysiert. Diese Umweltfaktoren können vielfältig und beispielsweise technologischer, ökologischer, politischer oder sozialer Art sein. Die externen Faktoren können nur bedingt bis gar nicht beeinflusst werden.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Fernwärmenetz(e) mit freier Kapazität/Ausbau-potential vorhanden (→ Netzerweiterung u. Temperaturabsenkung möglich) • ein Teil der Wärme wird bereits regenerativ mit Biomasse, Altholz, Klärschlamm erzeugt (Know-how, Infrastruktur vorhanden) • aussichtreiches Potential für Erneuerbare Energien (Geothermie, Abwärme, Solarthermie, Bio-masse) zur Versorgung des heutigen Fernwärme-netzes (Bilanzkreis Stadt Freising) und auch für eine realistische zukünftige Entwicklung des Wärmenetzes • ländliche Gegend mit viel Freiflächen, Wald und landwirtschaftlich genutzten Flächen (→ geeig-net als Standorte für Solarthermieanlagen, Bio-massepotential insbesondere basierend auf Stroh-vorkommen regional vorhanden) • eine gute Akzeptanz für Erneuerbare Energien: Stadt mit der Zielsetzung im Klimaschutzkonzept bis 2035 100 % erneuerbar • es gibt aussichtsreiche Gebiete mit hoher Wär-medichte, die sich für eine netzgebundene Wär-meversorgung anbieten und sogar unmittelbar an das Bestandsnetz angrenzen, so dass sich eine Netzerweiterung anbietet • Freising befindet sich im süddeutschen Molas-sebecken, einem im Vergleich zu Gesamt-deutschland günstigen Gebiet für Tiefengeother-mie 	<ul style="list-style-type: none"> • die derzeit ermittelten Erneuerbaren Energiepo-tentiale sind zu klein, um die Stadt Freising Groß-teils mit einem 100 % regenerativen Wärmenetz versorgen zu können • unterschiedliche Eigentums- und Betriebsver-hältnisse: in den Freisinger Wärmenetzen und den dort eingebundenen Kraftwerken sind ver-schiedene Gesellschaften beteiligt und miteinan-der verzahnt • flächendeckendes Gasnetz steht in Konkurrenz zur Fernwärme • hoher Anteil der Fernwärmeerzeugung auf Basis fossiler Energieträger (Steinkohle, Öl, Gas, Strom) • hohe Betriebstemperaturen in der Zolling-Lei-tung macht u. a. die Einbindung Erneuerbarer Energien schwieriger • aufgrund der verschiedenen Eigentums- und Be-triebsverhältnisse wird bisher nicht auf eine Ge-samtoptimierung der Wärmeversorgung geach-tet • Erneuerbare Energiequellen haben i. d. R. höhere Investitionskosten und folglich höhere Wärme-gestehungskosten • Erneuerbare Energien (wie z. B. Solarthermie oder industrielle Abwärme) haben z. T. keine konstant vorhersehbare Wärmeproduktion • Erneuerbare Energien (insbesondere Solarther-mie) sind oft dann in hohem Maße verfügbar, wenn der Wärmebedarf gering ist (Sommer) und stehen zudem in Konkurrenz zu anderen Grund-lasterzeugern • Langzeitspeicher sind derzeit in Deutschland un-wirtschaftlich und erfordern einen hohen Platz-bedarf • zu erwartende Temperaturen aus den EE-Quel-len im Freisinger Raum für eine direkte Einspei-sung ins Fernwärmenetz zu niedrig (ggf. Kombi-nation mit Wärmepumpe notwendig wie z. B. teilweise bei industrieller Abwärme oder Tiefen-geothermie)

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Klimaschutzziele der Bundesrepublik erfordern Transformation des Wärmemarktes in Richtung Treibhausgasneutralität • Stadt und Stadtwerke verfolgen ein gemeinsames Ziel: zukunftsfähige, effiziente und entwicklungs-offene Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energieträger • Infrastruktur mit Kraftwerksstandort Zolling, den Heizwerken und dem Bestandsnetz existiert bereits • Erfahrung mit dem Betrieb von Fernwärmenetzen und erforderliches Know-how ist vorhanden • mit dem Kauf des FFG-Netzes/Transportleitung haben die Stadtwerke bereits erste Schritte hin zu einer zukünftig einfacheren Betreiberstruktur unternommen • Wärmeerzeugung Kraftwerk Zolling erfolgt teilweise mit Steinkohle, welche bis spätestens 2038 ersetzt werden muss (Kohleausstieg) • der Anteil der mit Gas und Fernwärme versorgten Objekte beträgt ca. 72 %, so dass anzunehmend ist, dass es viele Einzelfeuerstätten auf Basis fossiler Energieträger gibt • der Stadtkern steht weitestgehend unter Denkmalschutz, was eine Sanierung durch Außendämmung eher unwahrscheinlich macht und daher Alternativlösungen wie z. B. Fernwärme attraktiv sind • CO₂-Bepreisung • diverse Bundes- und Landesförderprogramme zum Ausbau der Erneuerbaren Energien (u. a. BEW) • Wärmestudie bringt Anlagen- u. Netzbetreiber an einen Tisch, so dass ggf. eine gemeinsame Zukunftsstrategie verfolgt werden kann • ganzheitliche Betrachtung der Wärmeversorgung bietet Optimierungspotential • dezentrale Wärmeerzeugung z. B. mittels Wärmepumpen oder Solaranlagen ist im Innenstadtbereich schwer umsetzbar, so dass Fernwärme eine attraktive Alternative darstellt 	<ul style="list-style-type: none"> • flächendeckendes Gasnetz mit derzeit relativ günstigen Brennstoffkosten senkt die Bereitschaft der Hausbesitzer zur Fernwärme zu wechseln • beim Rückbau des Gasnetzes besteht für die Stadtwerke die Gefahr, dass die Gaskunden nicht zur Fernwärme wechseln und die Stadtwerke dadurch Kunden verlieren • der Betrieb des Gasnetzes ist derzeit für die Stadtwerke wirtschaftlicher als die Fernwärme • die technische Umsetzung (jährliche Neuanschlüsse Fernwärme) ist nicht in der Geschwindigkeit umsetzbar, wie es für die Klimaschutzziele erforderlich wäre. • Gefährdung der nachhaltigen Wald- und Landwirtschaft und Konkurrenz mit Lebensmittelerzeugung durch Ausbau von Biomasseanlagen, falls die Biomassenutzung das bei der Potentialanalyse nachhaltig ermittelte Potential übersteigt • durch die hohen Investitionen (Wärmegebungskosten) kann eine Wirtschaftlichkeitslücke entstehen, falls der Wärmepreis für den Endkunden nicht entsprechend erhöht wird • Strompreisfluktuationen (z. B. beim Einsatz von BHKWs oder Wärmepumpen) • bei einer Temperaturabsenkung ist nicht gewährleistet, dass insbesondere die Temperaturanforderungen bei sensiblen Kunden weiterhin erfüllt werden können • das bestehende Transportnetz wurde nicht auf eine niedrigere Temperaturspreizung ausgelegt und hat diesbezüglich in Kombination mit dem Ausbau der Fernwärme Kapazitätsengpässe

6. Ausarbeitung von Schwerpunktprojekten

Aus der Potentialanalyse (vgl. Kapitel 4) wurden zwei aussichtsreiche Maßnahmen ausgewählt und einer technischen und wirtschaftlichen Einzelbetrachtung unterzogen. Die Auswahl erfolgte gemeinsam mit dem Auftraggeber und in Abstimmung mit dem Energiebeirat.

Das Schwerpunktprojekt 1 konzentriert sich auf die technische Umsetzbarkeit zur Nutzung der Abwärme aus der Prozesskühlung von Texas Instruments durch das Grundwasser. Die Abwärme soll über eine Wärmepumpe auf das erforderliche Temperaturniveau angehoben und in das Fernwärmenetz eingespeist werden.

Das Schwerpunktprojekt 2 befasst sich mit der beispielhaften Anbindung eines Neubaugebiets an den Rücklauf des Wärmenetzes und den förderrechtlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen an Wärmenetze. Am Beispiel des Neubaugebiets „Erdbeerfeld“ wurde untersucht, inwieweit dieses über eine Rücklaufanbindung aus dem Bestandsnetz Steinpark versorgt werden könnte. Neben der technischen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit wurden hierbei gesetzliche Rahmenbedingungen berücksichtigt, um entsprechende Fördermittel beziehen zu können.

Aufgrund der Corona-Beschränkungen wurde auf eine Vor-Ort-Begehung verzichtet. Diese wurde durch hinreichendes Datenmaterial in Form von Lageplänen und Auskünften von Ortskundigen ersetzt.

6.1 Projekt 1: Nutzung von Abwärme aus Prozesskühlung

Das Unternehmen Texas Instruments Deutschland GmbH (TI) in Freising nutzt das Grundwasser zum Kühlen seiner Prozesse. Dabei wird das Grundwasser über Saugbrunnen an die Oberfläche gepumpt, durch den Prozess erwärmt und anschließend wird das um ca. 4 - 9 Kelvin erwärmte Grundwasser über Schluckbrunnen ins Erdreich zurückgeleitet. Aufgrund der hohen Grundwassermengen steckt in diesem Vorgang ein enormes Wärmepotential, welches derzeit ungenutzt ins Grundwasser abfließt.

TI hat direkt bei der Kontaktaufnahme Interesse bekundet, das Potential näher untersuchen zu lassen und bereitwillig die entsprechenden Informationen zur Erarbeitung einer technischen Lösung zur Verfügung gestellt.

6.1.1 Technisches Konzept

Es gibt auf bzw. außerhalb des Geländes von TI insgesamt sieben Saug- sowie drei Schluckbrunnen, die alle an einer Sammelleitung zusammengeführt werden. Der Grundwasserkreislauf ist vom Prozesskreislauf über Wärmetauscher getrennt, damit keine Verunreinigungen ins Grundwasser gelangen. Über diese Sammelleitung werden zeitweise bis zu 2.300 m³/h transportiert. Für die Nutzung der Abwärme aus der Prozesswärme ist geplant, die Sammelleitung anzuzapfen, das erwärmte Grundwasser umzuleiten und über eine Wärmepumpe auf das für die Fernwärme erforderliche Temperaturniveau anzuheben. Im derzeitigen Konzept ist zur Sicherheit zwischen Grundwasserkreislauf und Wärmepumpe ein Wärmetauscher vorgesehen. Die Wärmepumpe kühlt das Grundwasser im untersuchten Szenario mit einer Wärmeleistung von rund 8 MW in den Bereich der Ausgangstemperatur ab. Zudem besteht die Möglichkeit, das Grundwasser um weitere 6 Kelvin im Vergleich zur ursprünglichen Ausgangstemperatur des Grundwassers abzukühlen und dem Grundwasser somit noch mehr Wärme zu entziehen. Die Abkühlung des Grundwassers um die genannten 6 Kelvin stellt auch eine sogenannte „Backup“-Lösung dar, mit der perspektivisch der Ausfall der Prozesswärme von TI (Störung, Beendigung des Prozesses, Wegzug des Unternehmens, ...) kompensiert werden könnte.

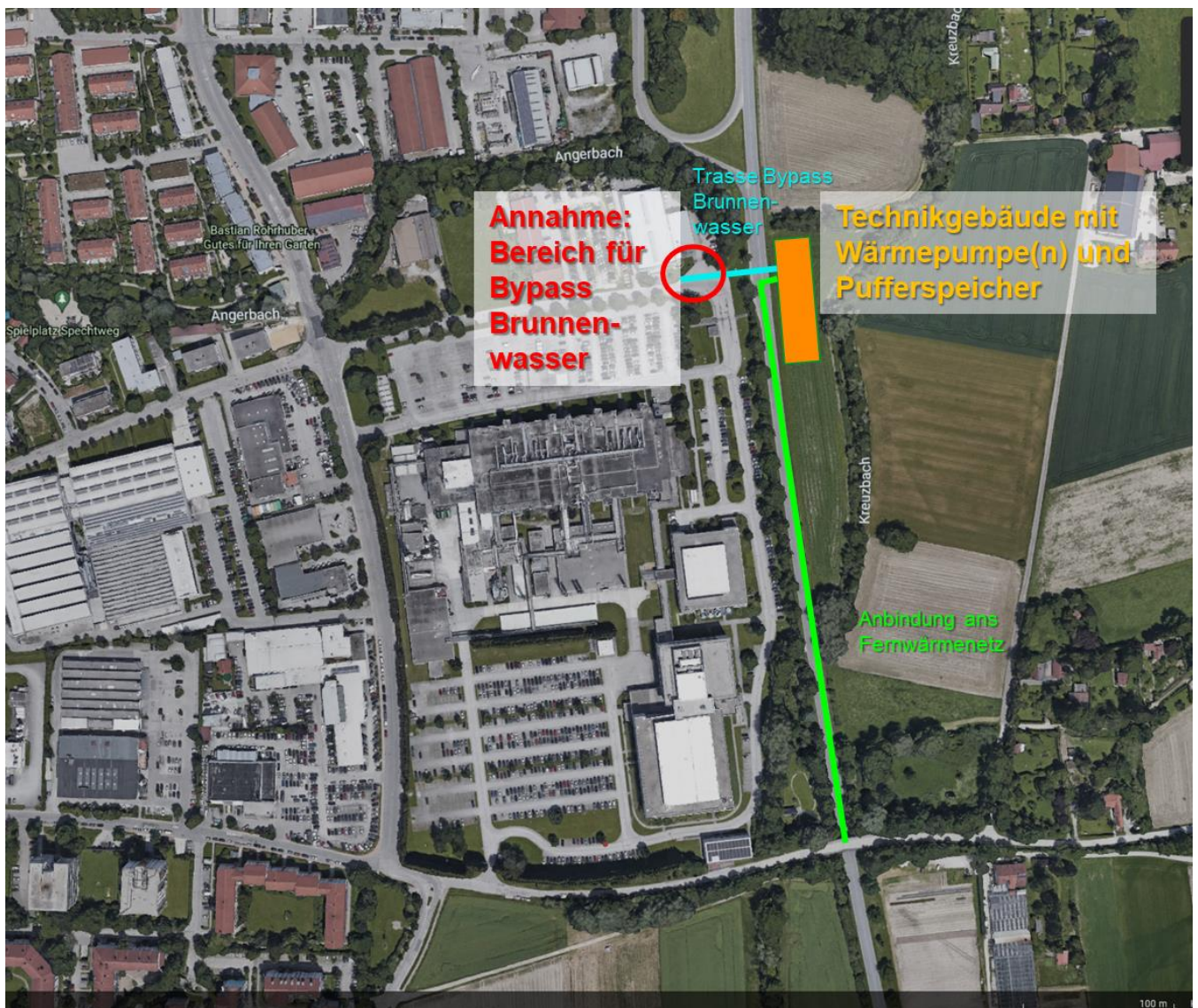


Abbildung 49: Lageplan mit Kennzeichnung der Technikzentrale (Hinweis: Nutzbarkeit des städtischen Grundstücks wurde noch nicht näher geprüft)

TI hat zur weiteren Untersuchung folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- einen Lageplan zu den Saug- und Schluckbrunnen
- Temperaturkurven zur Grundwassertemperatur vor der Prozesskühlung und zwei Datenpunkte zur Erwärmung für die Winter- und Sommerperiode
- entnommene Grundwassermengen zur Prozesskühlung

Potentiell gibt es zwei städtische Grundstücke, die an das Firmengelände angrenzen und als mögliche Standorte für die Heizzentrale geprüft werden müssten, falls diese nicht auf dem Gelände von TI errichtet werden kann. In der **Abbildung 49** wurde die Technikzentrale beispielhaft auf einem der genannten städtischen Grundstücke platziert.

In einem ersten Schritt wurde das in der Potentialanalyse zuvor sehr grob abgeschätzte Potential durch die genaueren Daten von TI grundsätzlich verifiziert und konkretisiert. Anhand der angegebenen Wassermengen im Zusammenhang mit den Temperaturmesswerten der Saugbrunnen (siehe **Abbildung 50** hellblaue Kurve) sowie einer interpolierten Erwärmungskurve der Schluckbrunnen (rote Kurve) ergeben sich die nachfolgenden Potentiale. Dabei wurden drei unterschiedliche Varianten betrachtet:

- a) ausschließlich Nutzung der Prozessabwärme durch Abkühlung auf die ursprüngliche Grundwassertemperatur (hellgrüne Balken)
- b) Nutzung der Prozessabwärme und ergänzend dazu eine Abkühlung des Grundwassers um 6 Kelvin (dunkelgrüne Balken)
- c) Wegfall der Prozessabwärme und somit ausschließlich Abkühlung des Grundwassers um 6 Kelvin (blaue Balken)

Variante b) ist der „best case“ mit dem meisten Potential und Variante c) der „worst case“, falls aus irgendeinem Grund die Prozessabwärme aus- oder ganz wegfällt. In den Varianten mit zusätzlicher Abkühlung des Grundwassers ist zu beachten, dass Rücklauftemperatur nach dem Wärmetauscher im Grundwasserkreislauf die Frostgrenze nicht unterschreitet.

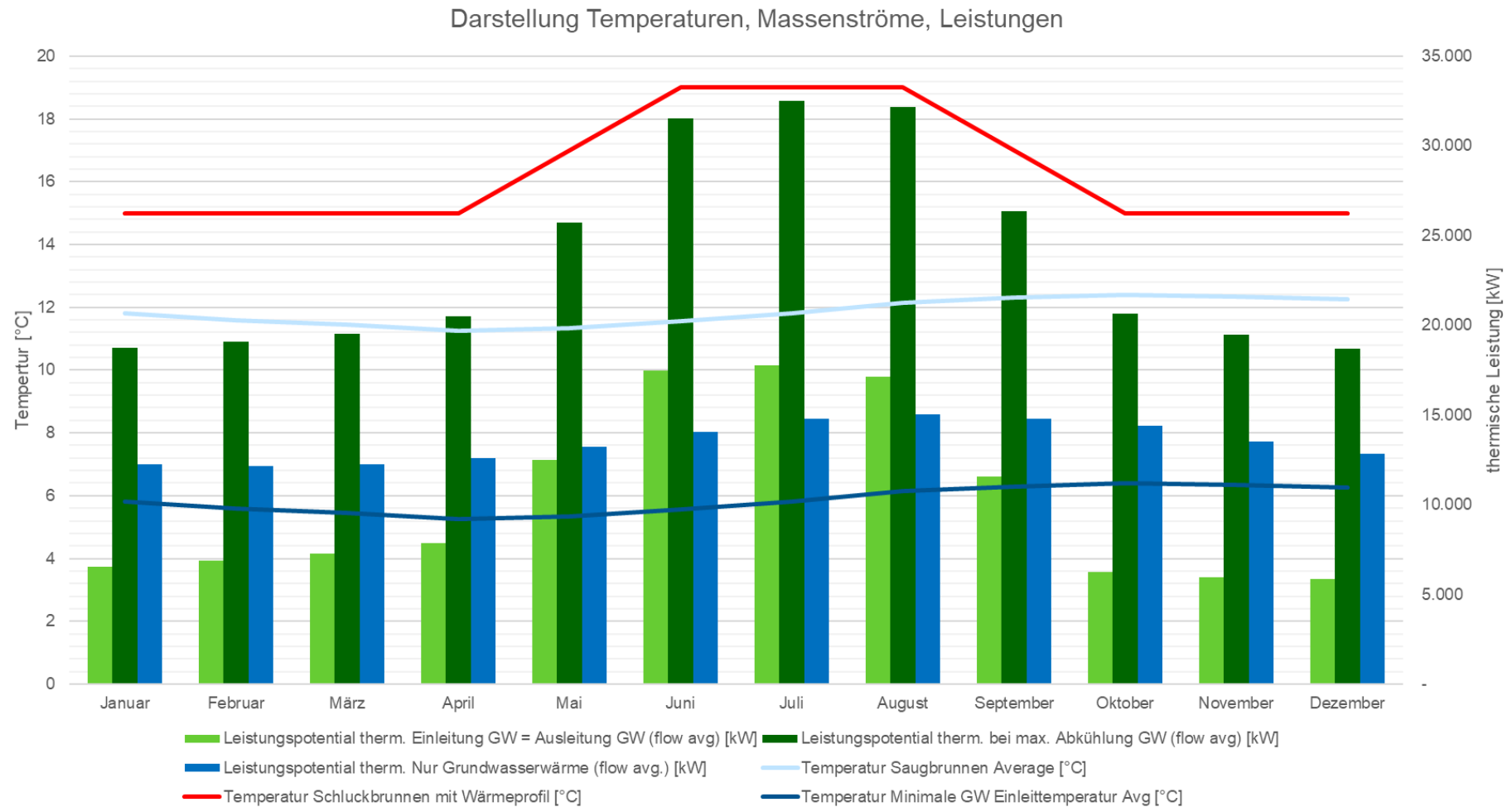


Abbildung 50: Darstellung der unterschiedlichen Varianten zur Abwärmenutzung

Auf Basis der Netzlast und der Erkenntnisse aus den Erzeugervarianten wurde eine Größenordnung für die Wärmepumpe von 8 MW ausgewählt. Bei dieser Betrachtung und insbesondere bei der anschließenden Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde allerdings angenommen, dass die Abwärmenutzung ganzjährig im Grundlastbetrieb erfolgt. Somit käme die Wärmepumpe auf insgesamt über 7.000 Vollbenutzungsstunden. Damit hätte sie theoretisch einen Deckungsanteil der Fernwärme im Stadtgebiet Freising von ca. 60 %, vorausgesetzt die Temperaturanforderungen des Fernwärmenetzes werden selbst im Winter erfüllt (impliziert eine Absenkung der Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes).

In **Abbildung 51** wird durch die hellblaue Fläche das Wärmepotential dargestellt, welches allein in der Prozesskühlung von Texas Instruments steckt. Aus der Jahresganglinie wurde abgeleitet, welche Wärmemenge in den einzelnen Monaten mittels Wärmepumpe aus der Abwärme erzeugt wird. Diese setzt sich zusammen aus einem thermischen (blau) und einem elektrischen (gelb) Anteil. Der mittlere COP-Wert beträgt aufgrund der hohen Temperaturanforderungen nur 2,3.

Für die resultierenden Wassermengen, den Quelltemperaturen und den Anforderungen aus dem Fernwärmenetz wurden beim Hersteller passende Wärmepumpen angefragt, um einerseits die technischen Möglichkeiten abzuwägen und andererseits einen Richtpreis für die Wirtschaftlichkeitsbewertung zu erhalten.

Die derzeit auf dem Markt erhältlichen Wärmepumpen erreichen auf Basis einer Quelltemperatur von ca. 15 °C eine Zieltemperatur von ca. 85 bis 105 °C. Diese liegt noch deutlich unterhalb der aktuellen Fernwärmebetriebstemperaturen. Auch wenn die Netzbetriebstemperaturen mittelfristig abgesenkt werden, erreicht die Wärmepumpe voraussichtlich nicht ganz das geforderte Temperaturniveau von 105 °C. TI selbst hat nach eigenen Aussagen ganzjährig eine Temperaturanforderung von konstant maximal 85 °C. Somit könnte der Wärmebedarf von Texas Instruments aus der eigenen Prozesswärme mittels der Wärmepumpe gedeckt werden. Im Sommer bei abgesenkten Primärnetztemperaturen bis auf 85 °C kann die überschüssige Wärme dann ins Fernwärmenetz eingespeist werden.

Im Detail sieht das technische Grobkonzept derzeit folgende Anlagenteile und Funktionsweisen vor (vgl. **Abbildung 52**): im Bereich der Sammelleitung, bevor das Grundwasser in die Schluckbrunnen zurückgeführt wird, wird über einen Bypass das erwärmte Grundwasser entnommen. Optional wird eine zusätzliche Pumpengruppe vorgesehen, um das Grundwasser umzuleiten, falls die Brunnenpumpe nicht ausreicht. Der Heizkreislauf der Wärmepumpe wird zur Sicherheit über einen Wärmetauscher vom Grundwasserkreislauf getrennt, so dass keine eventuellen Verschmutzungen aus dem Heizprozess ins Grundwasser gelangen. Anschließend heizt die Wärmepumpe bzw. alternativ die Wärmepumpen in Kaskadenschaltung (2-stufiger Prozess) das Wasser (15 bis 19 °C) auf das entsprechende Temperaturniveau von 85 bis 105 °C auf. Der Pufferspeicher gleicht die Netzschwankungen aus, so dass die Wärmepumpen in einem stabileren Betrieb laufen und somit effizienter sind. Zwischen den einzelnen Anlagenteilen befinden sich wiederum Umwälzpumpen, welche die Druckverluste dazwischen kompensieren. Die Umwälzpumpe zur Einspeisung in das Wärmenetz befindet sich nach dem Pufferspeicher.

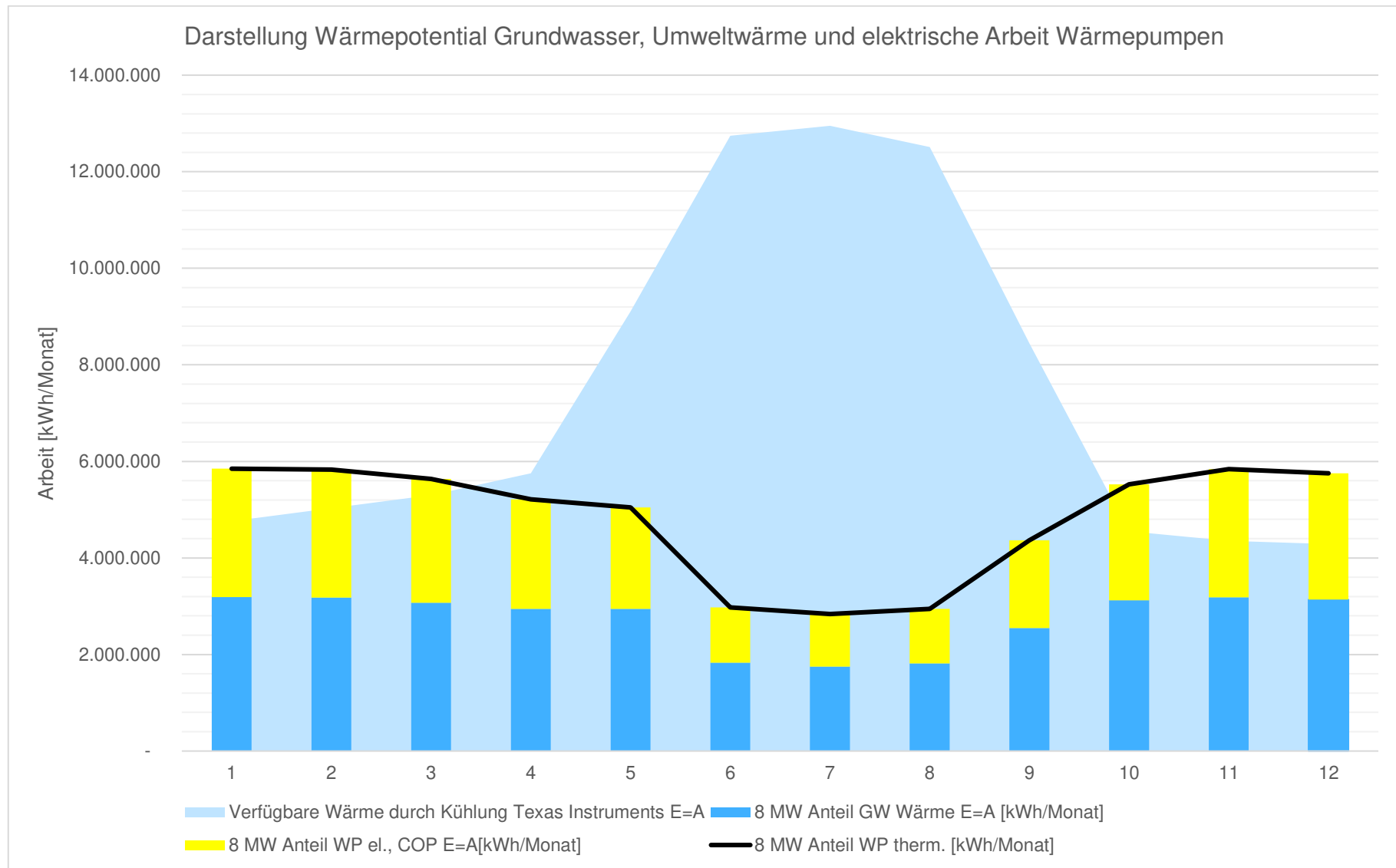


Abbildung 51: Darstellung des Wärmepotentials und Aufteilung der Umweltwärme und der elektrischen Arbeit der Wärmepumpen

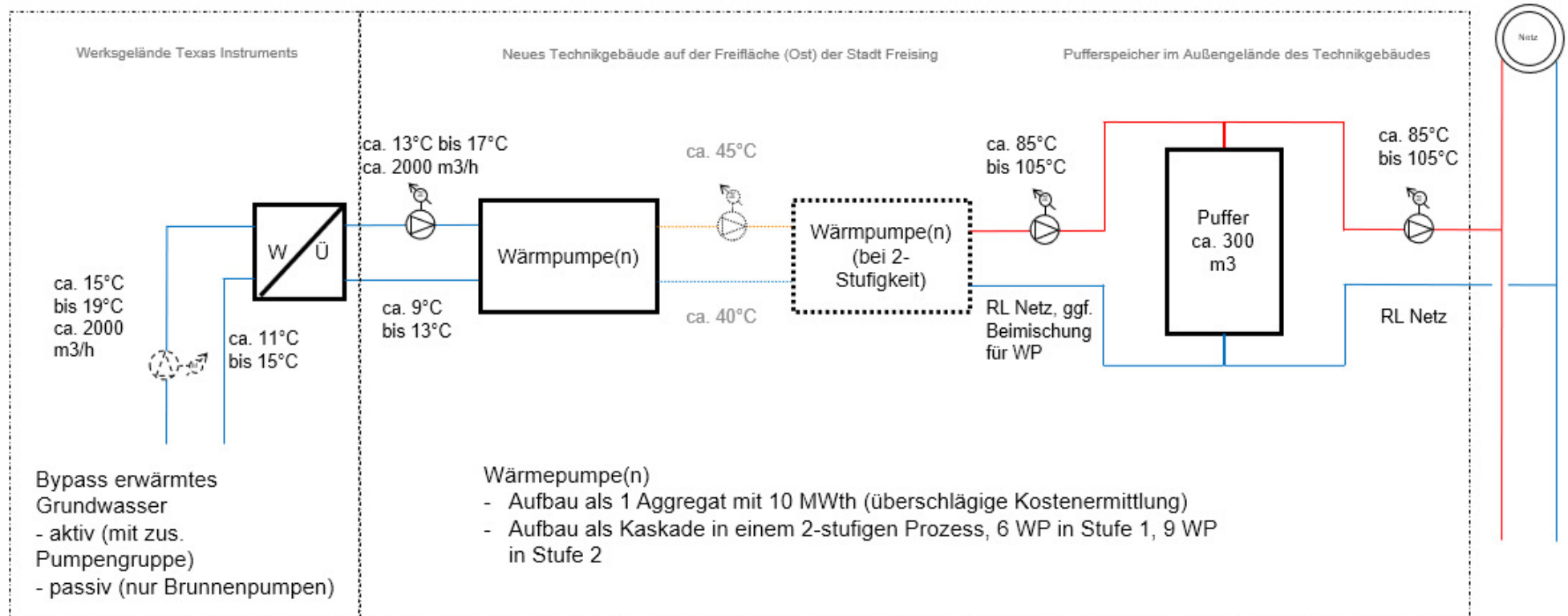


Abbildung 52: Ersatzschaltbild zur Abwärmenutzung aus dem durch Prozesskühlung erwärmten Grundwasser

6.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die annuitätische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde in Anlehnung an die VDI 2067 in Form einer Vollkostenrechnung durchgeführt. Dazu wurden als erstes die überschlägigen Kosten für das Wärmepumpensystem inklusive Gebäude für die Heizzentrale beziffert. Die Kosten wurden überschlägig anhand von Projekterfahrungen und Kennzahlen ermittelt. Sie stellen aufgrund der noch geringen Planungstiefe keinen Kostenrahmen nach DIN 276 dar. Zur Bewertung der überschlägigen Kosten, sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Annahme: Zugang zu Brunnenwassersammler nach dem Kühlsystem vor dem Eintritt in die Schluckbrunnen auf dem Gelände von TI (Ausleitpunkt für das Grundwasser auf TI-Gelände wurde von TI nicht bestätigt)
- Kosten überschlägig gemäß Lageplan **Abbildung 49** ermittelt; Nutzbarkeit des Grundstücks der Stadt Freising für das Technikgebäude muss in einer Detailstudie nochmals geprüft werden. Es wurden keine Grundstückskosten berücksichtigt.
- Die Gebäudekosten (Grundfläche 1.500 m², Gebäudehöhe 4m) wurden überschlägig ermittelt, da keine Aggregatgrößen vorlagen.
- Die thermische Leistung der Wärmepumpen wurde mit 8 bis 10 MW angenommen.

Daraus resultieren letztendlich die Kosten für die Abwärmeauskopplung inklusive Anbindung an das bestehende Fernwärmenetz in der Kepserstraße.

(1) Allgemeines (Baustelleneinrichtung, Doku, Engineering)	1,0 Mio. €
(2) Maschinen-/Anlagentechnik (therm. Leistung 10 MW)	17,0 Mio. €
(3) EMSR Technik	5,0 Mio. €
(4) Bautechnik (Gebäude)	3,0 Mio. €
(5) Planung, Gutachten, Gebühren (15 % der Investitionen)	4,0 Mio. €

In Summe belaufen sich die Gesamtkosten somit auf ca. 30 Mio. €. Es wird davon ausgegangen, dass dieses Projekt gemäß Modul 4 aus dem BAFA-Förderprogramm „Energieeffizienz in der Wirtschaft“ gefördert werden kann. Dabei werden 30 % der förderfähigen Investitionskosten zurückerstattet, maximal jedoch 500 € pro jährlich eingesparter Tonne CO₂. In diesem Fall werden somit 500 € pro jährlich eingesparte Tonne CO₂ gefördert, was einer Fördersumme von rund 6,6 Mio. € entspricht (Annahmen aus Kapitel 6.1.3 vorausgesetzt).

Alternativ wird ein Ausblick auf die geplante, zukünftig sehr wahrscheinlich eingeführte Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) gegeben. Laut aktuellem Entwurfsstand würden die Investitionen mit 40 % gefördert und ergänzend dazu eine Betriebsbeihilfe nach folgendem Zusammenhang garantiert: $7 \text{ ct/kWh} - (17/2,5 - 17/\text{JAZ}) \times 0,75 = 7,44 \text{ ct/kWh}$. Die Fördersumme würde dadurch auf 16,0 Mio. € ansteigen.

Zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten müssen neben den Investitionskosten noch die betriebsgebundenen Kosten (Wartung & Instandhaltung) und die verbrauchsgebundenen Kosten (Brennstoff) abgeschätzt werden. Die resultierenden Wärmegestehungskosten müssen den Kosten gegenübergestellt werden, die die Stadtwerke aktuell an das Kraftwerk Zolling bezahlen.

Die ausführliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist in **Anlage 9** zu finden. Die Wärmegestehungskosten (WGK) betragen ca. 135 €/MWh*a (unter Berücksichtigung der BEW-Förderung 122 €/MWh*a). Neben den Investitionskosten werden die WGK im Wesentlichen durch den Strompreis beeinflusst, welcher hier vergleichsweise hoch ist, da u. a. der gegenwärtige Stromeinkaufspreis (7,00 ct/kWh) der Stadtwerke angesetzt wurde. Sinken die Strompreise und entfällt ergänzend dazu die Umlage nach dem Erneuerbaren Energiegesetz (Wegfall EEG-Umlage mit

6,5 ct/kWh aktuell in der Diskussion), so sinken die WGK in erheblichem Maße und das Projekt könnte sich als wirtschaftlich herausstellen.

6.1.3 Primärenergieeinsparung und CO₂-Reduktion

Zur Ermittlung der Primärenergieeinsparung und der CO₂-Reduktion sind aufgrund der Komplexität des Wärmesystems des Heizkraftwerks Zolling und fehlender Informationen verschiedene Annahmen zu treffen. Der Erzeugermix des Heizkraftwerks Zolling setzt sich zusammen aus einem KWK-Steinkohleanteil von 43 %, einem KWK-Biomasseanteil von 43 %, einem Anteil von 11 % Erdgas-Spitzenlastherzeugung aus Kesseln sowie einem vernachlässigbaren Anteil von Anfahrkessel und BHKW.

Bei der Ermittlung der Primärenergieeinsparung und der CO₂-Reduktion, durch die Erschließung der neuen Energiequelle mittels Wärmepumpe, wird davon ausgegangen, dass der Erzeugermix analog zur Biomasse anteilig der Stadt Freising zugerechnet wird. Es wurde die Annahme getroffen, dass die Stadt Freising hierdurch primär den Steinkohleanteil verdrängt bzw. reduziert. Da die Wärmemenge aus der Abwärme größer ist als der bilanzielle Anteil für Freising an Steinkohle, sollte zwingend eine Betrachtung des Fernwärmegesamtsystems erfolgen. Steinkohle kann in größerem Umfang verdrängt werden, was schließlich den regenerativen Anteil des Gesamtsystems weiter ansteigen lässt.

Ohne Betrachtung der Energiebilanz des Gesamtsystems und ohne detaillierte Kenntnisse der Energieerzeugungsprozesse des Kraftwerks Zolling ist eine Ermittlung gemäß FW 309 nicht durchführbar. Daher wurden zur Ermittlung des Primärenergiefaktors und der CO₂-Reduktion vereinfachende Annahmen getroffen. Es wurde davon ausgegangen, dass die Abwärme von Texas Instruments einen Großteil der Steinkohle aus Zolling substituiert.

Nachfolgende Primärenergieeinsparung lässt sich somit ermitteln.

Tabelle 18: Primärenergiefaktor

Energieträger	Wärmemenge	eingesetzter Brennstoff	Primärenergiefaktor	Primärenergiebedarf
	[MWh/a]	[MWh/a]		[MWh/a]
Steinkohle	57.812	68.014 ¹⁵	1,1	74.815
Wärmepumpe (Abwärme)	57.812	25.136 (Stromanteil)	1,8	45.245
Differenz	0			29.570

Der Primärenergiebedarf reduziert sich um 29.570 MWh/a (74.815 MWh/a – 45.245 MWh/a) durch die Abwärmenutzung mittels Wärmepumpe gegenüber der Wärmeerzeugung aus Steinkohle.

Die Annahmen und Vorgehensweise zur CO₂-Betrachtung erfolgten analog zum Primärenergiefaktor.

¹⁵ Da keine Kenntnisse über den KWK-Prozess inklusive Wirkungsgrade vorlagen, wird hier zur Vereinfachung von einem Kohlekessel mit einem Wirkungsgrad von 85 % ausgegangen.

Tabelle 19: CO₂-Bilanzen

Energieträger	Wärmemenge	eingesetzter Brennstoff	Emissionsfaktor	CO ₂ -Emissionen
	[MWh/a]	[MWh/a]	[kWh/kg CO ₂]	[t CO ₂ p.a.]
Steinkohle	57.812	68.014 ¹⁶	0,400	27.206
Wärmepumpe (Abwärme)	57.812	25.136 (Stromanteil)	0,560	14.076
Differenz	0			13.130

Aus **Tabelle 19** resultiert eine jährliche CO₂-Einsparung in Höhe von 13.130 t CO₂ p. a.

6.1.4 Fazit

Die resultierenden Wärmegestehungskosten (WGK) 135 €/MWh*a bzw. 122 €/MWh*a sind im Vergleich zu den derzeitigen WGK des Kraftwerkes Zolling verhältnismäßig hoch. Das Kraftwerk Zolling hat den Vorteil, dass es mit großer Sicherheit schon beschrieben ist und die Biomasse durch die Verbrennung von Altholz ebenfalls niedrige WGK hat. Hinzu kommt, dass ein Versorgungskonzept auf Basis einer Großwärmepumpe sehr stark von den Strompreisen bzw. deren Schwankungen abhängig ist. Die WGK sollten in einer weiteren Betrachtung mit einem längerfristig prognostizierten Strompreis der Stadtwerke mit und ohne EEG-Umlage nochmals neu ermittelt werden.

Erneuerbare Energien haben i. d. R. generell höhere WGK als fossile Wärmeerzeugungsanlagen, daher sind die WGK der Abwärmenutzung von Texas Instruments mit alternativen erneuerbaren Energiequellen wie z. B. einer Geothermieanlage zu vergleichen. Es ist ohnehin davon auszugehen, dass zukünftig auch die WGK für fossile Erzeugungsanlagen aufgrund der CO₂-Bepreisung steigen werden.

Außerdem ist an dieser Stelle nochmals anzumerken, dass nur eine sehr grobe Kostenschätzung im Rahmen dieser Studie durchgeführt werden konnte. Eine genauere Ermittlung der WGK sollte auf Basis einer Vorplanung mit anschließender dynamischer Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgen. Liegen die WGK dann unter dem Fernwärmepreis der Freisinger Stadtwerke und stellen im Vergleich zu den anderen potentiellen erneuerbaren Versorgungslösungen eine kostengünstige Alternative dar, so sollte das Schwerpunktprojekt 1 als Pilotprojekt realisiert werden.

6.2 Projekt 2: Anbindung eines beispielhaften Neubaugebiets

Im Freisinger Stadtteil Neustift zwischen Hermannstraße und Hochackerstraße (im Folgenden als „Erdbeerfeld“ bezeichnet) ist ein neues Wohnquartier auf einer aktuell noch brachliegenden Wiesenfläche geplant. Das aktuelle Quartierskonzept umfasst die Errichtung von insgesamt 15 Gebäuden auf einer Fläche von ca. 130 x 130 m.

Die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfes wurde auf ca. 750.000 kWh/a prognostiziert. Zur Bereitstellung der Wärme für das Erdbeerfeld wurden im Vorfeld bereits verschiedene Versorgungsvarianten miteinander verglichen, unter anderem auch ein innovativer Fernwärmeanschluss an den Rücklauf des Bestandwärmenetzes.

¹⁶ Da keine Kenntnisse über den KWK-Prozess inklusive Wirkungsgrade vorlagen, wird hier zur Vereinfachung von einem Kohlekessel mit einem Wirkungsgrad von 85 % ausgegangen.

Auf Basis von Art und Nutzung der geplanten Gebäude und des geplanten Energiestandards (KfW-Effizienzhaus 55 nach EnEV 2016; mittlerweile Effizienzhaus 55 nach GEG) erfolgte durch die Team für Technik GmbH eine Abschätzung des Wärmebedarfs über Flächen und spezifische Verbrauchswerte. Die Nutzfläche für Wohnen beträgt insgesamt ca. 12.100 m² und die Nutzfläche für Soziales (Kindertagesstätte) ca. 630 m². Der Gesamtwärmebedarf setzt sich zusammen aus dem Raumwärmebedarf und dem Wärmebedarf für die Brauchwarmwasserbereitung (BWW). Die maximale Heizlast beträgt > 300 kW.

Die im Folgenden zu betrachtende Variante sieht einen Anschluss über den Rücklauf des Fernwärmenetzes aus Zolling vor. Für die Fernwärmeversorgung aus dem Netzzücklauf wird ein Teilmassenstrom aus dem Netzzücklauf über den Rücklauf-Vorlauf entnommen, in den Hausanlagen abgekühlt und über den Rücklauf-Rücklauf in den Netzzücklauf zurückgeführt.

Eine Fernwärmeversorgung aus dem Netzzücklauf führt dazu, dass die Rücklauftemperatur weiter abgesenkt wird, was nicht nur energetische (Reduzierung der Netzverluste), sondern auch hydraulische Vorteile mit sich bringt. Die Transportkapazität wird durch die größere Temperaturspreizung erhöht. Es besteht die Möglichkeit weitere Kundenanlagen anzuschließen, ohne das Netz hydraulisch zu belasten. Zudem erhöht die Einbindung von Rücklaufanschlüssen als Wärmesenken im Netzzücklauf die Effizienz von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK).

6.2.1 Technisches Konzept

Im Fernwärmenetz sind im Rücklauf stets Temperaturen von mindestens 50 °C zu erwarten, tendenziell liegen die Rücklauftemperaturen zumeist höher. Um ein ausreichendes Temperaturniveau für die Brauchwarmwasserbereitung zur Verfügung zu stellen, ist der Rücklauf nicht ausreichend. Aufgrund der thermischen Desinfektion zur Vermeidung der Legionellenproblematik wird zeitweise eine Temperatur von mindestens 65 °C benötigt, ausgenommen sind wohnungsweise Frischwasserstationen (Leitungsvolumina < 3 Liter). Daher wird ergänzend zum Rücklaufanschluss die Möglichkeit vorgesehen, Wasser aus dem Vorlauf über ein Dreiwegeventil beizumischen (vgl. **Abbildung 53**). Dieser sogenannte Zweileiter-Dreifachanschluss ist eine zusätzliche Absicherung im Hinblick auf eine zukünftige Rücklauftemperaturabsenkung. Falls keine ausreichende Temperatur, Massenstrom oder Leistung über den Rücklauf zur Verfügung steht, wird Wasser aus dem Vorlauf beigemischt.

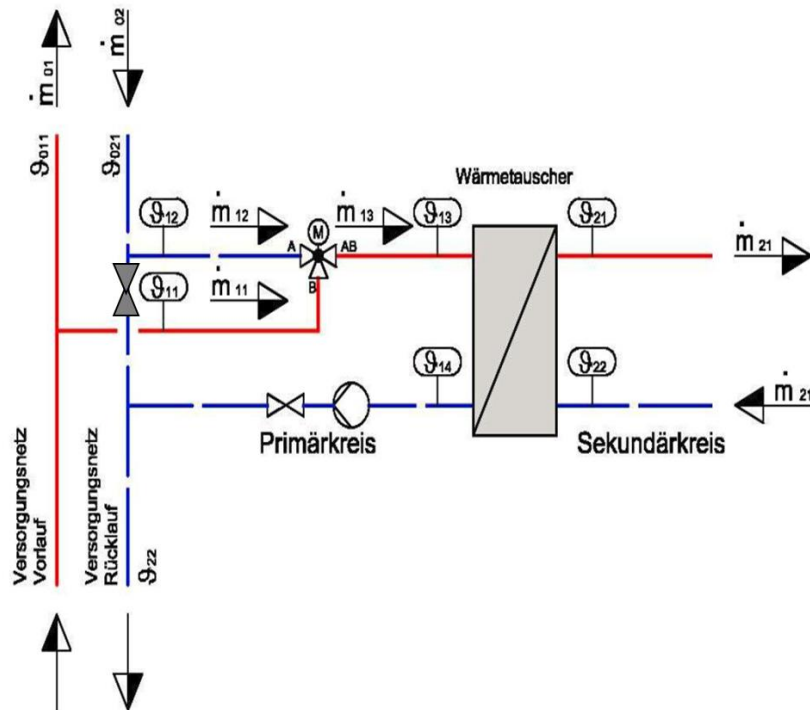


Abbildung 53: Zweileiter-Dreifachanschluss

Die Unterbringung des Zweileiter-Dreifachanschlusses könnte im Technikraum des Haus Nr. 7 vorgesehen werden (vgl. **Abbildung 55**). Es wird ein zugänglicher Platz für eine Absperrarmatur im Primär rücklauf zwischen Entnahme und Wiedereinspeisung des Rücklaufwassers benötigt. Nur so kann ein Kreisfluss vermieden werden. Die kleine Pumpe dient lediglich dazu, den Druckverlust über den Dreifachanschluss zu kompensieren. Das Dreiwegeventil wird nach der sekundären Sollwerttemperatur im Vorlauf über eine 3-Punkt-Regelung gesteuert. Die Unterbringung in einem extra dafür angefertigten Schachtbauwerk wurde aufgrund der hohen Investitionen verworfen.

Im Wesentlichen gibt es drei Anbindungsvarianten des Erdbeerfeldes an das Bestandswärmenetz (vgl. **Abbildung 54**), wobei die Variante 1 aufgrund der kürzesten Entfernung favorisiert wird:

- (1) an die DN 100 Leitung im Netz Steinpark (Entfernung ca. 300 m)
- (2) an die DN 100 Leitung in der Mainburger Straße (Entfernung ca. 900 m)
- (3) an die DN 400 Leitung in der Mainburger Straße (Entfernung ca. 1.100 m)

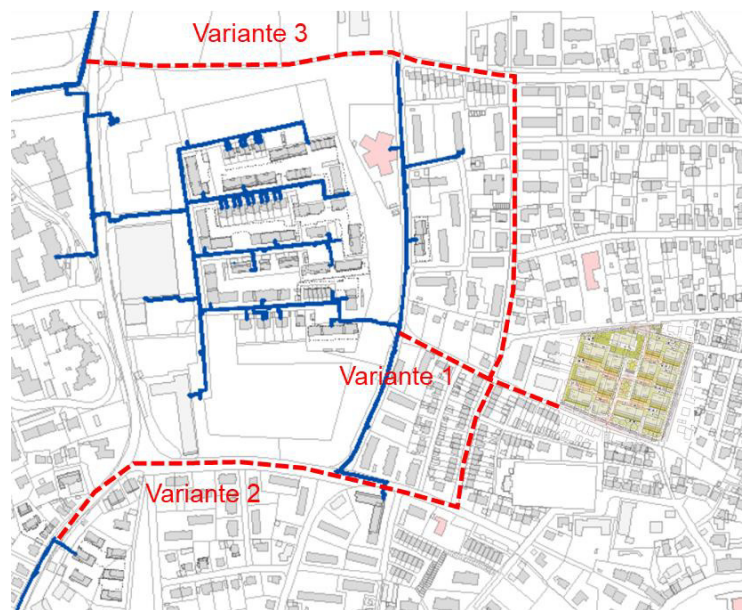


Abbildung 54: Anbindungsmöglichkeiten Erdbeerfeld

Damit die Legionellenproblematik trotz der niedrigen Versorgungstemperaturen im Neubauquartier Erdbeerfeld umgangen werden kann, wurde in Schwerpunktprojekt 2 zur weiteren Ausarbeitung von Wohnungsstationen mit Frischwasserzapfstellen zur Trinkwarmwasserbereitung ausgegangen. Diese sind unwesentlich teurer, bieten aber viele Vorteile. So können die Rücklauftemperaturen im Vergleich zu Hausstationen mit Speicherladesystemen geringgehalten werden.

Wohnungsstationen verteilen die Heizenergie von einer zentralen Fernwärmestation mit zwischengeschaltetem Pufferspeicher dezentral auf die Heizflächen innerhalb der Wohnungen, in die sie eingebaut sind. Gleichzeitig übernehmen sie die bedarfsabhängige dezentrale Trinkwassererwärmung im Durchfluss. Als Kleinanlagen mit Leitungsvolumina kleiner 3 Liter fallen sie nicht unter die regelmäßige Legionellen-Prüfpflicht und eignen sich daher besonders für mehrgeschossige Mehrfamilienhäuser.

Die Investitionen für einen Rücklaufanschluss sind grundsätzlich höher als bei klassischen Fernwärmeanschlüssen, da sich durch die geringe zur Verfügung stehende Temperaturdifferenz ein größerer Massenstrom ergibt und folglich größere Nennweiten und Wärmetauscherflächen in den Hausstationen erforderlich sind. Wird der Rücklaufanschluss als Dreileiter-Anschluss ausgeführt, erhöhen sich die Investitionskosten um die Herstellkosten für den Vorlauf. Für die Versorgung aus dem Rücklauf des Fernwärmenetzes ist keine zusätzliche Hilfsenergie in Form von Pumpstrom zum Transport des Fernwärmewassers erforderlich. Gegenüber dem klassischen Fernwärmeanschluss ist allerdings Pumpstrom zur Überwindung der Druckverluste im Primärkreislauf zwischen der Entnahme des Rücklaufwassers und der Wiedereinspeisung in den Rücklauf notwendig.

Zur Verteilung der Wärme innerhalb des Quartiers Erdbeerfeld ist ein Versorgungsnetz notwendig. Zur Abschätzung der Netzbaukosten wurde ein Trassenentwurf mit anschließender Dimensionierung angefertigt (vgl. **Abbildung 55**). Die Wärmebedarfsabschätzung für die einzelnen Objekte wurde bereits durch die Team für Technik GmbH durchgeführt und in das hydraulische Netzmodell übernommen.

Das Netz hat insgesamt eine Trassenlänge von 880 m inklusive der DN 100-Anbindung (320 m) an das Bestandsnetz Steinpark. Die größte Nennweite ist DN 100. Die Netzauslegung für das Quartier erfolgte auf Basis einer Temperaturpreizung von $T_{VL} / T_{RL} = 50 / 30 \text{ °C}$. Die Kosten wurden für ein zweifach verstärktes Kunststoffverbundmantel-

rohr(KMR)-Verlegesystem ermittelt. Primärseitig ist von einer Rücklauftemperatur zwischen 55 bis 65 °C auszugehen und dass der vom Netz Steinpark zur Verfügung stehende Massenstrom für eine Rücklaufversorgung über große Teile des Jahres ausreichend ist, so dass nur wenig Vorlaufwasser (< 20 %) beigemischt werden muss.

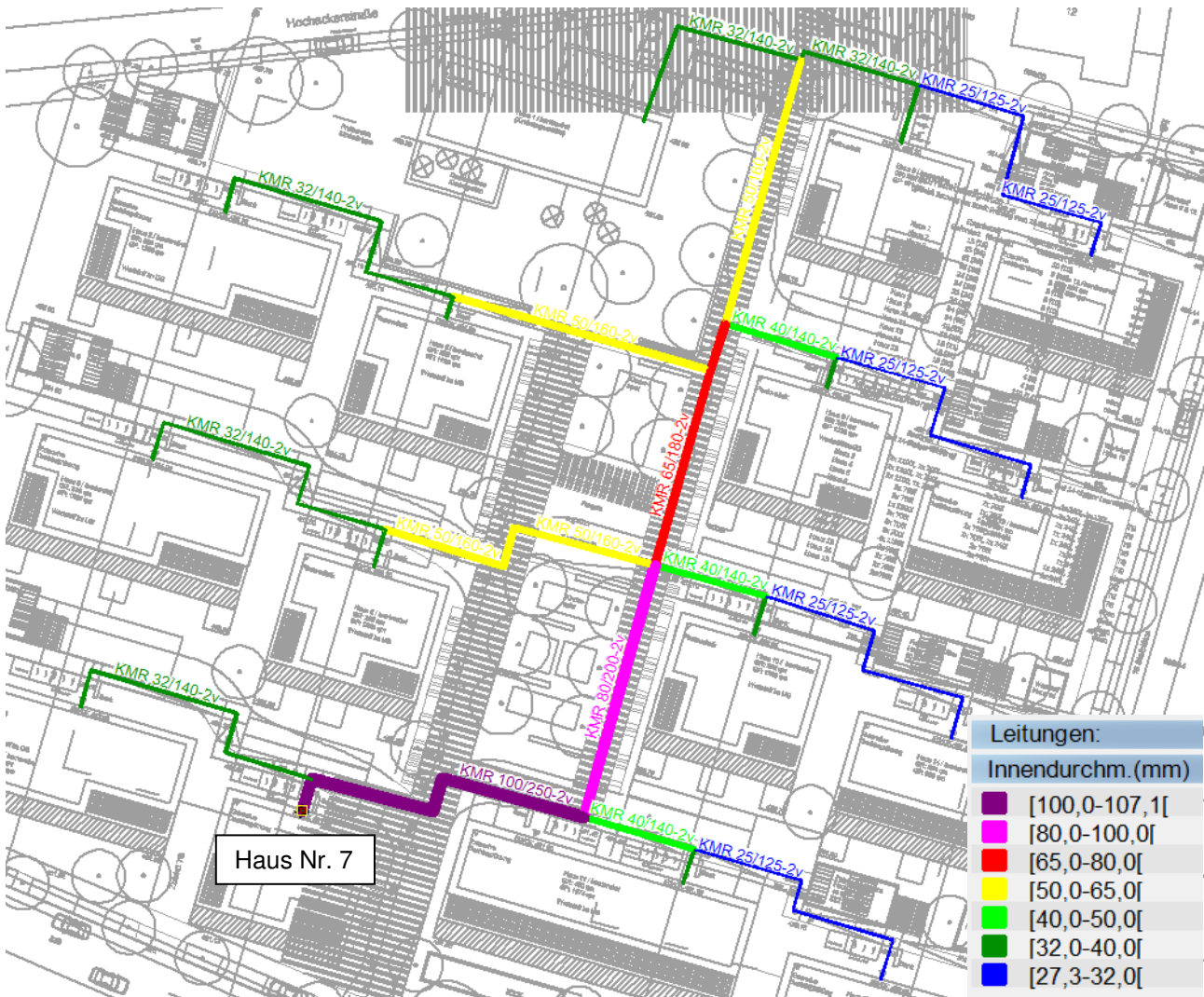


Abbildung 55: Netzentwurf für das Quartier Erdbeerfeld

6.2.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten wurden analog zu Schwerpunktprojekt 1 als allererstes die Investitionskosten bestimmt. Die Kosten setzen sich zusammen aus

- (1) Zweileiter-Dreifachanschluss 92.000 €
- (2) Netzbau 531.000 €
- (3) Planung (15 % der Investitionen) 93.450 €

Es wird davon ausgegangen, dass die Hausstationen im Eigentum des Investors sein werden. Der Wärmepreis für den Anschluss an den Rücklauf unterscheidet sich i. d. R. vom Tarif der klassischen Fernwärmekunden, da der

Netzbetreiber durch den Rücklaufanschluss die zuvor genannten Vorteile hat. Der anlegbare Wärmepreis wird anhand der aus der Wirtschaftlichkeitsberechnung resultierenden Wärmegestehungskosten ermittelt.

Im Zuge der BEG (Bundesförderung für effiziente Gebäude) werden Neubauten mit folgenden Effizienz-Standards gefördert: 55, 55 EE/NH¹⁷, 40, 40 EE/NH und 40 Plus. Der frühestmögliche Zeitpunkt zur Antragstellung für Wohngebäude (WG) und Nichtwohngebäude (NWG) gemäß BEG ist der 01.07.2021. Durch Erreichen einer Effizienzhaus (EE)-Klasse¹⁸, d. h. sobald ein Anteil an Erneuerbaren Energie von 55 % erreicht wird, erhält ein „Häuslebauer“/Investor Sonderzuschläge in Höhe von 2,5 %. Dazu zählt auch der Anschluss an ein Fernwärmenetz, das zu mehr als 55 % durch Erneuerbare Energien versorgt wird. Derzeit wird der EE-Anteil von 55 % im Wärmenetz Freising noch nicht erreicht, so dass potentielle Kunden der Freisinger Fernwärme, also auch der Investor für das Quartier „Erdbeerfeld“, aktuell keinen Sonderzuschlag für den Anschluss an das Wärmenetz erhalten würde. Dies macht das städtische Wärmenetz für zukünftige Kunden weniger attraktiv.

Dem Wärmenetzbetreiber steht gleichzeitig die Inanspruchnahme einer Förderung gemäß Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) zu, wenn der KWK-Anteil im Wärmenetz mindestens 75 % beträgt. Somit betragen die für die Wirtschaftlichkeit zu berücksichtigenden Förderungen für den Leitungsbau gemäß KWKG 40 % bzw. 212.400 €.

Zur Ermittlung der Wärmegestehungskosten müssen neben den Investitionskosten noch die betriebsgebundenen Kosten (Wartung & Instandhaltung) und die verbrauchsgebundenen Kosten, in diesem Fall lediglich der Strom für die Umwälzpumpe, abgeschätzt werden. Die resultierenden Wärmegestehungskosten zuzüglich Marge und betrieblichem Overhead entsprechen dem Wärmepreis, den die Kunden im Quartier Erdbeerfeld für den Rücklaufanschluss bezahlen müssten.

Die ausführliche Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist in **Anlage 10** zu finden. Die Wärmegestehungskosten betragen ca. 60 €/MWh*a.

6.2.3 Primärenergieeinsparung und CO₂-Reduktion

Durch den Rücklaufanschluss lässt sich gemäß FW 309 kein Vorteil für die Berechnung des Primärenergie- oder CO₂-Emissionsfaktors herbeiführen. Denn jeder Kilowattstunde Wärmeenergie, die dem Rücklauf entnommen wird, steht ein Primärenergieeinsatz zur Aufheizung im Kraftwerk gegenüber. Da der Betrieb des „Sekundärnetzes“ diesen Primärenergieeinsatz verursacht, ist ein PEF von 0 nicht gerechtfertigt. Die energetische Bewertung von Wärmenetzen ist derzeit eine Gesamtsystembewertung, d.h. Erzeugung, Verteilung und Übergabe werden gemeinsam betrachtet. Die Rücklaufleitung ist kein abtrennbares eigenständiges oder substituierbares Untersystem. Ein Vorlauf-PEF und ein separater Rücklauf-PEF werden dem Systemgedanken daher nicht gerecht. Eine unterschiedliche Bewertung von VL und RL müsste auf Exergie basieren, wodurch sich ein besserer Wert für das an den Rücklauf angeschlossene Teilnetz ergäbe. Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) bewertet aber nicht exergetisch sondern energetisch.

Der Vorteil des Rücklaufanschlusses gegenüber einem klassischen Fernwärmeanschluss liegt an den eingesparten Wärmeverlusten und an der Reduktion der Rücklauftemperatur im Hauptnetz. Allerdings ist die Wassermenge aus dem Rücklauf des Quartiers (21 t/h) im Verhältnis zum gesamten Rücklauf (ca. 1.300 t/h) so klein, dass dadurch kein nennenswerter Kühlungseffekt entsteht. Die Wärmeverluste hingegen lassen sich für das Quartier selbst erkennbar reduzieren.

¹⁷ Nachhaltigkeits-Klasse NH erfordert ein Nachhaltigkeitszertifikat für das Effizienzhaus

¹⁸ Eine „Effizienzhaus EE“-Klasse wird erreicht, wenn erneuerbare Energien einen Anteil von mindestens 55 % des für die Wärme- und Kälteversorgung des Gebäudes erforderlichen Energiebedarfs erbringen.

So betragen die Verluste bei den konventionellen Betriebstemperaturen $T_{VL} / T_{RL} = 100 / 55 \text{ °C}$ ca. 94 MWh/a und im Falle eines Rücklaufanschlusses ca. 42 MWh/a, vorausgesetzt wurde eine 2fach verstärkte Kunststoffmantelrohrverlegung. Daraus resultiert eine Differenz von 52 MWh/a.

In **Tabelle 20** wurden für drei verschiedene Dämmstufen die Wärmeverluste ermittelt und daraus über den spezifischen Emissionsfaktor des Kraftwerks Zolling die CO₂-Emissionen errechnet.

Tabelle 20: Ermittlung der CO₂-Emissionen

Temperaturspreizung			Dämmstufe		
			<i>Standard</i>	<i>1x verst.</i>	<i>2x verst.</i>
50/30 °C	Wärmeverluste	kWh/a	53.753	46.586	41.830
			<i>Standard</i>	<i>1x verst.</i>	<i>2x verst.</i>
100/55 °C	Wärmeverluste	kWh/a	120.943	104.819	94.117
	Wärmeverluste Differenz	kWh/a	67.191	58.233	52.287
	CO₂-Emissionen¹⁹	t CO ₂ p.a.	10	9	8

6.2.4 Fazit

Kurzfristig verbessert sich durch den Rücklaufanschluss zwar weder der Primärenergiefaktor noch die CO₂-Emission, doch langfristig betrachtet, ist das ein erster Schritt in die richtige Richtung. Rücklaufanschlüsse sind insbesondere im Hinblick auf eine Temperaturabsenkung interessant und sollten vor allem dort realisiert werden, wo große Wassermengen in Kombination mit hohen Rücklauftemperaturen auftreten. Das Neubaugebiet „Erdbeerfeld“ hat aufgrund der verhältnismäßig geringen Wärmemenge keinen nennenswerten Einfluss auf das Gesamtsystem. Auch wenn es keine allzu großen Vorteile aufweisen kann, könnte man das Erdbeerfeld zur Erprobung einer Quartiersversorgung aus dem Rücklauf realisieren. Für den Investor könnte die Rücklaufversorgung durch einen gesonderten günstigen Wärmepreis attraktiv gemacht werden. Allein auf Basis der Wärmegestehungskosten wäre das realisierbar.

Dabei muss berücksichtigt werden, dass es für den Anschluss an ein Wärmenetz mit einem erneuerbaren Anteil größer 55 % nach der neuen Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) bessere Förderkonditionen gibt. Aus diesem Grund sollte als erster Schritt für das bestehende Wärmenetz zeitnah ein EE-Anteil von mindestens 55 % angestrebt werden.

¹⁹ CO₂-Emissionsfaktor Kraftwerk Zolling 2019

7. Handlungsempfehlungen

Auf Grundlage der Bestandsanalyse aus AP 1 und der Potentialanalyse aus AP 2 sowie den betrachteten Transformationsstrategien wurde ein umsetzungsorientiertes und praxisbezogenes Konzept erstellt, das der Stadt Freising konkrete Handlungsempfehlungen für eine zukunftsfähige, effiziente und entwicklungs offene Wärmeversorgung auf Basis regenerativer Energieträger darlegt. Die Handlungsempfehlungen betreffen insbesondere die nachfolgend aufgeführten Bereiche.

- **Umgang mit dem Standort Zolling klären**

Der Standort Zolling ist aktuelle der Haupteinspeiser in das Fernwärmenetz, ergänzend dazu gibt es in Lange Point und Hallbergmoos noch Spitzenlastzeuger, die verhältnismäßig wenige Betriebsstunden aufweisen. Aufgrund der vorhandenen Einspeiser und Infrastruktur ist derzeit davon auszugehen, dass der Standort Zolling auch für die zukünftige netzgebundene Wärmeversorgung eine zentrale Rolle spielt. Aus diesem Grund sind bereits jetzt die Weichen zu stellen und langfristige Lieferverträge insbesondere für die Wärme aus der Biomasse zu schließen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es für ein EE-Anteil von mindestens 55 % bessere Förderkonditionen gibt. Zudem ist die Versorgungsstrategie im Hinblick auf den Ersatz der Steinkohle durch Gas-BHKWs zu überdenken und mögliche Alternativen zu prüfen. Durch den Zusammenschluss mit anderen am Transportnetz Zolling befindlichen Teilnetzen oder großen Wärmeabnehmern besteht die Chance mehr Einfluss auf den Standort Zolling nehmen zu können.

- **Umgang mit dem Gasnetz klären**

Das derzeit größte Hindernis im Hinblick auf eine 100 % erneuerbare Energieversorgung ist das flächendeckende Gasnetz, das im Augenblick knapp 60 % der Gesamtwärmeversorgung der Stadt Freising einnimmt und eine äußerst wichtige Einnahmequelle für die Stadtwerke darstellt. Der Rückbau des Gasnetzes ist für die Stadtwerke mit dem Risiko verbunden, dauerhaft Kunden zu verlieren. Hierfür muss langfristig eine Strategie entwickelt werden, die neben dem Rückbau auch eine Umnutzung des Gasnetzes (Biometan, Wasserstoff) in Betracht zieht. Zusammen mit den Sparten Wärme und Strom muss hierfür ein sektorenübergreifender Entwicklungsplan erarbeitet werden. In einem ersten Schritt sollte der Ausbau des Gasnetzes nicht weiter forciert werden, sondern den weiteren Ausbau - wenn möglich - stark einschränken.

- **Kontaktaufnahme mit weiteren Wärmenetzabnehmern**

Neben der Stadt Freising und der TU Weihenstephan werden noch weitere Teilnetze mit Wärme aus dem Fernwärmesystem Zolling versorgt, welche ebenfalls Klimaschutzziele verfolgen: die Gemeinde Hallbergmoos, die Gemeinde Zolling und der Flughafen München. Um ein ganzheitliches Konzept entwickeln zu können und zusätzlich die potentiellen erneuerbaren Ressourcen dieser Gebiete zu nutzen, sollten zwingend alle betreffenden Wärmenetzabnehmer in die Betrachtungen miteinbezogen werden. Die Stadt Freising sollte daher aktiv den Austausch mit den weiteren Abnehmern suchen, um gemeinsam auf eine Strategie zur Dekarbonisierung des Zollinger Wärmenetzes hinzuwirken. Nur so kann insgesamt die Wärmeversorgung optimiert und das bestmögliche Ergebnis für alle erzielt werden.

- **Transportkapazität der Bestandsnetze untersuchen und Maßnahmen zur Absenkung der Netztemperaturen prüfen und umsetzen**

Die Einbindung von Erneuerbaren Energien erfordert eine Absenkung der Vorlauftemperatur, da viele erneuerbare Energiequellen das hohe Temperaturniveau von derzeit zeitweise über 115 °C nicht erreichen. Die Absenkung der Vorlauftemperatur erfordert im Vorfeld weitere Maßnahmen wie:

- ⇒ die Überprüfung der Transportkapazität der Bestandsnetze mittels netzhydraulischer Berechnungen, die im Rahmen dieser Studie nur sehr grob mithilfe eines stark vereinfachten Netzmodells durchgeführt werden konnten. Hydraulische Machbarkeit: Ermittlung der Netzkapazität hinsichtlich Temperaturabsenkung, Überprüfung der ausgewählten Erzeugerstandorte, Identifikation von Netzengpässen und Herausarbeiten von Maßnahmen zur Beseitigung solcher Engpässe (z. B. Druckerhöhung, Verstärkungsleitung)
 - ⇒ das Überprüfen der Temperaturanforderungen von Kunden, die aus verschiedenen Gründen auf hohe Betriebstemperaturen angewiesen sein könnten oder deren Hausstationen (Wärmetauscher) nicht mit der geringeren Temperaturspreizung kompatibel sind
 - ⇒ die Absenkung der Rücklaufftemperatur zur Erhöhung der Transportkapazität der Bestandsnetze. Dabei müssen im ersten Schritt insbesondere die Kunden identifiziert werden, die eine hohe Rücklaufftemperatur einhergehend mit einer hohen Wärmeabnahme bzw. Wassermenge zurückspeisen (z. B. TU Weihenstephan).
- **Effizienz- und Speicherlösungen zur Optimierung der Netze prüfen**

Ohne von anderen Maßnahmen abhängig zu sein, sollte geprüft werden, ob das Ausnutzen der Pufferkapazität des Netzes aktuell Vorteile bringt. So könnte zum Beispiel zur Reduktion der Morgenspitze das Netz bereits ein paar Stunden früher aufgeheizt werden. Sobald das zukünftige Erzeugerkonzept ausgearbeitet ist und die Transformationsstrategie feststeht, besteht ggf. die Option das Fernwärmesystem durch zusätzliche Wärmespeicher weiter zu optimieren.
 - **Standorte für zukünftige Einspeiser sichern**

Sobald die Entscheidung getroffen wurde, welche Erzeugertypen zukünftig zum Einsatz kommen sollen, muss dafür jeweils ein geeigneter Standort gefunden werden. Es ist wichtig, dass die Stadt die identifizierten Erzeugerstandorte reserviert, in den Flächennutzungsplan integriert und ggf. entsprechend kennzeichnet.
 - **Ausbau der Wärmenetze forcieren**

Parallel zum zukünftigen Erzeugerkonzept muss auch der Netzausbau weiter vorangetrieben werden. Dazu ist vorab das Erarbeiten einer detaillierten Netzausbaustrategie erforderlich. Um mit dem Ausbau der Wärmenetze schneller voran zu kommen, muss in allererster Linie die Akquisetätigkeit gesteigert werden. Dabei gilt es, Fernwärmeanschlüsse durch Bewerbung verschiedener Fördermöglichkeiten attraktiver zu machen. Die Stadt sollte zudem überprüfen, ob und wo eine Wärmenetzanschlussatzung in Teilbereichen sinnvoll sein kann. Mit der Netzausbaustrategie werden klare Perspektiven hinsichtlich der Primärfaktorentwicklung und der Entwicklung der CO₂-Emissionen aufgezeigt. Durch die Veröffentlichung der jährlichen Ausbaquote wird gleichzeitig überprüft, ob die schrittweisen Ausbauziele erreicht werden.
 - **Schrittweiser Ausbau der erneuerbaren Energiequellen mit dem größten Potential (unter Federführung der Freisinger Stadtwerke)**

Auf Basis der Ergebnisse dieser Studie, in welcher die größten erneuerbaren Potentiale identifiziert wurden, sollte zeitnah ein detailliertes Erzeugerkonzept erstellt werden. Die Transformationsstrategie erfolgt in zwei Stufen: für das Jahr 2035 bzw. für 2050. Dabei werden die Wärmequellen inklusive des jeweiligen Standorts festgelegt sowie die damit einhergehende Zieltemperatur für den zukünftigen Netzbetrieb. Neben einer optimierten Erzeugereinsatzreihenfolge muss für den Ausfall von Wärmeeinspeisern ein Besicherungskonzept erarbeitet werden. Ggf. macht die Integration von weiteren Wärmespeichern Sinn und

sorgt für eine weitere Optimierung des Erzeugereinsatzes und des Netzbetriebs. Das Ziel der Stadt wäre mittelfristig der Aufbau stadt-eigener regenerativer Erzeugungskapazitäten, wobei in einem ersten Schritt nach Möglichkeit die Umsetzung des Schwerpunktprojektes 1 weiterverfolgt werden sollte. Ähnlich wie beim Netzausbau sollte auch bei der Erzeugung eine jährliche Berichterstattung mit Veröffentlichung des Primärenergiefaktors und der CO₂-Emissionen erfolgen.

- **Reduzierung des städtischen Wärmebedarfs**

Neben der Transformation hin zu einer rein regenerativen Wärmeversorgung steht gleichzeitig die Reduzierung des Wärmebedarfs im Fokus. Hierzu gilt es die bestehende Energieberatung auszuweiten und z. B. gezielt über die Sanierungsmaßnahmen und regenerative Einzelversorgungslösungen, insbesondere für Bestandsgebäude, zu informieren. Zudem sollte die Stadt Freising in Erwägung ziehen, Sanierungsmaßnahmen ggf. durch kommunale Förderprogramme zu forcieren.

- **Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)**

Um das Ziel einer rein regenerativen Wärmeversorgung zu erreichen, müssen alle fossilen Energieträger ersetzt werden. Das bedeutet, dass bereits heute im Neubau nach Möglichkeit keine fossilen Energieträger mehr zum Einsatz kommen. Das gleiche gilt für den Ersatz von Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden. Auch diesbezüglich könnte die Stadt die Energieberatung zur positiven Einflussnahme ausweiten und kommunale Förderprogramme entwickeln. Ergänzend dazu sollte laufend geprüft werden, inwieweit die Neuinstallation von Öl- oder Gaskesseln in Bestandsgebieten oder -gebäuden zukünftig (rechtlich) untersagt werden kann und das Freisinger Solargebot erweitert werden kann. Die Stadt sollte als Vorbild vorgehen, ressourcenschonende Maßnahmen umsetzen und fossile Energieträger möglichst bald ersetzen.

- **Vereinfachung der komplexen Eigentümer- und Betreiberstrukturen**

Mit den Anlagen- und Netzbetreiberfind im Rahmen dieser Studie ein erster Interessens- und Strategieaustausch statt. Dieses Treffen hat die Wichtigkeit eines solchen Austauschs nochmal verdeutlicht, so dass das Treffen zukünftig jährlich stattfinden sollte. Somit können gemeinsame Ziele verfolgt und einzelne Ziele ggf. nochmals nachjustiert werden. In diesem Zusammenhang sollten sich die Anlagen- und Netzbetreiber Gedanken machen, ob und in welcher Form die Eigentümer- und Betreiberstrukturen langfristig vereinfacht werden könnten.

- **Datengrundlagen verbessern**

Im Rahmen dieser Studie wurden bereits einige Datengrundlagen gesammelt und aufbereitet. Vor allem zur Erstellung des Wärmekatasters wurden alle derzeit zur Verfügung stehenden Informationen zu den einzelnen Objekten zusammengetragen. Diese Daten sollten regelmäßig anhand von aktuellen Daten überarbeitet werden und die bestehenden Lücken durch zusätzliche Daten beseitigt werden. Außerdem sind zur Nachverfolgung der Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs im Stadtgebiet neben Wärmeverbrauchsdaten auch Informationen zu Sanierungsmaßnahmen zu dokumentieren. Das Wärmenetz könnte durch die Installation neuer Messpunkte und die Archivierung dieser Messdaten besser überwacht und bewertet werden. Zur hydraulischen Bewertung des Netzes müssen die Bestandsdaten in ein Rechenetzmodell überführt werden.

Die soeben aufgeführten Handlungsoptionen wurden in einen Katalog mit konkreten Maßnahmen übersetzt. Die Maßnahmen lassen sich dabei in folgende Handlungsfelder gliedern:

- (1) Wärmenetze inklusive Wärmeerzeugung
- (2) Einzelversorgung
- (3) Reduktion des Wärmebedarfs
- (4) Kommunale Steuerelemente
- (5) Gasnetz
- (6) die Betreiberstrukturen (Berücksichtigung der inhomogenen Eigentumsverhältnisse)

Der Fokus dieser Studie liegt dabei vor allem auf dem Handlungsfeld I. den Wärmenetzen. Damit Freising zukünftig zu 100 % mit Erneuerbaren Energien versorgt werden kann, müssen alle der o. g. Handlungsfelder berücksichtigt werden.

7.1 Leitlinien und Ziele

Die übergeordneten Leitlinien und Ziele der Stadt Freising, aus den sich die Handlungsempfehlungen und konkreten Maßnahmen ableiten lassen, werden im Folgenden nochmals stichpunktartig zusammengefasst:

Übergeordnete Planungsziele

- Reduktion des Wärmebedarfs im Stadtgebiet
- Nachhaltige, regionale Wärmeversorgung auf Basis Erneuerbarer Energien (bis 2035)
- Netzgebundene Wärmeversorgung in kommunaler Hand (Thema: Einflussnahme und Versorgungssicherheit)

Schrittweise Reduktion fossiler Energieträger

- Ausbau des Gasnetzes / von Gasnetzanschlüssen nicht weiter forcieren
- Intensivierung des Ausbaus von regenerativen Einzelversorgungslösungen in nicht „fernwärmewürdigen“ Gebieten
- Einforderung von regenerativen, zukunftsweisenden Versorgungslösungen im Neubau

Ausbau von Wärmenetzen und Wärmenetzanschlüssen

- Attraktivitätssteigerung von Wärmenetzanschlüssen (Förderungen, PEF-Zielvorgabe, ...)
- Netzausbaustrategie unter Federführung der Freisinger Stadtwerke
- Öffentlichkeitsarbeit und Akquise

Ausbau des Anteils an Erneuerbarer Energien im städtischen Wärmenetz

- Schrittweise Senkung der CO₂-Emissionen und Verringerung des PEF bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“)
- Optimierung der Netzstrukturen zur Integration Erneuerbarer Energien
- Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke
- Weiterverfolgung und zeitnahe Umsetzung des Schwerpunktprojektes 1
- Vorbildfunktion städtischer Gebäude und Entwicklungsgebiete

7.2 Maßnahmenkatalog

Auf Basis des energetischen Ist-Zustands, der Potentialanalysen und der Akteursbeteiligungen wurden die Handlungsoptionen in einen Katalog mit verschiedenen Maßnahmen und den dafür zuständigen Akteuren übersetzt. Der entsprechende ausführliche Maßnahmenkatalog ist in **Anlage 11** zu finden.

Nr.	Maßnahme	Zuständigkeit	Handlungsfeld *	Umsetzungshorizont	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
1	Erstellung eines hydraulischen Rechenetzmodells	Stadtwerke	KM	kurzfristig	gering	keines	●●●	x
2	Detailliert ausgearbeitetes Erzeugerkonzept	Stadtwerke	KM	kurzfristig	gering	hoch	●●●	x
3	Hydraulische Machbarkeit im Hinblick auf die Zielnetztemperatur	Stadtwerke	KM	kurzfristig	gering	keines	●●●	x
4	Absenkung der Vorlauftemperatur	Anlagen- u. Netzbetreiber	KM	unbefristet	gering	mittel	●●●	x
5	Überprüfung der Temperaturanforderungen der Kunden	Netzbetreiber	KM	mittelfristig	gering	niedrig	●●●	x
6	Anpassung der technischen Anschlussbedingungen (TAB)	Netzbetreiber	KM	kurzfristig	gering	niedrig	●●	x
7	Absenkung der Rücklauftemperatur	Netzbetreiber	KM	unbefristet	gering	mittel	●●●	x
8	Verträge mit Kraftwerk Zolling prüfen und Wärme ggf. langfristig sichern	Stadtwerke	KM	kurzfristig	gering	mittel	●●●	

Nr.	Maßnahme	Zuständigkeit	Handlungsfeld *	Umsetzungshorizont	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
9	Nutzung von industrieller Abwärme: Wärmeauskopplung mittels Wärmepumpe	Stadtwerke	KM	kurzfristig	hoch	mittel	●●●	x
10	Zügiger Ausbau des Wärmenetzes insbesondere im Innenstadtbereich	Stadtwerke	KM	mittelfristig	hoch	hoch	●●●	
11	Detailliertes Netzausbaukonzept inklusive Zeitplan erstellen	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	mittel	●●●	x
12	Machbarkeitsstudie Tiefengeothermie	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	mittel	●●●	x
13	Technisches Konzept zum Bau einer neuen Biomasseanlage	Stadtwerke	PM	kurzfristig	hoch	mittel	●●●	x
14	Untersuchung des Nutzens und der Vorteile eines Wärmespeichers	Stadtwerke	PM	mittelfristig	gering	hoch	●●	
15	Optimierung des Netzbetriebs durch Ausnutzen der Pufferkapazität	Anlagen- u. Netzbetreiber	PM	kurzfristig	gering	mittel	●	
16	Nutzung von Klärschlamm zur Wärmeerzeugung prüfen	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	hoch	●●	x
17	Detaillierte Untersuchungen zur Nutzbarkeit der Abwärme aus Abwasser	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	mittel	●●	
18	Prüfen und ggf. Sichern von potentiellen Erzeugerstandorten	Stadt/Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	niedrig	●●	

Nr.	Maßnahme	Zuständigkeit	Handlungsfeld *	Umsetzungshorizont	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
18	Nutzung von industrieller Abwärme: Wärmeauskopplung aus BHKWs	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	mittel	••	
20	Analyse der Möglichkeiten zur Bereitstellung von regenerativem Strom	Stadtwerke	PM	mittelfristig	gering	hoch	••	x
21	Prüfung der Erweiterung der Solarpflicht	Stadt Freising	EM	kurzfristig	gering	hoch	•••	
22	Prüfung der Erweiterung des Gebäude-Energiestandard Freising	Stadt Freising	EM	kurzfristig	gering	hoch	•••	
23	Prüfung inwieweit die Neuinstallation von Öl- oder Gaskesseln in Bestandsgebieten oder -gebäuden zukünftig (rechtlich) untersagt werden kann	Stadt/Bayern	EM	mittelfristig	gering	hoch	••	
24	Ausweitung der kommunalen Beratung und Information bezüglich regenerativer Einzelversorgungslösungen, insbesondere für Bestandsgebäude.	Stadt Freising	EM	mittelfristig	mittel	mittel	••	
25	Erstellung von Masterplänen für eine Dekarbonisierung der Gebäude-Wärmeversorgung kommunaler und öffentlicher Gebäude	Stadt Freising	EM	kurzfristig	gering	mittel	•••	
26	Initiierung von Pilotprojekten mit innovativen Technologien zur Wärmeversorgung	Stadt Freising	EM	mittelfristig	hoch	mittel	••	

Nr.	Maßnahme	Zuständigkeit	Handlungsfeld *	Umsetzungshorizont	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
27	Regelmäßige Erstellung einer Klimabilanz	Stadt Freising	EM	unbefristet	gering	mittel	●●	x
28	Kontinuierliche Aktualisierung und Verbesserung des Wärmekatasters	Stadt Freising	EM	unbefristet	gering	mittel	●●	x
29	Regelmäßiges Update zu Förderoptionen und Bewerbung neuer Möglichkeiten	Stadt Freising	EM	unbefristet	mittel	mittel	●●●	
30	Anreizprogramm zur energetischen Gebäudesanierung	Stadt Freising	SM	kurzfristig	hoch	hoch	●●●	
31	Monitoring von Sanierungsrate und Sanierungstiefe	Stadt Freising	SM	unbefristet	gering	mittel	●●	x
32	Ausweisung von Eignungsgebieten für Fernwärme	Stadt Freising	KS	kurzfristig	gering	hoch	●●●	
33	Implementierung des kommunalen Wärmeplans in den Flächennutzungsplan	Stadt Freising	KS	mittelfristig	gering	niedrig	●●	
34	Regelmäßiger Austausch aller Akteure zur netzgebundenen Wärmeversorgung	Stadt Freising	KS	unbefristet	gering	mittel	●●●	
35	Bewertung der Gasnetzperspektiven	Stadtwerke	GM	mittelfristig	gering	hoch	●●	x
36	Erstellung eines sektorübergreifenden Netzentwicklungsplans	Stadtwerke	GM	mittelfristig	gering	hoch	●●●	

Nr.	Maßnahme	Zuständigkeit	Handlungsfeld *	Umsetzungshorizont	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
37	Konzept für zukünftiges Eigentümer- und Betreibermodell ausarbeiten	Stadtwerke	SKM	mittelfristig	gering	niedrig	••	x
38	Regelmäßige Nachfrage nach den Unternehmens- und Strategiekonzepten der verschiedenen Eigentümer- und Betreiber der Anlagen und Netze	Anlagen- u. Netzbetreiber	SKM	mittelfristig	gering	mittel	•••	
39	Austausch und ggf. Zusammenschluss mit den weiteren Wärmeabnehmern am Zollinger Wärmenetz	Stadt Freising	KS	kurzfristig	gering	mittel	•••	

*WM: Maßnahmen im Wärmenetz

*EM: Maßnahmen für die Einzelversorgung

*SM: Maßnahmen zu Reduktion des Wärmebedarfs (Sanierungsmaßnahmen)

*KS: Kommunale Steuerelemente

*GM: Maßnahmen das Gasnetz betreffend

*SKM: Strukturelle und konzeptionelle Maßnahmen

Für die wichtigsten, kurzfristig umzusetzenden Maßnahmen wurde jeweils ergänzend zum Maßnahmenkatalog ein Steckbrief ausgearbeitet (siehe Anlage 12). Ein Steckbrief ist exemplarisch in **Abbildung 56** dargestellt.

Nr. 1 Erstellung eines hydraulischen Rechnetzmodells						
Beschreibung						
Aus GIS-Daten (z. B. Shape-Dateien) oder Netzplänen (z. B. DWG-Dateien) soll ein hydraulisches Rechnetzmodell für das gesamte Fernwärmebestandsnetz von Zolling bis nach Hallbergmoos erstellt werden. Dabei sind alle Teilnetze inklusive TU Weihenstephan abzubilden. Die angeschlossenen Kunden werden objektscharf mit ihrer jeweiligen Jahreswärmearbeit in Kombination mit dem Verbrauchertyp (Standardlastprofil) oder alternativ mit der jeweiligen Anschlussleistung integriert. Das hydraulische Rechnetzmodell umfasst alle Einspeiser und Druckerhöhungspumpen. Zur Plausibilisierung des Rechnetzmodells wird in der Regel ein Messvergleich zur Kalibrierung und Plausibilisierung des rechenfähigen Netzmodells durchgeführt. Das Netzmodell sollte regelmäßig aktualisiert werden, insbesondere bei größeren Veränderungen im Leitungsbau, bei Kundenanschlüssen oder bei den Erzeugerstandorten.						
Beginn	kurzfristig	Dauer	½ Jahr			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	externer Dienstleister			
Zielgruppen	Anlagen- und Netzbetreiber	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	sehr gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	unabhängig von anderen Maßnahmen	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept, hydr. Machbarkeit, Vorlauf-temperaturabsenkung			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadtwerke	gering	keinen Einfluss			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	●
	Potenzial CO₂-Reduktion	○	○	○	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Instrument zur strategischen Fernwärmeplanung				

Abbildung 56: Maßnahmen-Steckbrief als Beispiel

8. Gesamtfazit

Die Energiewirtschaft befindet sich in einem massiven, wahrscheinlich beispiellosen Transformationsprozess mit komplexen und sehr dynamischen rechtlich-regulatorischen sowie wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Zu tätige Investitionen sind folglich mit noch einmal gesteigerten Risiken verbunden, gerade infolge der veränderlichen Randbedingungen ist die nicht zuletzt in der z. T. mangelhaften Planungssicherheit begründet. Daher fällt es Stadtwerken häufig schwer, strategische Entscheidungen im Hinblick auf zukünftige Energieszenarien und Entwicklungen zu treffen. Einerseits müssen sie dem politischen Willen ihrer Gesellschafter gerecht werden, andererseits ihr Stadtwerk mit geeigneten Investitionen und Maßnahmen so ausrichten, dass es auch zukünftig wettbewerbsfähig bleibt und die Ergebnisse nachhaltig gesichert sind.

Auf Basis frühzeitiger strategischer Überlegungen müssen daher eine neue Unternehmensstrategie gefunden und neue Geschäftsfelder erschlossen werden. Diese muss es ermöglichen, wesentliche Grundlagen festzulegen und zugleich in taktischen und operativen Entscheidungsprozessen hinreichend flexibel auf die sich ändernden Randbedingungen reagieren zu können. Gleichwohl und vor diesem Hintergrund ist es wichtig, durch langfristige Planung, so frühzeitig wie möglich Entscheidungsgrundlagen für die nächsten Schritte zu entwickeln und *ins Handeln* zu kommen.

Die vorliegende Studie stand unter dem Fokus der netzgebundenen Wärmeversorgung der Stadt Freising. In diesem Kontext gilt es auch, bei der kommunalen Wärmeplanung die Reduktion des Wärmebedarfs und den Transformationsprozess von Einzelheizungen mit zu betrachten, schließlich wird zukünftig weiterhin ein großer Anteil (ca. 42 %) dezentral versorgt werden müssen. Der gesamte Transformationsprozess für die Stadt Freising von heute 81 % fossile Brennstoffe (netzgebunden und dezentral) bis hin zu 100 % regenerativ stellt die Kommune und die Freisinger Stadtwerke vor besondere Herausforderungen. Damit bereits heute die richtigen Weichen für eine erneuerbare und zukunftsfähige Wärmeversorgung gestellt werden, bedarf es - wie zuvor bereits dargestellt - einer koordinierten strategischen Planung, die schwerpunktmäßig in den Kommunen oder im Fall von Freising auch bei den Stadtwerken verortet ist. Die klimapolitischen Zielvorgaben sind äußerst ambitioniert. Es muss ein Weg gefunden werden, der neben einem klimaneutralen Wärmeversorgungssystem gleichzeitig ein sich tragendes wirtschaftliches System bietet. In Anbetracht dieser schwierigen Herausforderung ist unverzügliches Handeln erforderlich, da sowohl die zentrale als auch die dezentrale Wärmeversorgung von langen Investitionszyklen geprägt sind. Es gilt dementsprechend Fehlplanungen, aber vor allem sogenannte *Lock-in-Effekte* zu vermeiden, da diese ein langfristiges Hemmnis für notwendige Veränderungen darstellen.

Es gibt zum Teil zentrale Maßnahmen, die in der ersten Stufe keine hohen Investitionen erfordern und für Folgemaßnahmen unumgänglich sind. So sollten sich die Stadtwerke von der Onyx Power (Kraftwerk Zolling) einen erneuerbaren Anteil von mindestens 55 % zusichern lassen, damit Fernwärmeanschlüsse durch verbesserte Förderkonditionen attraktiver werden. Die Stadtwerke sollten zudem bereits heute eine sektorenübergreifende Netzstrategie entwickeln, in der insbesondere die Zukunft des Gasnetzes beleuchtet wird. Eine weitere Maßnahme dieser Art ist der Aufbau eines Simulationsmodells für den Netzverbund Zolling bis Hallbergmoos, um durch die Ermittlung der hydraulischen Restriktionen eine fundierte Basis für viele weitere Maßnahmen zu schaffen. Erst auf Basis einer hydraulischen Analyse kann die notwendige stufenweise Absenkung der Netzbetriebstemperaturen in Angriff genommen werden. Es ist unumstritten, dass der Anteil an erneuerbaren Energien bei der Einspeisung ins Wärmenetz erhöht werden muss; es stellt sich somit also die Kernfrage, welches die aktuell aussichtsreichsten Optionen der regenerativen Energiequellen sind. Diese sollte in einem detaillierten Erzeugerkonzept erarbeitet und in einem wirtschaftlichen Vergleich anderen Varianten gegenübergestellt werden. Letztlich kann bereits heute mit dem forcierten Ausbau insbesondere im innerstädtischen Netz begonnen werden, sobald dafür eine Netzausbaustrategie vorliegt.

Diese Zusammenfassung zeigt, es gibt aktuell bereits viele Handlungsfelder, in denen die Stadt und die Stadtwerke tätig werden können bzw. müssen, damit sie in Freising die Wärmewende aktiv mitgestalten können.

Andere Städte und Kommunen stehen vor ähnlichen Herausforderungen wie Freising und haben folgende Ziele und Schritte in die Wege geleitet:

- **Heidelberg:** Klimaneutrale Wärmeversorgung in Etappen (2025 ein Drittel der Fernwärme aus Eigenerzeugung, ein Drittel Bezug aus CO₂-freier Abwärme und ein Drittel Bezug aus Kraft-Wärme-Kopplung, Steigerung des Fernwärmeanteils auf 50 %) [S+W 2020]
- **Wärme Hamburg:** Mit dem Rückkauf der Energienetze (Bürgerentscheid von 2013) und der Übernahme des Wärmenetzes (2019) hat die Gesellschafterin Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) entschieden, aus der Kohlenutzung auszusteigen. Erst wird der Standort Wedel durch eine GuD-Anlage inkl. Wärme aus dem Klärwerk Dradenau ersetzt, Es wird in großem Umfang Wärme aus der Müllentsorgung aufgenommen. Nun soll das Kohlekraftwerk Tiefstack bis 2030 ersetzt werden. Der Prozess wird durch die FHH unter Einbindung von Wissenschaft und Bürgerschaft begleitet.
- **München:** Die SWM haben die Vorgabe, dass der Strombedarf bis 2025 bilanziell auf EE-Strom umzustellen. Den analogen Beschluss – CO₂-neutral – hat die Eigentümerin (Stadt München) auch für die Fernwärme getroffen, dessen Bedarf überwiegend aus Geothermie gedeckt wird.

Alle diese Entscheidungen sind in Abwägung zwischen Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit getroffen worden. Die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt auch die Sozialverträglichkeit der Preise für die Endkunden, die nicht beliebig ansteigen dürfen/sollen. Eine solche Entscheidung zwischen den beiden z. T. diametralen Punkten Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit (für Versorger und Kunden) muss auf Gesellschafterebene der Versorger getroffen werden; die Entscheidung erfordert ein Abwägen zwischen den Polen und hat immer die Konsequenz, dass sich die Aspekte i. d. R. gegenläufig beeinflussen. Wenn der Blick auf den Klimaschutz gerichtet wird, kann die Anforderung an die Wirtschaftlichkeit zumindest mittelfristig nur aufrechterhalten werden, wenn die Endkundenpreise im Maße der Investitionen steigen. Wenn die Preise aber verträglich bleiben sollen, wird die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens beeinflusst. Steht der Fokus auf Wirtschaftlichkeit, werden die Klimaziele mittelfristig nicht erreichbar sein. Dieser Zusammenhang kann – und wird sich aller Voraussicht nach – langfristig ändern oder gar umkehren. Dennoch müssen die Entscheidungen zur Ausrichtung jetzt getroffen werden.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Untersuchungsgebiet Stadt Freising.....	9
Abbildung 2:	Übersicht Projektphasen	10
Abbildung 3:	Übersicht Wärmenetze Freising im Stadtgebiet.....	12
Abbildung 4:	Gesamtüberblick Fernwärmesystem Zolling inkl. Teilnetze	13
Abbildung 5:	Komplexe Zusammenhänge der Eigentums- und Betriebsverhältnisse	14
Abbildung 6:	Erzeugermix am Standort Zolling 2019.....	17
Abbildung 7:	Entwicklung des Erzeugermix am Standort Zolling seit 2009	18
Abbildung 8:	Nennweitenübersicht Innerstädtisches Wärmenetz.....	21
Abbildung 9:	Nennweitenübersicht Wärmenetz Steinpark	24
Abbildung 10:	Übersicht Gasnetz.....	26
Abbildung 11:	Übersicht Stromnetz.....	28
Abbildung 12:	Anteile Energieträger am Gesamtwärmebedarf	30
Abbildung 13:	Anteile Gebäudetypen am Gesamtwärmebedarf.....	31
Abbildung 14:	Anteile Energieträger bei Zentralheizungen aus Kaminkehrerbefragung (2011).....	32
Abbildung 15:	Anteile Energieträger bei Einzelfeuerstätten aus Kaminkehrerbefragung (2011)	32
Abbildung 16:	Wärmedichtekarte Freising	33
Abbildung 17:	Verschneidung der Datengrundlagen	35
Abbildung 18:	Definition des Potentialbegriffs.....	37
Abbildung 19:	Jahreszeitlich beeinflusstes Temperaturgefälle im Untergrund [StMUGV 2005].....	39
Abbildung 20:	Potentielle Nutzungsmöglichkeiten für Erdwärmesonden [EnABY 2021].....	40
Abbildung 21:	Lage Freising im süddeutschen Molassebecken [GABY 2012]	43
Abbildung 22:	Flächennutzungsplan für das Gemeindegebiet der Stadt Freising	48
Abbildung 23:	Bezeichnung der unterschiedlichen Holzanteile am Beispiel eines Laubbaums [KALT 2001]	49
Abbildung 24:	Potentielle Solar- und PV-Freiflächen bewertet durch die Prof. Schaller UmweltConsult GmbH (2010).....	55
Abbildung 25:	Abwärmennutzung im Betrieb [BYLU 2012]	59
Abbildung 26:	Nennweitenplan des innerstädtischen Abwassersystems und Lage des Wärmenetzes	63
Abbildung 27:	Spezifischer Druckverlust Fernwärmetransportsystem Zolling bis Hallbergmoos	68
Abbildung 28:	Erdbecken-Wärmespeicher	74
Abbildung 29:	Erdsonden-Wärmespeicher	74
Abbildung 30:	75.000 m ³ Erdspeicherbecken für rund 5.000 MWh/a in Marstal (DK).....	75

Abbildung 31:	19.000 m ³ Erdsonden-Speicher für rund 600 MWh/a in Brædstrup (DK)	76
Abbildung 32:	Kombination aus Energieeinsparung und Einsatz erneuerbarer Energien	80
Abbildung 33:	Wärmebedarfsentwicklung im Referenzszenario	83
Abbildung 34:	Wärmebedarfsentwicklung im Energieeffizienzzenario	84
Abbildung 35:	Hypothetische Umstellung der Gasversorgung auf Fernwärme	86
Abbildung 36:	Auszug Wärmedichtekarte zeigt potentielle Wärmenetzgebiete	87
Abbildung 37:	Möglicher Transformationspfad zu einer 100 % erneuerbaren Wärmeversorgung bis 2035 (Referenzszenario)	89
Abbildung 38:	Möglicher Transformationspfad zu einer 100 % erneuerbaren Wärmeversorgung bis 2050 (Referenzszenario)	90
Abbildung 39:	Erzeugervariante Biomasse + Geothermie Fernwärmelast Status Quo	93
Abbildung 40:	Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Fernwärmelast Status Quo	94
Abbildung 41:	Erzeugervariante Biomasse + Solar + Abwärme Fernwärmelast Status Quo	95
Abbildung 42:	Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Referenzszenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs ...	96
Abbildung 43:	Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Energieeffizienzzenario mit 2 GWh/a Fernwärmezuwachs	97
Abbildung 44:	Wärmeentwicklung auf Basis statistischer Daten (Referenzszenario)	98
Abbildung 45:	Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Referenzszenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs ...	99
Abbildung 46:	Erzeugervariante Biomasse + Abwärme Effizienzzenario mit 4 GWh/a Fernwärmezuwachs ..	100
Abbildung 47:	Wärmeentwicklung auf Basis statistischer Daten und ambitioniertem Fernwärmezuwachs (Referenzszenario)	101
Abbildung 48:	Übersicht möglicher Anlagenstandorte	102
Abbildung 49:	Lageplan mit Kennzeichnung der Technikzentrale (Hinweis: Nutzbarkeit des städtischen Grundstücks wurde noch nicht näher geprüft)	112
Abbildung 50:	Darstellung der unterschiedlichen Varianten zur Abwärmenutzung	114
Abbildung 51:	Darstellung des Wärmepotentials und Aufteilung der Umweltwärme und der elektrischen Arbeit der Wärmepumpen	116
Abbildung 52:	Ersatzschaltbild zur Abwärmenutzung aus dem durch Prozesskühlung erwärmten Grundwasser	117
Abbildung 53:	Zweileiter-Dreifachanschluss	122
Abbildung 54:	Anbindungsmöglichkeiten Erdbeerfeld	123
Abbildung 55:	Netzentwurf für das Quartier Erdbeerfeld	124
Abbildung 56:	Maßnahmen-Steckbrief als Beispiel	136

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Kenndaten Fernwärmenetz Zolling.....	15
Tabelle 2:	Transportkapazitäten Fernwärmenetz Zolling.....	16
Tabelle 3:	Kenndaten Innerstädtisches Wärmenetz	20
Tabelle 4:	Transportkapazitäten Innerstädtisches Wärmenetz	21
Tabelle 5:	Kenndaten Wärmenetz Steinpark.....	23
Tabelle 6:	Einbindung erneuerbarer Energien in die Fernwärme	38
Tabelle 7:	Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur oberflächennahen Geothermie	42
Tabelle 8:	Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Tiefengeothermie.....	46
Tabelle 9:	Energiepotential des verwertbaren Rohholzes aus der Forstwirtschaft (Daten der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abteilung Forsttechnik, Betriebswirtschaft und Holz)	49
Tabelle 10:	Energiepotential des verwertbaren Strohaufkommens in der Landwirtschaft.....	50
Tabelle 11:	Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Biomasse.....	53
Tabelle 12:	Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Solarthermie.....	57
Tabelle 13:	Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zu den industriellen Abwärmequellen	62
Tabelle 14:	Zusammenfassung der wichtigsten Kenndaten zur Abwasserwärmenutzung.....	65
Tabelle 15:	Übersicht über die erneuerbaren Potentiale.....	66
Tabelle 16:	Wärmerückgang aufgrund von Sanierung und Effizienzsteigerung beim Referenzszenario.....	82
Tabelle 17:	Wärmerückgang aufgrund von Sanierung und Effizienzsteigerung beim Energieeffizienzscenario	83
Tabelle 18:	Primärenergiefaktor	119
Tabelle 19:	CO ₂ -Bilanzen	120
Tabelle 20:	Ermittlung der CO ₂ -Emissionen	126

Literaturverzeichnis

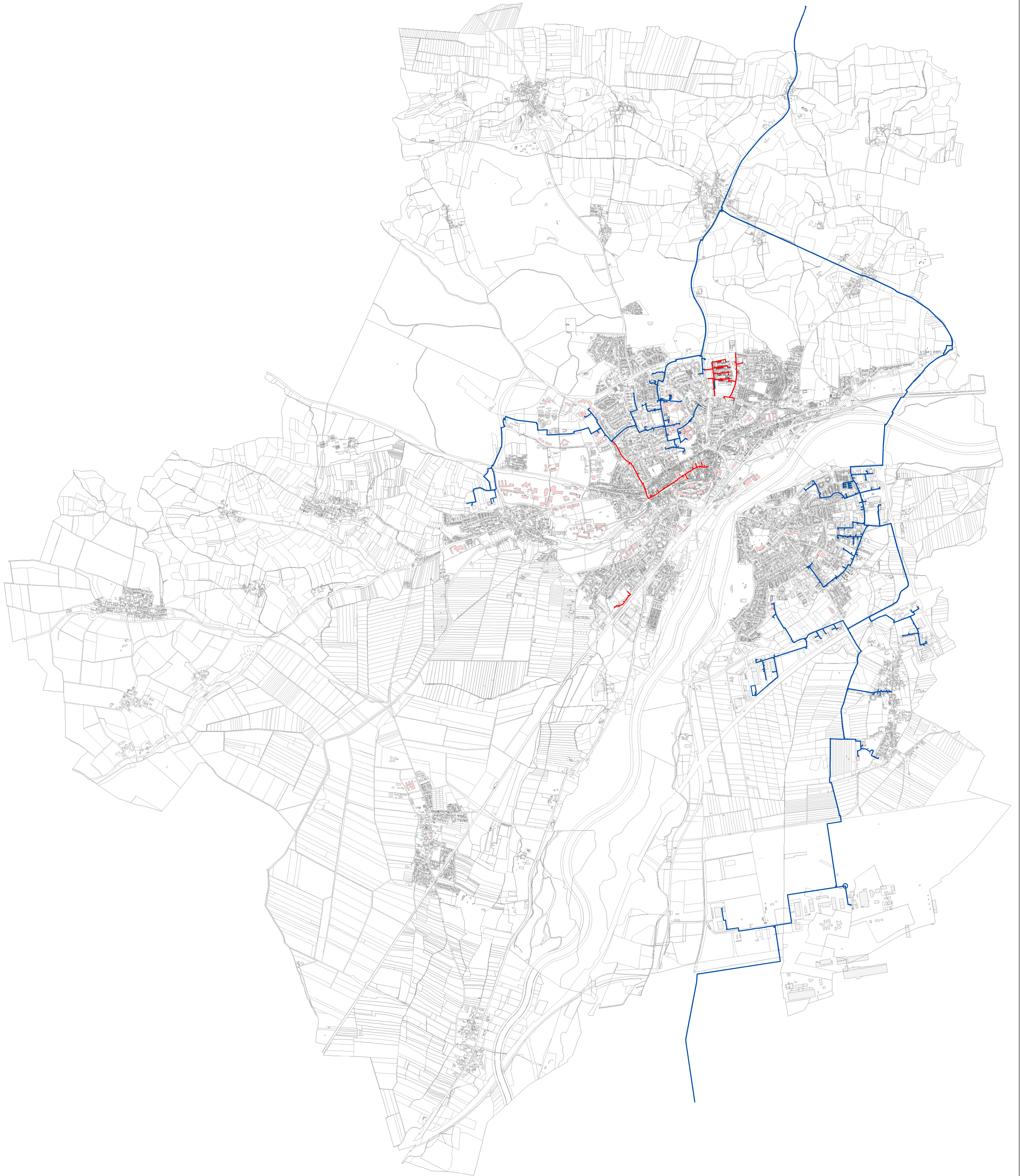
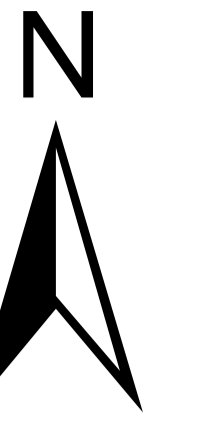
AGFW 2021	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V. (AGFW): <i>Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1 – Energetische Bewertung von Fernwärme und Fernkälte</i> . Frankfurt am Main, 2021
BAFA 2020	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) : <i>Fördervoraussetzungen, Heizen mit Erneuerbaren Energien</i> https://www.bafa.de/DE/Energie/Heizen_mit_Erneuerbaren_Energien/Foerdervoraussetzungen/foerdervoraussetzungen_node.html Abgerufen 25.06.2020
BDG 2014	BDGUSS: <i>Der energieeffiziente Gießereibetrieb 2.0 - Geothermie</i> http://effguss.bdguss.de/?wpfb_dl=108 Abgerufen 25.06.2020
BLW 2019	Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt: <i>Getreideernte in Bayern unterdurchschnittlich</i> https://www.wochenblatt-dlv.de/maerkte/getreideernte-bayern-unterdurchschnittlich-557867 Abgerufen 25.06.2020
BMWi 2015	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): <i>Energieeffizienzstrategie Gebäude – Wege zu einem klimaneutralen Gebäudebestand</i> . Berlin, 2015
BUND 2021	Bundesregierung: <i>Klimaschutzgesetz 2021 – Generationenvertrag für das Klima</i> https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzgesetz-2021-1913672 Abgerufen 25.06.2020
BVGeo 2021	Bundesverband Geothermie: <i>Erdwärmeheizungen mit Wärmepumpe bis 100 Kilowatt</i> https://www.geothermie.de/aktuelles/keinfossil/erdwaermeheizungen-mit-waerme-pumpe-bis-100-kilowatt-neu.html Abgerufen 25.06.2020
BYLU 2008	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): <i>Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen</i> Augsburg, 2008
BYLU 2012	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): <i>Abwärmenutzung im Betrieb, Bayerisches Landesamt für Umwelt</i> Augsburg, 2012
EEWG	<i>Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG)</i> , 2015
EnABY 2021	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie: <i>Energieatlas Bayern</i> https://www.energieatlas.bayern.de/karten/?wicket-crypt=Ruhvx4as9MU&lang=de&topic=energie_gesamt&bgLayer=atkis Abgerufen 25.06.2020

EnEV 2015	<i>Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV), 2015</i>
IEE 2020	Fraunhofer IEE: <i>Wasserstoff im zukünftigen Energiesystem: Fokus Gebäudewärme.</i> https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/energiesystemtechnik/de/Dokumente/Studien-Reports/FraunhoferIEE_Kurzstudie_H2_Gebaeudewaerme_Final_20200529.pdf . Abgerufen 25.06.2020
GABY 2012	Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: <i>Bayerischer Geothermieatlas – Hydrothermale Energiegewinnung.</i> München, 2012
KALT 2001	Kaltschmitt, M. u. a. (Hg.): <i>Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren.</i> Berlin, 2001
KESS 2008	Seichter, W. u. a.: <i>Machbarkeitsstudie für ein Geothermie-Projekt in der Stadt Freising.</i> München, 2008
LfENP 2011	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit u. a.: <i>Leitfaden Energienutzungsplan</i> https://www.stmb.bayern.de/buw/energieundklimaschutz/energieleitfaden/index.php . Abgerufen 25.06.2020
MUKE 2015	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: <i>Handreichung zur Beantragung von Fördermitteln zur Abwasserwärmenutzung in Baden-Württemberg.</i> Schaffhausen, 2015
RICH 2003	Richter, S. u. a.: <i>Potentiale regenerativer Energien in Augsburg und Umgebung.</i> Augsburg 2003
S+W 2020	Stadtwerke Heidelberg: <i>Grüne Wärme ist das Ziel.</i> https://www.stadt-und-werk.de/meldung_34454_Gr%C3%BCne+W%C3%A4rme+ist+das+Ziel.html Abgerufen 25.06.2020
StMUGV 2005	Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV): <i>Oberflächennahe Geothermie – Heizen und Kühlen aus dem Untergrund.</i> München, 2005
VDI 3807	Verein Deutscher Ingenieure (VDI): <i>Verbrauchskennwerte für Gebäude, Blatt 1.</i> Düsseldorf, 2013
VIES 2011	Viessmann Deutschland GmbH: <i>Planungshandbuch – Wärmepumpen.</i> Allendorf (Eder), 2011
ZREU 2013	ZREU Zentrum für rationelle Energieanwendung und Umwelt GmbH: <i>Integriertes Klimaschutzkonzept der großen Kreisstadt Freising.</i> Regensburg, 2013



Anhang

1. Netzübersichtsplan mit den Trassenverläufen der Wärmenetze
2. Darstellung der mit Fernwärme versorgten Gebiete
3. Identifikation der größten Wärmeabnehmer anhand der Potentialkarte
4. Übersicht über die Einspeisestandorte
5. Wärmedichtekarte
6. Wärmepotentialkarte
7. Wärmedichtekarte ausschließlich „fernwärmewürdige“ Gebiete
8. Übersicht geplante Nachverdichtung
9. Maßnahmenkatalog
10. Maßnahmen-Steckbriefe

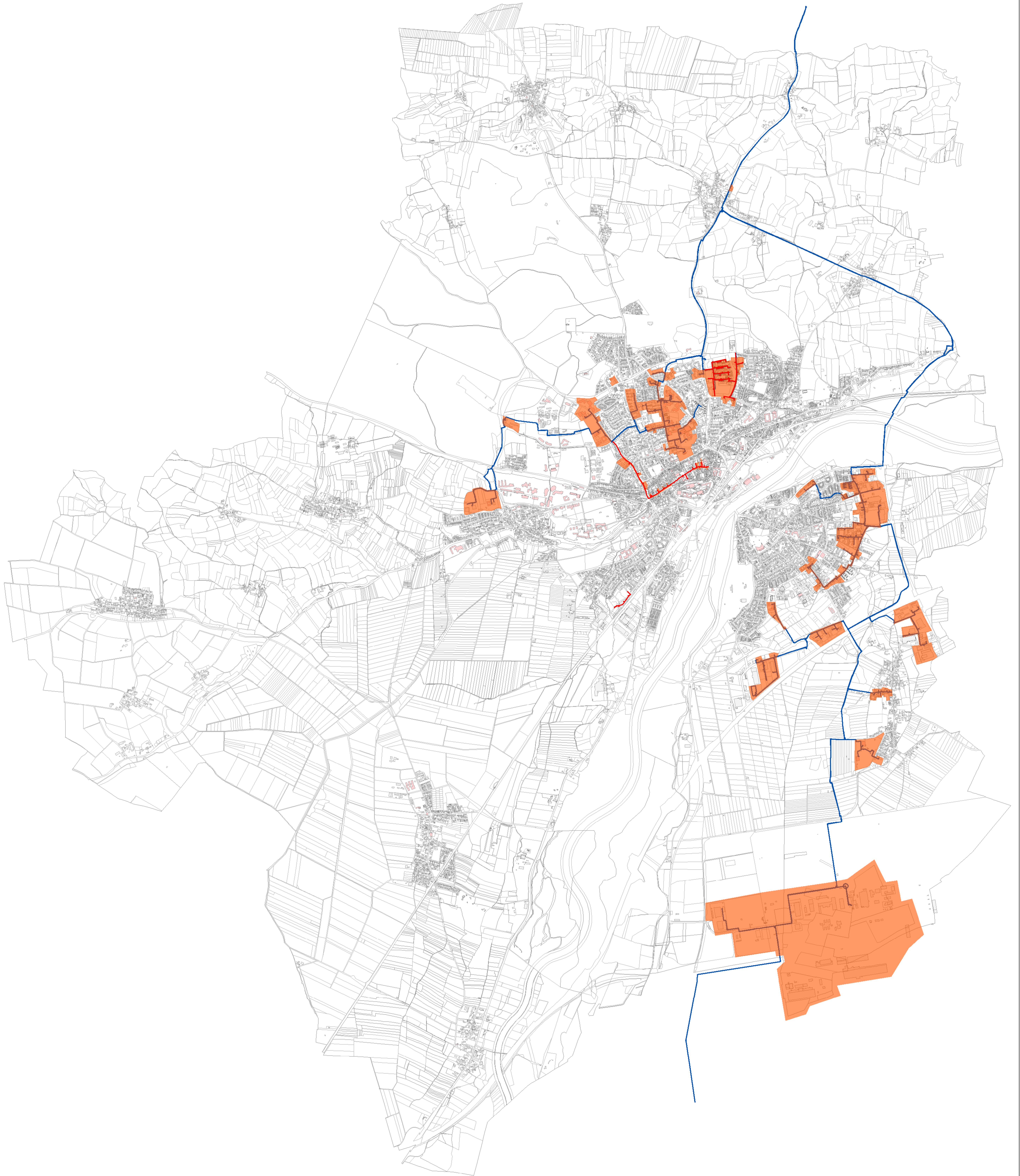
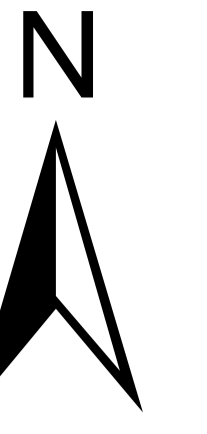
Übersicht Trassenverlauf Wärmenetze






Legende

-  Transportnetz Zolling bis Hallbergmoos
-  Innerstädtische Teilnetze

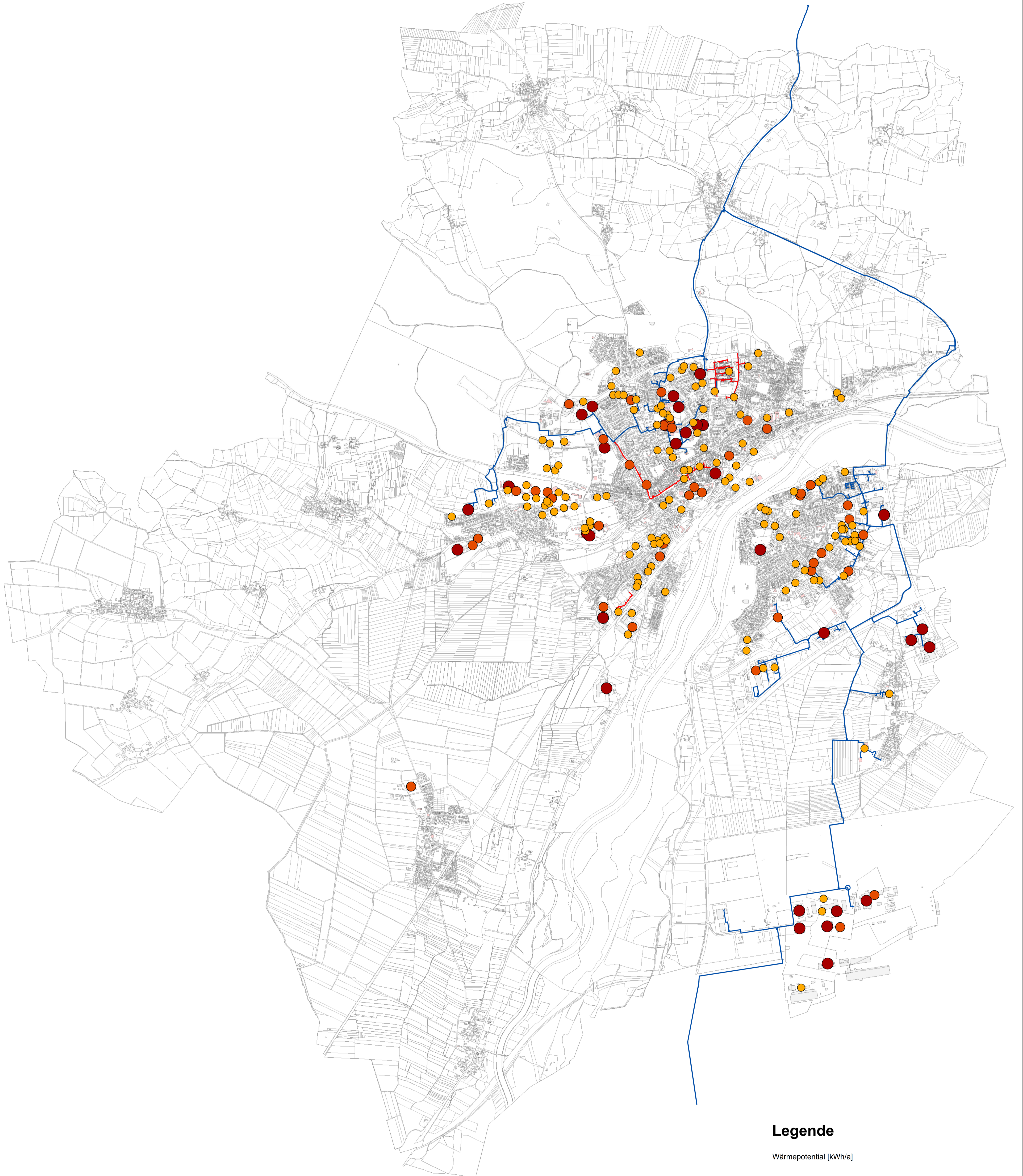
Darstellung fernwärmeversorgte Gebiete



Legende




-  Transportnetz Zolling bis Hallbergmoos
-  Innerstädtische Teilnetze
-  fernwärmeversorgte Gebiete


Übersicht größte Wärmeverbraucher




Legende

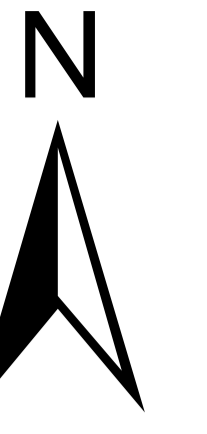
Wärmepotential [kWh/a]

-  250.000 - 500.000
-  500.000 - 1.000.000
-  1.000.000 - 40.000.000

 Transportnetz Zolling bis Hallbergmoos

 Innerstädtische Teilnetze

Übersicht Erzeugerstandorte



↑ Kraftwerksstandort Zolling:

KWK-Wärme	150 MW _{th}
Wärmespeicher	18 MW _{th}
Ökessel	42 MW _{th}
Elektrokessel	35 MW _{th}
Biomasse-HKW	30 MW _{th}
Summe	275 MW_{th}

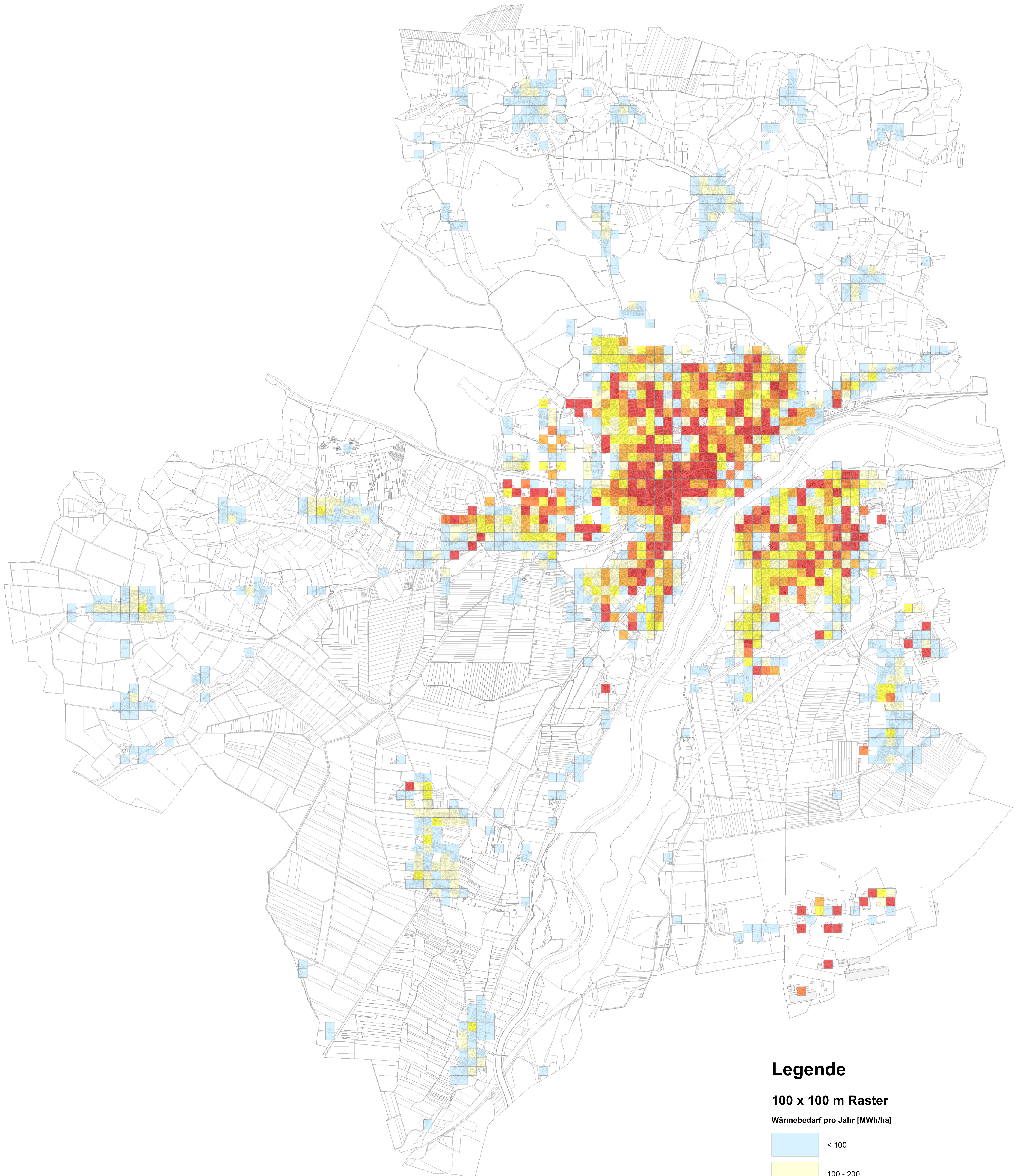
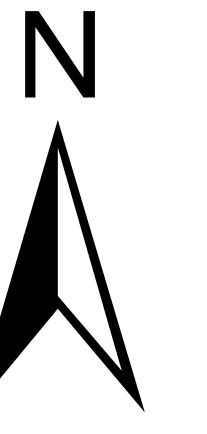
Gas-Heizwerk Lange Point
39,5 MW_{th}

↓ Ökessel Hallbergmoos
32 MW_{th}

Legende

- Transportnetz Zolling bis Hallbergmoos
- Innerstädtische Teilnetze

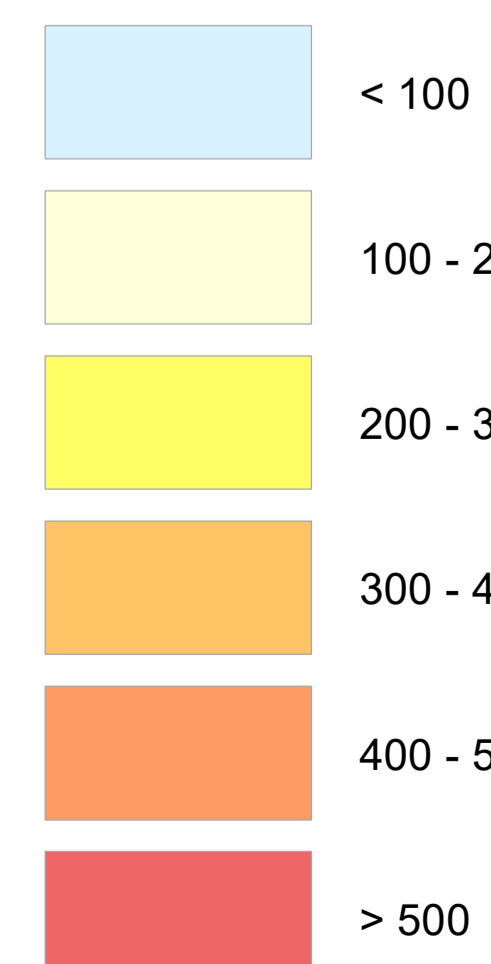
Wärmedichtekarte



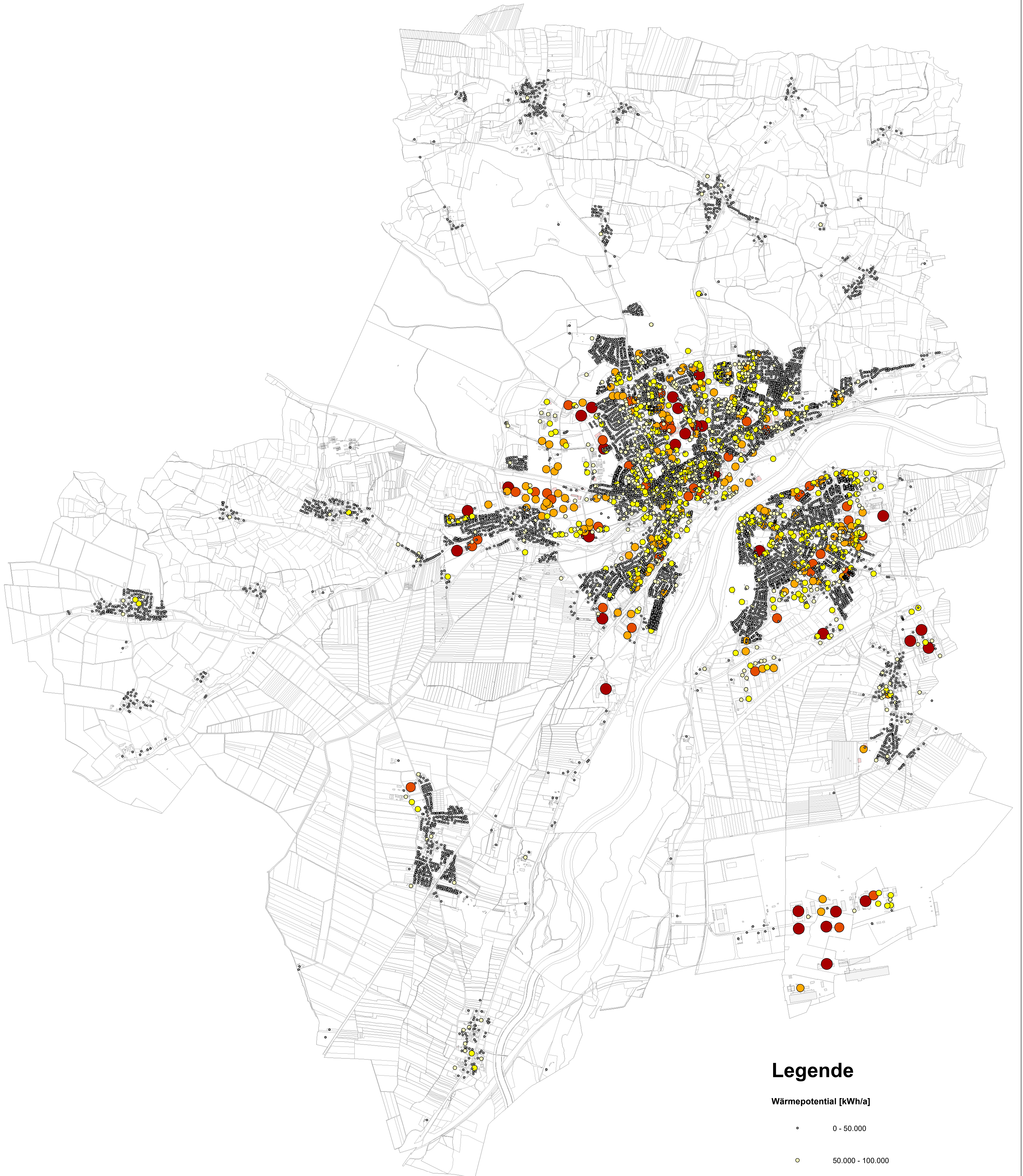
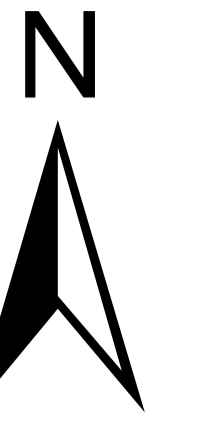
Legende

100 x 100 m Raster

Wärmebedarf pro Jahr [MWh/ha]



Wärmepotentialkarte

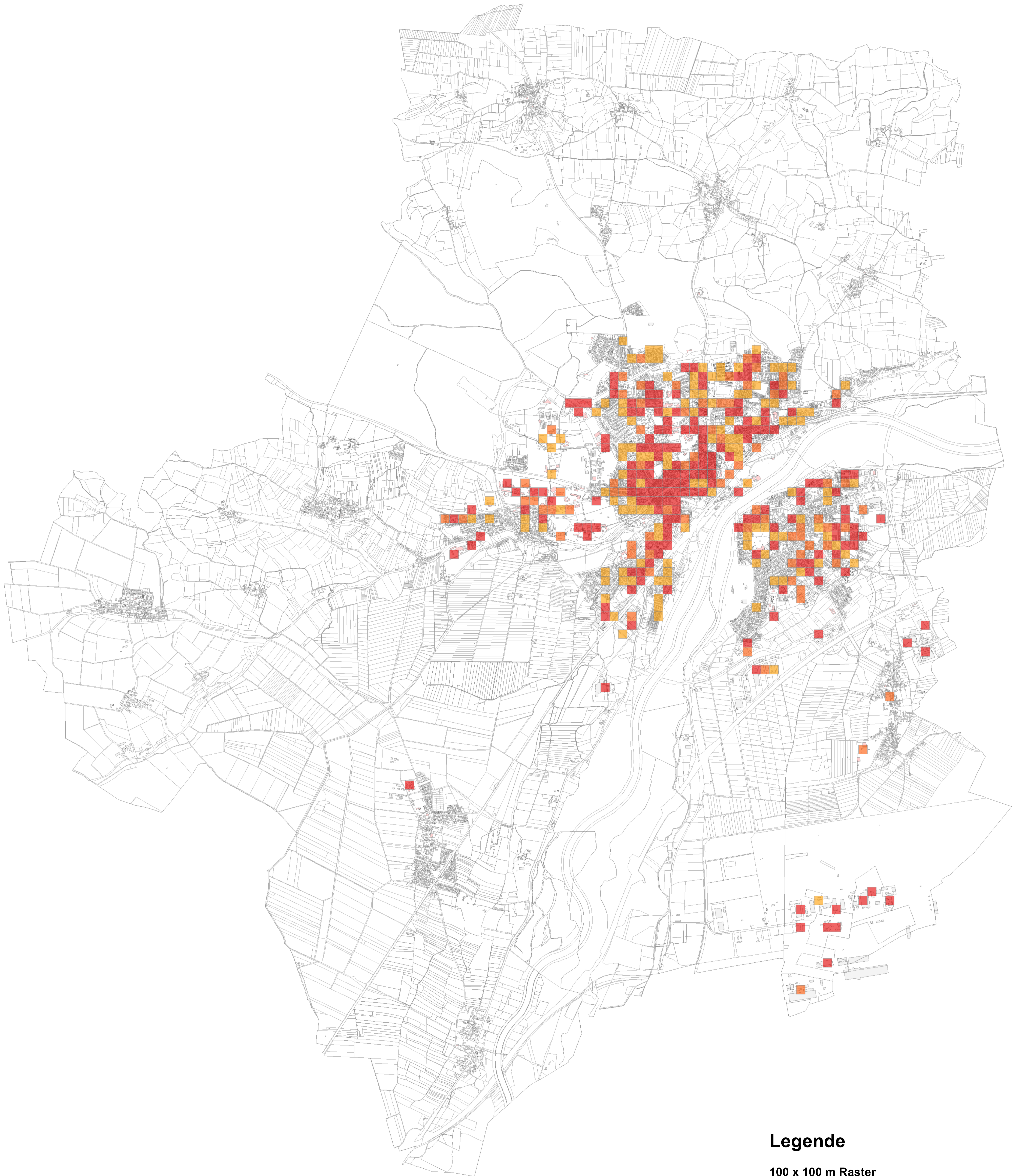
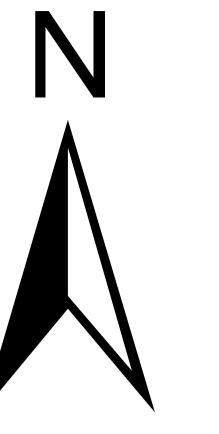


Legende

Wärmepotential [kWh/a]

- 0 - 50.000
- 50.000 - 100.000
- 100.000 - 250.000
- 250.000 - 500.000
- 500.000 - 1.000.000
- 1.000.000 - 40.000.000

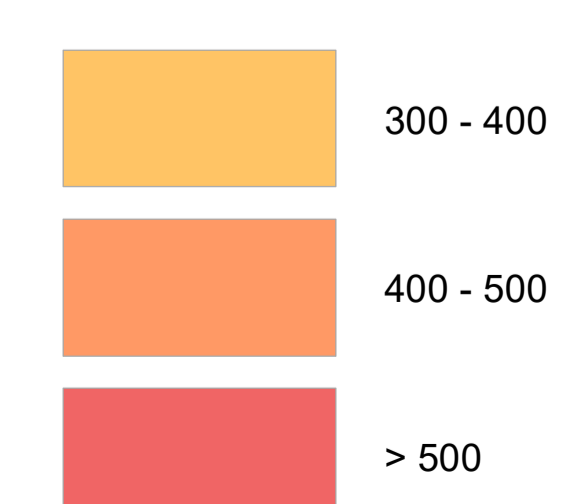
Wärmedichtekarte "fernwärmewürdige" Gebiete





Legende

100 x 100 m Raster

Wärmebedarf pro Jahr [MWh/ha]






-  Nachverdichtung gem. B-Plan oder § 34 BauGB
-  Derzeit laufende Planungen

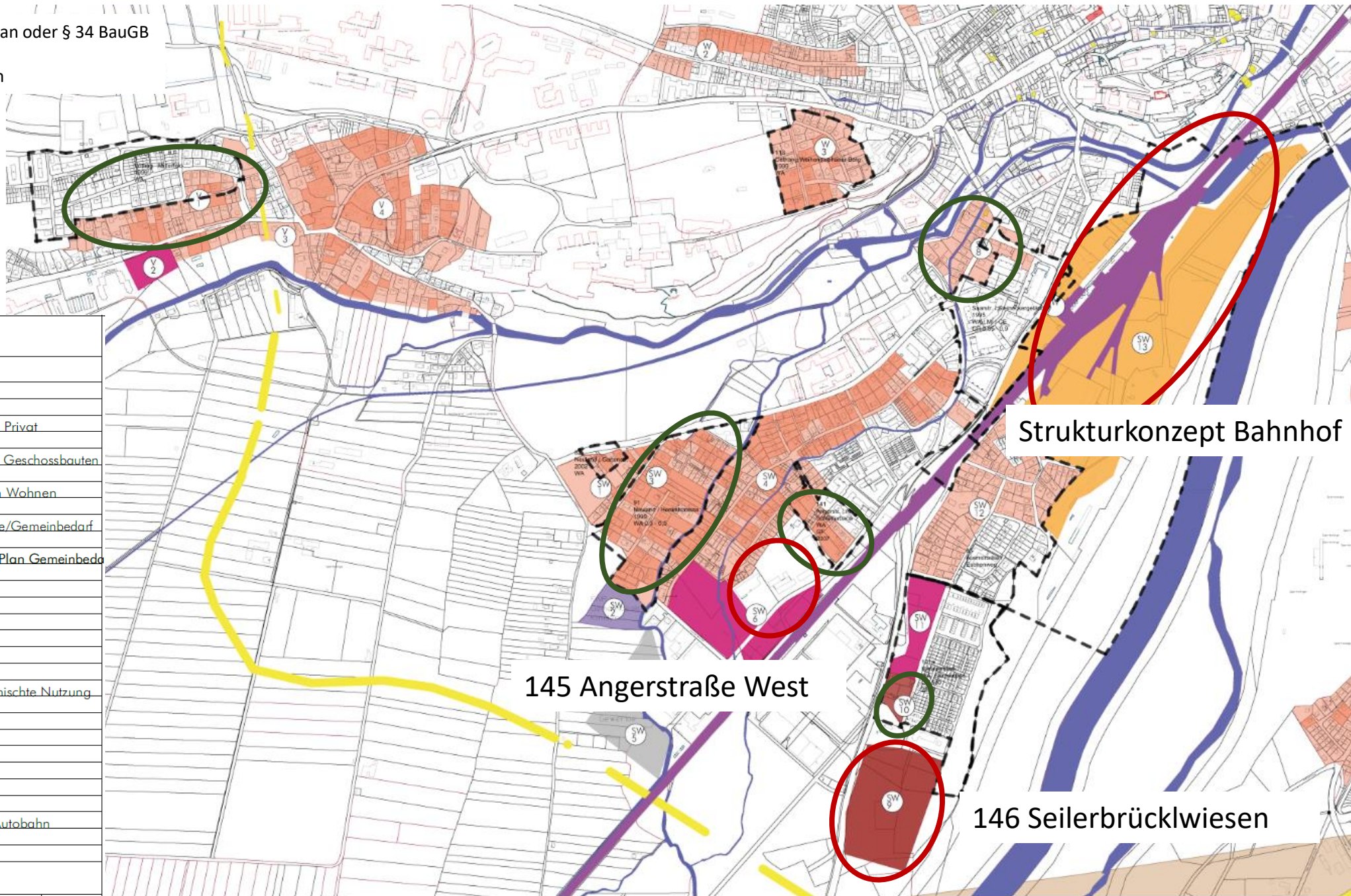
Obere Pfalzgrafstr.

Mehrgenerationenwohnen
Katharina-Mair-Straße

Anlage 8

Planinhalt	Plannummer
Potentialplan	RPF-06
Legende	
	Wasserfläche
	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Privat
	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Geschossbauten
	Ausnutzung Baurecht, rechtskr. B-Plan Wohnen
	Innerörtl. Ergänzung Wohnen/Gewerbe/Gemeinbedarf
	Ausnutzung Baurecht aus rechtskr. B-Plan Gemeinbedarf
	Rechtskr. B-Plan zu überarbeiten
	Flächennutzungsplan Wohnen
	Flächennutzungsplan Gewerbe
	Innerstädtische Entwicklungsfläche gemischte Nutzung
	Leerstand
	Starkstromleitung
	Lärmzone Flughafen
	Hauptverkehrsstrassen / Tangente / Autobahn
	Umgehungsstrasse geplant
Planungskonzeption zur Verdichtung der Gesamtstadt Freising	
gezeichnet: se	Datum: 11.10.2019

-  Nachverdichtung gem. B-Plan oder § 34 BauGB
-  Derzeit laufende Planungen

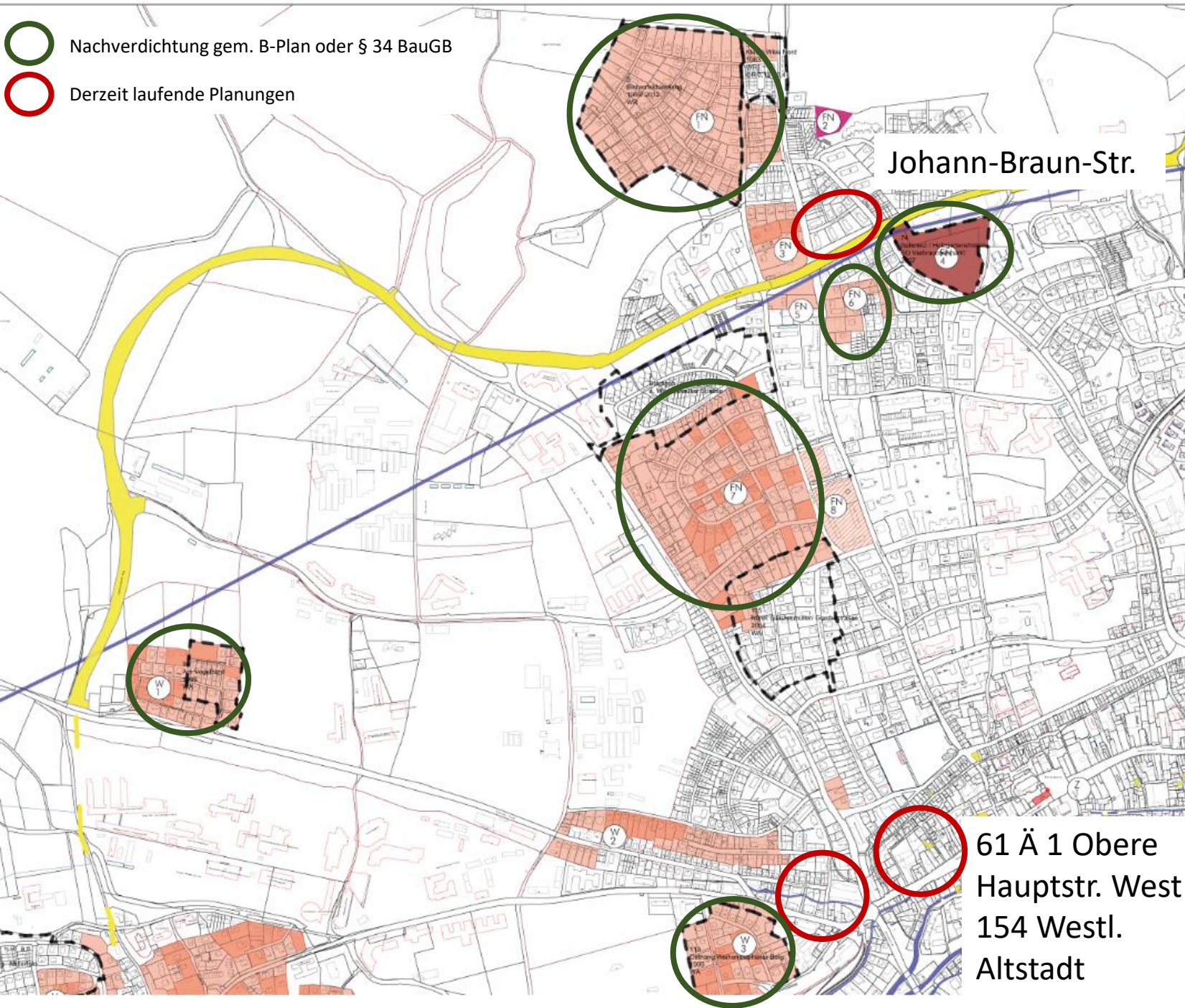


Strukturkonzept Bahnhof

145 Angerstraße West

146 Seilerbrücklwiesen

Planinhalt	Plannummer
Potentialplan	RPF-06
Legende	
	Wasserfläche
	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Privat
	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Geschosshauten
	Ausnutzung Baurecht, rechtskr. B-Plan Wohnen
	Innerörtl. Ergänzung Wohnen/Gewerbe/Gemeinbedarf
	Ausnutzung Baurecht aus rechtskr. B-Plan Gemeinbed
	Rechtskr. B-Plan zu überarbeiten
	Flächenutzungsplan Wohnen
	Flächenutzungsplan Gewerbe
	Innerstädtische Entwicklungsfläche gemischte Nutzung
	Leerstand
	Starkstromleitung
	Lärmzone Flughafen
	Hauptverkehrsstrassen / Tangente / Autobahn
	Umgehungsstrasse geplant
Planungskonzeption zur Verdichtung der Gesamtstadt Freising	
gezeichnet:	Datum:
se	11.10.2019

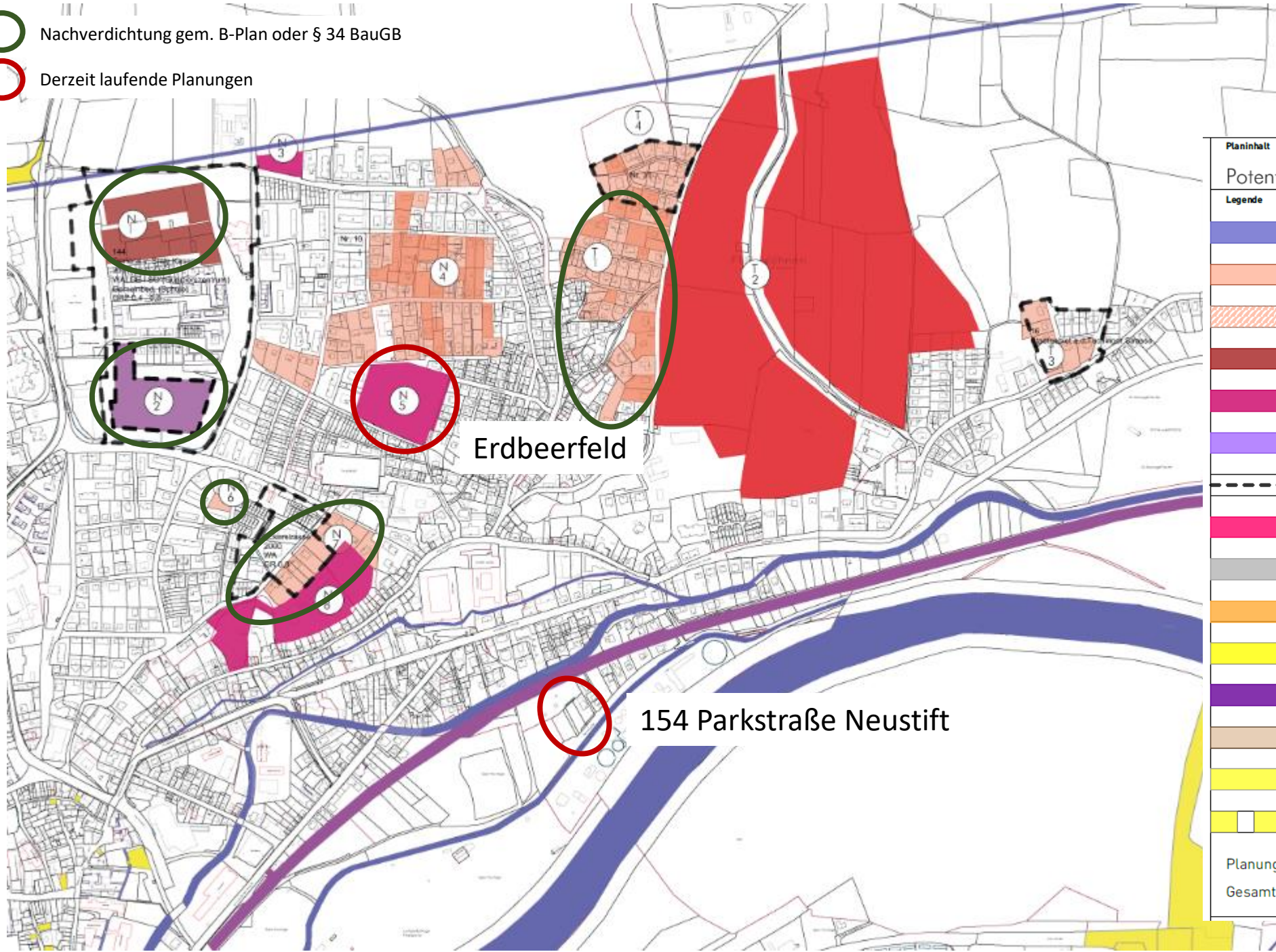


○ Nachverdichtung gem. B-Plan oder § 34 BauGB

○ Derzeit laufende Planungen

Planinhalt	Plannummer
Potentialplan	RPF-06
Legende	
	Wasserfläche
	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Privat
	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Geschossbauten
	Ausnutzung Baurecht, rechtskr. B-Plan Wohnen
	Innerörtl. Ergänzung Wohnen/Gewerbe/Gemeinbedarf
	Ausnutzung Baurecht aus rechtskr. B-Plan Gemeinbed
	Rechtskr. B-Plan zu überarbeiten
	Flächenutzungsplan Wohnen
	Flächenutzungsplan Gewerbe
	Innerstädtische Entwicklungsfläche gemischte Nutzung
	Leerstand
	Starkstromleitung
	Lärmzone Flughafen
	Hauptverkehrsstrassen / Tangente / Autobahn
	Umgehungsstrasse geplant
Planungskonzeption zur Verdichtung der Gesamtstadt Freising	
gezeichnet: se	Datum: 11.10.2019

- Nachverdichtung gem. B-Plan oder § 34 BauGB
- Derzeit laufende Planungen



Planinhalt	Plannummer
Potentialplan	RPF-06
Legende	
■	Wasserfläche
■	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Privat
■	Verdichtungsmöglichkeit im Bestand - Geschossbauten
■	Ausnutzung Baurecht, rechtskr. B-Plan Wohnen
■	Innerörtl. Ergänzung Wohnen/Gewerbe/Gemeinbedarf
■	Ausnutzung Baurecht aus rechtskr. B-Plan Gemeinbed
■	Rechtskr. B-Plan zu überarbeiten
■	Flächenutzungsplan Wohnen
■	Flächenutzungsplan Gewerbe
■	Innerstädtische Entwicklungsfläche gemischte Nutzung
■	Leerstand
■	Starkstromleitung
■	Lärmzone Flughafen
■	Hauptverkehrsstrassen / Tangente / Autobahn
■	Umgehungsstrasse geplant
Planungskonzeption zur Verdichtung der Gesamtstadt Freising	
gezeichnet: se	Datum: 11.10.2019

Bebauungsplan	Nachverdichtungsstudie
Nr. 2 Ä 3 Krankenhaus	Mitarbeiterwohnen
Nr. 61 Ä1 Obere Altstadt West	Z 1
Nr. 20 Ä 1 Schule Vötting	Keine Wohnbebauung
Nr. 132 Isarvorstadt	Zentrum
Nr. 136 Bereich ehem. Güterbahnhof – Münchner Straße (in Vorbereitung)	
Nr. 145 Angerstraße West	SW 6
Nr. 146 Seilerbrücklwiesen	SW 9
Nr. 153 Achering Süd	Ortsteil
Nr. 154 Parkstraße Neustift	Neustift
Nr. 155 Schulzentrum Wippenhauser Straße	Keine Wohnbebauung
Nr. 156 Attaching – Ortsmitte	Ortsteil
Nr. 157 Grüner Hang – Alte Poststraße	v.a. Grünordnung
Nr. 159 Achering Ortsmitte	Ortsteil
Nr. 158 Westliche Altstadt (in Vorbereitung)	Zentrum
Nr. 152 Angerbader Areal (in Vorbereitung)	Keine Wohnbebauung
Johann-Braun-Straße (in Vorbereitung)	Freising Nord
Erdbeerfeld / Wohnquartier an der Hermannstraße (in Vorbereitung)	N 5
Lerchenfeld Schüle Süd (in Vorbereitung)	
Weitere Projekte Nachverdichtung: Obere Pfalzgrafstraße	L 12

Anlage 9

Nr.	Maßnahme	Kurzbeschreibung	dazugehöriges Ziel/ Leitlinie	dahinter stehende Handlungsempfehlung	Zuständigkeit	Handlungs-feld *	Umsetzungs-horizont	Beeinflussbarkeit durch Kommune	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
1	Erstellung eines hydraulischen Rechenetzmodells	Erstellung eines hydraulischen Rechenetzmodells für das gesamte Ferwärmenetz von Zolling bis nach Hallbergmoos inklusive aller Teilnetze zur strategischen Fernwärmeplanung; insbesondere zur Beurteilung der Transportkapazität (Maßnahme 3).	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Datengrundlagen zur Beurteilung und zum Monitoring der Wärmenetze verbessern	Stadtwerke	KM	kurzfristig	sehr gering	gering	keines	•••	x
2	Detailliert ausgearbeitetes Erzeugerkonzept	Erarbeitung eines detaillierten Erzeugerkonzeptes wie die netzgebundene Wärmeversorgung bis zum Jahr 2035 schrittweise regenerativ werden kann auf Basis der in dieser Studie erarbeiteten Grundlagen. Dazu gehören: Auswahl des zukünftigen Erzeugermix, Standortanalyse, Festlegung einer Zielnetztemperatur, Festlegung einer Erzeugereinsatzreihenfolge, Besicherungskonzept, Berücksichtigung möglicher Wärmespeicher, dynamische Wirtschaftlichkeitsbewertung.	Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke	→ Schrittweiser Ausbau der erneuerbaren Energiequellen mit dem größten Potential (unter Federführung der Freisinger Stadtwerke)	Stadtwerke	KM	kurzfristig	keine	gering	hoch	•••	x
3	Hydraulische Machbarkeit im Hinblick auf die Zielnetztemperatur	Ermittlung der hydraulischen Netzkapazitäten und Restriktionen an Hand des hydraulischen Rechenetzmodells (Maßnahme 1).	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Transportkapazität der Bestandsnetze untersuchen und Maßnahmen zur Absenkung der Netztemperaturen prüfen und umsetzen	Stadtwerke	KM	kurzfristig	sehr gering	gering	keines	•••	x
4	Absenkung der Vorlauftemperatur	Derzeit wird das Transportnetz Zolling gleitend mit einer Vorlauftemperatur bis zu 130 °C in Spitzenlastzeiten betrieben. Zur Integration von Erneuerbaren Energien ist die schrittweise Absenkung der Vorlauftemperatur durch die Anlagen- und Netzbetreiber notwendig.	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Transportkapazität der Bestandsnetze untersuchen und Maßnahmen zur Absenkung der Netztemperaturen prüfen und umsetzen	Anlagen- u. Netzbetreiber	KM	unbefristet	keine	gering	mittel	•••	x
5	Überprüfung der Temperaturanforderungen der Kunden	Möglicherweise sind im Bestandsnetz sensible Kunden angeschlossen, die auf hohe Temperaturen angewiesen sind. Vor der schrittweisen Absenkung der Vorlauftemperatur (Maßnahme 4) müssen daher die Netzbetreiber die Temperaturanforderungen der Kunden prüfen. Liegen keine detaillierten Kenntnisse zu Kundenstation und Heizungsanlage vor, müssen diese vor Ort begangen werden.	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Transportkapazität der Bestandsnetze untersuchen und Maßnahmen zur Absenkung der Netztemperaturen prüfen und umsetzen	Netzbetreiber	KM	mittelfristig	gering	gering	niedrig	•••	x
6	Anpassung der technischen Anschlussbedingungen (TAB)	Die aktuelle Fassung der "Technischen Anschlussbedingungen" (TAB) für die Wärmenetzkunden ist hinsichtlich ihrer Vorgaben zur Ausführung der Kundenanlage zu überprüfen und anzupassen; z.B. zugesicherte Vorlauftemperatur, maximal zulässige Rücklauftemperatur.	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Transportkapazität der Bestandsnetze untersuchen und Maßnahmen zur Absenkung der Netztemperaturen prüfen und umsetzen	Netzbetreiber	KM	kurzfristig	gering	gering	niedrig	••	x
7	Absenkung der Rücklauftemperatur	Eine Absenkung der Rücklauftemperatur steigert die Transportkapazität des Netzes. Bei gleichzeitiger Absenkung der Vorlauftemperatur (Maßnahme 4) sorgt eine Rücklauftemperaturabsenkung für eine Aufrechterhaltung der Transportkapazität und macht somit die Absenkung der Vorlauftemperatur erst möglich. Voraussetzung: Maßnahme 5.	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Transportkapazität der Bestandsnetze untersuchen und Maßnahmen zur Absenkung der Netztemperaturen prüfen und umsetzen	Netzbetreiber	KM	unbefristet	sehr gering	gering	mittel	•••	x
8	Verträge mit Kraftwerk Zolling prüfen und Wärme ggf. langfristig sichern	Klärung wie der Standort Zolling und die Wärmeeinspeisung aus dem Biomasse-Heizkraftwerk langfristig gesichert werden kann.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“)	→ Umgang mit dem Standort Zolling klären	Stadtwerke	KM	kurzfristig	sehr gering	gering	mittel	•••	
9	Nutzung von industrieller Abwärme: Wärmeauskopplung mittels Wärmepumpe	Weitere Detaillierung und Vertiefung des Konzeptes zur Wärmeauskopplung aus dem erhitzten Grundwasser mittels Wärmepumpe aus einem industriellen Prozess von Texas Instruments (Schwerpunktprojekt 1). Gezielte Kontaktaufnahme mit Texas Instruments und Prüfung der technischen Lösung zur Wärmeauskopplung.	Weiterverfolgung und zeitnahe Umsetzung des Schwerpunktprojektes I	→ Aufbau (stadteigener) regenerativer Erzeugungskapazitäten	Stadtwerke	KM	kurzfristig	gering	hoch	mittel	•••	x
10	Zügiger Ausbau des Wärmenetzes insbesondere im Innenstadtbereich	Gezielte Verstärkung der Akquise im Rahmen der netzhydraulischen Möglichkeiten und der Wärmefüchtigkeit.	Ausbau von Wärmenetzanschlüssen durch ÖA und Akquise	→ Ausbau der Wärmenetze forcieren	Stadtwerke	KM	mittelfristig	gering	hoch	hoch	•••	
11	Detailliertes Netzausbaukonzept inklusive Zeitplan erstellen	Es soll ein detailliertes Netzausbaukonzept erarbeitet werden, welches in einem konkreten Zeitplan (Kennzeichnung der Gebiete in Jahresschritten) die Ausbau- und Verdichtungsstrategie der Wärmenetze darlegt. Das Wärmekataster zur Identifikation der Bereiche mit hoher Wärmedichte kann als Grundlage für die Ausbaustrategie verwendet werden.	Netzausbaustrategie unter Federführung Freisinger Stadtwerke	→ Ausbau der Wärmenetze forcieren	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	gering	mittel	•••	x
12	Machbarkeitsstudie Tiefengeothermie	Zur Konkretisierung des geothermischen Potentials sollte eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden, die die Möglichkeiten einer standortspezifischen geothermischen Nutzung aufzeigt.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“) Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke	→ Aufbau (stadteigener) regenerativer Erzeugungskapazitäten	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	gering	mittel	•••	x
13	Technisches Konzept zum Bau einer neuen Biomasseanlage	Es gibt mehrere Optionen das identifizierte Biomassepotential zu verwerten: Biomasse-Heizkraftwerk (KWK), Biomasse-Heizwerk, Biogasanlage. In Zusammenhang mit dem Erzeugerkonzept werden die Einsatzzeiten (Grundlast, Mittellast, Spitzenlast) der Biomasseanlage ermittelt. Daraus resultiert die Wahl und Dimensioerung einer geeigneten Anlage.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“) Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke	→ Aufbau (stadteigener) regenerativer Erzeugungskapazitäten	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	hoch	mittel	•••	x

Nr.	Maßnahme	Kurzbeschreibung	dazugehöriges Ziel/ Leitlinie	dahinter stehende Handlungsempfehlung	Zuständigkeit	Handlungs-feld *	Umsetzungs-horizont	Beeinflussbarkeit durch Kommune	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
14	Untersuchung des Nutzens und der Vorteile eines Wärmespeichers	Überprüfung inwieweit die Netze durch die Einbindung von Speichern weiter optimiert werden können, und um die Einbindung eines Speichers wirtschaftlich darstellbar ist. Die Maßnahme steht in enger Verbindung mit dem Erzeugerkonzept (Maßnahme 2).	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Effizienz- und Speicherlösungen zur Optimierung der Netze prüfen	Stadtwerke	PM	mittelfristig	sehr gering	gering	hoch	••	
15	Optimierung des Netzbetriebs durch Ausnutzen der Pufferkapazität	Abklärung inwieweit eine Vorlauftemperaturerhebung frühzeitig vor dem Auftreten von regelmäßigen Lastspitzen, z. B. morgens, umgesetzt werden kann.	Optimierung der Netzstrukturen zur Integation EE	→ Effizienz- und Speicherlösungen zur Optimierung der Netze prüfen	Anlagen- u. Netzbetreiber	PM	kurzfristig	sehr gering	gering	mittel	•	
16	Nutzung von Klärschlamm zur Wärmeerzeugung prüfen	Da der Klärschlamm aktuell im Steinkohlekraftwerk mitverbrannt wird, muss überprüft werden, inwiefern der Klärschlamm nach Stilllegung des Kohleblocks weiterverwendet werden kann. Zudem muss nach Inkrafttreten der Neuordnung zur Klärschlammverwertung (AbfKlärV) in Abhängigkeit zur Einwohnerzahl bis spätestens 2032 eine technische Lösung zur Phosphor-Rückgewinnung gefunden werden.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“)	→ Aufbau (stadteigener) regenerativer Erzeugungskapazitäten	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	gering	hoch	••	x
17	Detaillierte Untersuchungen zur Nutzbarkeit der Abwärme aus Abwasser	Zur Konkretisierung der Nutzbarkeit von Abwärme aus Abwasser sollte eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden. Dazu gehören die Standortermittlung für die Wärmepumpe, das technische Konzept für die Anlagentechnik und eine Wirtschaftlichkeitsanalyse.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“) Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke	→ Aufbau (stadteigener) regenerativer Erzeugungskapazitäten	Stadtwerke	PM	kurzfristig	gering	gering	mittel	••	
18	Prüfen und ggf. Sichern von potentiellen Erzeugerstandorten	Die aus dem Erzeugerkonzept resultierenden potentiellen Erzeugerstandorte müssen frühzeitig geprüft und bei kommunalen Planungsprozessen berücksichtigt werden.	Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke	→ Schrittweiser Ausbau der erneuerbaren Energiequellen mit dem größten Potential (unter Federführung der Freisinger Stadtwerke)	Stadt/Stadtwerke	PM	kurzfristig	hoch	gering	niedrig	••	
18	Nutzung von industrieller Abwärme: Wärmeauskopplung aus BHKWs	Gezielte Kontaktaufnahme mit der Firma Bertrandt und Prüfung der technischen Lösung zur Wärmeauskopplung. Klärung von Vertragsdetails sowie Prüfung und Vorplanung einer möglichen technischen Einbindung.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“) Aktives Vorantreiben und Mitgestalten der Wärmewende durch die Freisinger Stadtwerke	→ Aufbau (stadteigener) regenerativer Erzeugungskapazitäten	Stadtwerke	PM	kurzfristig	sehr gering	gering	mittel	••	
20	Analyse der Möglichkeiten zur Bereitstellung von regenerativem Strom	Sowohl zur Spitzenlasterzeugung mit einem Elektrokessel als auch für den Einsatz von (Groß)Wärmepumpen wird Strom in größeren Mengen benötigt. Zur Erfüllung der Klimaschutzziele muss dieser Strom regenerativ sein. Möglichkeiten regenerativer Stromerzeugung für Spitzenlast (E-Kessel) sollten zusammengetragen und analysiert werden.	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“)	→ Schrittweiser Ausbau der erneuerbaren Energiequellen mit dem größten Potential (unter Federführung der Freisinger Stadtwerke)	Stadtwerke	PM	mittelfristig	gering	gering	hoch	••	x
21	Prüfung der Erweiterung der Solarpflicht	Bei Neubauten, auf die die Stadt Freising z.B. durch privatrechtliche und städtebauliche Verträge sowie Wettbewerbe Einfluss nehmen kann, wird bereits ein Solargebot für Dächer umgesetzt (Freisinger Resolution zum Klimaschutz, Maßnahme 9). Es gilt laufend zu überprüfen inwieweit es Möglichkeiten gibt, die Solarpflicht auszuweiten und diese z.B. auch direkt in Bebauungsplänen festzusetzen oder gar Bestandgebäude miteinzubeziehen.	Einforderung von regenerativen, zukunftsweisenden Versorgungslösungen im Neubau	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	EM	kurzfristig	hoch	gering	hoch	•••	
22	Prüfung der Erweiterung des Gebäude-Energiestandard Freising	Bei Neubauten, auf die die Stadt Freising z.B. durch privatrechtliche und städtebauliche Verträge sowie Wettbewerbe Einfluss nehmen kann, wird bereits ein Mindestenergiestandard umgesetzt (Freisinger Resolution zum Klimaschutz, Maßnahme 8). Es gilt laufend zu überprüfen inwieweit es Möglichkeiten gibt, den Gebäude-Energiestandard auszuweiten und diese z.B. auch direkt in Bebauungsplänen festzusetzen.	Einforderung von regenerativen, zukunftsweisenden Versorgungslösungen im Neubau	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	EM	kurzfristig	hoch	gering	hoch	•••	
23	Prüfung inwieweit die Neuinstallation von Öl- oder Gaskesseln in Bestandsgebieten oder -gebäuden zukünftig (rechtlich) untersagt werden kann	Regelmäßige Überprüfung der Rechtsgrundlage inwieweit es seitens der Stadt Möglichkeiten gibt die Neuinstallation von fossilen Brennstoffen in Bestandgebäuden (rechtlich) zu untersagen. So besteht in Baden-Württemberg über das EEWärmeG beispielsweise die Pflicht bei Tausch der Heizungsanlage im Bestand bei Wohngebäuden und Nichtwohngebäuden mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärmeenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien decken oder Ersatzmaßnahmen ergreifen.	Intensivierung des Ausbaus von regenerativen Einzelversorgungslösungen in nicht „fernwärmewürdigen“ Gebieten	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt/Bayern	EM	mittelfristig	hoch	gering	hoch	••	
24	Ausweitung der kommunalen Beratung und Information bezüglich regenerativer Einzelversorgungslösungen, insbesondere für Bestandsgebäude.	z.B. durch eine gezielte Ausweitung der Energieberatung auf Bestandsgebäude; Nutzung der Energiekrawane für bestimmte Stadtgebiete; gezielte Informationsveranstaltungen zur Nutzung von Umweltwärme mittels Wärmepumpe auch in Bestandgebäuden, ...	Intensivierung des Ausbaus von regenerativen Einzelversorgungslösungen in nicht „fernwärmewürdigen“ Gebieten	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	EM	mittelfristig	hoch	mittel	mittel	••	

Nr.	Maßnahme	Kurzbeschreibung	dazugehöriges Ziel/ Leitlinie	dahinter stehende Handlungsempfehlung	Zuständigkeit	Handlungs-feld *	Umsetzungs-horizont	Beeinflussbarkeit durch Kommune	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
25	Erstellung von Masterplänen für eine Dekarbonisierung der Gebäude-Wärmeversorgung kommunaler und öffentlicher Gebäude	Erarbeitung von Masterplänen, wie die Wärmeversorgung aller kommunalen Gebäude schrittweise bis zum Jahr 2030 (bayerisches Klimaschutzgesetz!) dekarbonisiert werden kann. Nach Erfüllung der eigenen Vorreiterrolle sollte in diesem Zuge sollte auch auf andere (öffentliche Träger) zugegangen werden und ebenfalls nach entsprechenden Konzepten für deren Gebäude gefragt werden, z.B. Universitätsgebäude, Landes- und Bundesliegenschaften, Kliniken, Kirchen, Wohnungsbau, ...	Vorbildfunktion städtischer Gebäude und Entwicklungsgebiete	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	EM	kurzfristig	hoch	gering	mittel	•••	
26	Initiierung von Pilotprojekten mit innovativen Technologien zur Wärmeversorgung	z. B. mit innovativen Kombinationen regenerativer Wärmequellen, Möglichkeit eines Wärmeliefercontractings mit dem Ziel der Entwicklung übertragbarer Lösungen	Vorbildfunktion städtischer Gebäude und Entwicklungsgebiete	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	EM	mittelfristig	mittel	hoch	mittel	••	
27	Regelmäßige Erstellung einer Klimabilanz	Für die Stadt Freising soll regelmäßig (bestenfalls alle 2 Jahre) eine Klimabilanz im Bereich Wärme erstellt werden. Dazu dient das jeweils aktuelle Wärmekataster als Grundlage, das regelmäßig aktualisiert werden sollte (Maßnahme 28).	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“)	→ Datengrundlagen zur Beurteilung und zum Monitoring der Wärmenetze verbessern	Stadt Freising	EM	unbefristet	hoch	gering	mittel	••	x
28	Kontinuierliche Aktualisierung und Verbesserung des Wärmekatasters	In dieser Studie wurde die Grundlage für das Wärmekataster geschaffen. Während die Verbrauchsdaten (Gas, Fernwärme, Strom) sehr verlässliche Datengrundlagen zur Wärmebedarfsermittlung sind, fehlen Informationen zu sonstig versorgten Gebäuden. Die Verbrauchsdaten (Informationen von den Stadtwerken) sollten regelmäßig aktualisiert werden, zudem soll ausgearbeitet werden wie Daten für die sonstig versorgten Gebäude erhoben werden können (z. B. Schornsteinfegerdaten, Umfragen zur Wärmeversorgung bei den Haushalten).	Schrittweise Senkung der CO2-Emissionen und Verringerung des PEFs bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“)	→ Datengrundlagen zur Beurteilung und zum Monitoring der Wärmenetze verbessern	Stadt Freising	EM	unbefristet	hoch	gering	mittel	••	x
29	Regelmäßiges Update zu Förderoptionen und Bewerbung neuer Möglichkeiten	bspw. auf entsprechenden Informationsplattform der Stadt, Postwurfsendungen mit kostenfreien Informationsmaterialien und Auflistung potentieller Ansprechpartner	Ausbau von Wärmenetzanschlüssen durch ÖA und Akquise Schrittweise Reduktion fossiler Energieträger	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	EM	unbefristet	hoch	mittel	mittel	•••	
30	Anreizprogramm zur energetischen Gebäudesanierung	Erarbeitung eines kommunalen Förderprogramms zur Förderung der Gebäudesanierung im Stadtgebiet, gezielte Informationsveranstaltungen oder Sanierungsmessen, ...	Wärmebedarf im Stadtgebiet reduzieren Intensivierung des Ausbaus von reg. Einzelversorgungs-lösungen in nicht "fernwärmewürdigen" Gebieten	→ Kommunale Mechanismen zur Senkung des Energiebedarfs und zur Vermeidung fossiler Energieträger ausweiten (Neubau und Bestand)	Stadt Freising	SM	kurzfristig	hoch	hoch	hoch	•••	
31	Monitoring von Sanierungsrate und Sanierungstiefe	In dieser Studie wurden Annahmen im Hinblick auf die Wärmebedarfentwicklung aufgrund von Sanierung getroffen. Dabei wurde die BMWi-Studie (2015) Effizienzstrategie Gebäude von Prognos, ifeu und IWU zu-grunde gelegt. Damit die zukünftige Entwicklung besser prognostiziert werden kann, ist es sinnvoll, Realdaten für Freising zu erheben. Da die Gebäudebesitzer aktuell nicht verpflichtet sind, die Stadt über Sanie-rungstätigkeiten in Kenntnis zu setzen, sollte Stadt Strukturen entwickeln, wie diese Daten künftig erhoben werden können (Bauanträge, Mitteilungspflichten, ...).	Wärmebedarf im Stadtgebiet reduzieren	→ Datengrundlagen zur Beurteilung der Entwicklung des Wärmebedarfs verbessern	Stadt Freising	SM	unbefristet	hoch	gering	mittel	••	x
32	Ausweisung von Eignungsgebieten für Fernwärme	Identifizierung von Eignungsgebieten für Fernwärmeversorgungsgebiete an Hand des städtischen Wärmekatasters sowie Prüfung von Möglichkeiten wie der Anschluss dieser Gebiete an das städtische Wärmenetz forciert werden kann, z.B. durch gezielte Kampagnen oder die die Prüfung der Möglichkeit eines Anschluss- und Benutzungszwangs begründet durch Klima- und Ressourcenschutz.	Netzausbaustrategie unter Federführung Freisinger Stadtwerke	→ Ausbau der Wärmenetze forcieren	Stadt Freising	KS	kurzfristig	hoch	gering	hoch	•••	
33	Implementierung des kommunalen Wärmeplans in den Flächennutzungsplan	Standortsicherung von Flächen für Wärmeerzeuger sowie für Trassen leitungsgebundener Transportsysteme oder Standorte für Solarenergieanlagen.	Netzausbaustrategie unter Federführung Freisinger Stadtwerke	→ Standorte für zukünftige Einspeiser sichern	Stadt Freising	KS	mittelfristig	hoch	gering	niedrig	••	
34	Regelmäßiger Austausch aller Akteure zur netzgebundenen Wärmeversorgung	Regelmäßigen Austauschtermin mit allen beteiligten Akteuren etablieren (z. B. einmal im Jahr).	Schrittweise Verringerung des Primärenergiefaktors der Wärmenetze und Senkung der der CO2-Emissionen bis zum Jahr 2035 (Ziel: „0“) Netzausbaustrategie unter Federführung Freisinger Stadtwerke	→ Komplexe Eigentümer- und Betreiberstrukturen vereinfachen	Stadt Freising	KS	unbefristet	hoch	gering	mittel	•••	
35	Bewertung der Gasnetzperspektiven	Damit das Klimaschutzziel der Stadt Freising 100 % erneuerbar erreicht werden kann, muss mittelfristig eine Lösung für das Erdgasnetz gefunden werde. Das Gasnetz ist hinsichtlich Erneuerungsbedarf, kapazitiver Auslastung, sukzessiver Rückbau und erneuerbare Gase zu bewerten. Entweder muss das Gasnetz aufgegeben werden oder geprüft werden inwieweit das Erdgas tatsächlich durch „grüne“ Alternativen (Biomethan, Wasserstoff) ersetzt werden.	Sehr reduzierter bzw. kein weiterer Ausbau des Gasnetzes (keine Forcierung des Ausbaus von Gasnetzanschlüssen)	→ Umgang mit dem Gasnetz klären	Stadtwerke	GM	mittelfristig	gering	gering	hoch	••	x

Nr.	Maßnahme	Kurzbeschreibung	dazugehöriges Ziel/ Leitlinie	dahinter stehende Handlungsempfehlung	Zuständigkeit	Handlungs-feld *	Umsetzungs-horizont	Beeinflussbarkeit durch Kommune	Investition	Potential für THG-Einsparung	Priorität	Steckbrief vorhanden
36	Erstellung eines sektor-übergreifenden Netzentwicklungsplans	Erarbeitung eines Netzentwicklungsplans für die Sparten Gas, Strom und Wärme , indem die Einzelstrategien der Sparten aufeinander abgestimmt sind.	Netzausbaustrategie unter Federführung Freisinger Stadtwerke	→ Ausbau der Wärmenetze forcieren	Stadtwerke	GM	mittelfristig	gering	gering	hoch	•••	
37	Konzept für zukünftiges Eigentümer- und Betreibermodell ausarbeiten	Zukünftiges Betreibermodell zur Vereinfachung der aktuellen Betreiberstrukturen entwickeln.	Wärmeversorgung "in kommunaler Hand"	→ Komplexe Eigentümer- und Betreiberstrukturen vereinfachen	Stadtwerke	SKM	mittelfristig	gering	gering	niedrig	••	x
38	Regelmäßige Nachfrage nach den Unternehmens- und Strategiekonzepten der verschiedenen Eigentümer- und Betreiber der Anlagen und Netze	Strategiekonzepte der jeweiligen Unternehmen sind zur besseren Planbarkeit und Vereinbarkeit der Ziele der einzelnen Eigentümer und Betreiber untereinander, aber auch zum Abgleich mit den Zielen der Stadt, erforderlich.	Netzausbaustrategie unter Federführung Freisinger Stadtwerke	→ Schrittweiser Ausbau der erneuerbaren Energiequellen mit dem größten Potential (unter Federführung der Freisinger Stadtwerke)	Anlagen- u. Netzbetreiber	SKM	mittelfristig	gering	gering	mittel	•••	
39	Austausch und ggf. Zusammenschluss mit den weiteren Wärmeabnehmern am Zollinger Wärmenetz	Nicht nur die Stadt Freising, sondern auch andere Abnehmer am Wärmenetz, z.B. die Gemeinden Zolling und Hallbergmoos sowie der Flughafen München und der Campus Weihenstephan, verfolgen Klimaschutzziele. Die Stadt Freising sollte aktiv den Austausch mit den weiteren Abnehmern suchen, um gemeinsam auf eine Strategie zur Dekarbonisierung des Zollinger Wärmenetzes hinzuwirken.	Wärmeversorgung "in kommunaler Hand"	→ Kontaktaufnahme mit weiteren Wärmenetzabnehmern	Stadt Freising	KS	kurzfristig	hoch	gering	mittel	•••	

- *WM: Maßnahmen im Wärmenetz
- *EM: Maßnahmen für die Einzelversorgung
- *SM: Maßnahmen zu Reduktion des Wärmebedarfs (Sanierungsmaßnahmen)
- *KS: Kommunale Steuerelemente
- *GM: Maßnahmen das Gasnetz betreffend
- *SKM: Strukturelle und konzeptionelle Maßnahmen

Nr. 1 Erstellung eines hydraulischen Rechenetzmodells						
Beschreibung						
<p>Aus GIS-Daten (z. B. Shape-Dateien) oder Netzplänen (z. B. DWG-Dateien) soll ein hydraulisches Rechenetzmodell für das gesamte Fernwärmebestandsnetz von Zolling bis nach Hallbergmoos erstellt werden. Dabei sind alle Teilnetze inklusive TU Weihenstephan abzubilden. Die angeschlossenen Kunden werden objektscharf mit ihrer jeweiligen Jahreswärmearbeit in Kombination mit dem Verbrauchertyp (Standardlastprofil) oder alternativ mit der jeweiligen Anschlussleistung integriert. Das hydraulische Rechenetzmodell umfasst alle Einspeiser und Druckerhöhungspumpen. Zur Plausibilisierung des Rechenetzmodells wird in der Regel ein Messvergleich zur Kalibrierung und Plausibilisierung des rechenfähigen Netzmodells durchgeführt.</p> <p>Das Netzmodell sollte regelmäßig aktualisiert werden, insbesondere bei größeren Veränderungen im Leitungsbau, bei Kundenanschlüssen oder bei den Erzeugerstandorten.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	½ Jahr			
Initiator	FFG/Bayernwerk	Akteure	externer Dienstleister			
Zielgruppen	Anlagen- und Netzbetreiber	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	sehr gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	unabhängig von anderen Maßnahmen	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept, hydr. Machbarkeit, Vorlauftemperaturabsenkung			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	FFG/Bayernwerk	gering	keinen Einfluss			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	●
	Potenzial CO₂-Reduktion	○	○	○	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Instrument zur strategischen Fernwärmeplanung				

Nr. 2 Detailliert ausgearbeitetes Erzeugerkonzept						
Beschreibung						
<p>Um die Klimaschutzziele der Stadt Freising zu erreichen müssen die fossilen Energieträger im Fernwärmesystem sukzessive ersetzt werden. Dafür muss ein Konzept erarbeitet werden, wie der zukünftige Erzeugermix aussehen kann und wie die schrittweise Transformation dorthin erfolgt. Die Voraussetzung dafür ist ein ausreichendes Potential erneuerbarer Energiequellen. Ebenso entscheidend ist die Festlegung der zukünftigen Erzeugerstandorte und die Rolle des Kraftwerksstandorts Zolling. Zu einem vollständigen Erzeugerkonzept gehören: Auswahl des zukünftigen Erzeugermix, eine Standortanalyse, die Festlegung der Zielnetztemperatur und einer Erzeugereinsatzreihenfolge, ein Besicherungskonzept, die Berücksichtigung möglicher Wärmespeicher sowie abschließend eine dynamische Wirtschaftlichkeitsbewertung. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden verschiedene Erzeugervarianten vorgestellt, aus denen die bevorzugte(n) Variante(n) im Detail ausgearbeitet und deren Umsetzbarkeit überprüft werden müssen.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	1 Jahr			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	Stadtwerke / externer Dienstleister			
Zielgruppen	Wärmenetz- und Kraftwerksbetreiber	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	keine			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Vorauswahl aus Konzeptvorschlägen der Studie, hydraulisches Rechenetzmodell	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Netzkonzept			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Onyx/Stadtwerke	gering	keinen Einfluss			
Fördermöglichkeiten	keine unmittelbare, aber ggf. indirekte Förderung über BEW möglich, wenn die Frage im Rahmen eines Transformationskonzepts erarbeitet wird – (eher unwahrscheinlich)					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	●
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	●	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	●	○
	Zusatznutzen					

Nr. 3 Hydraulische Machbarkeit im Hinblick auf die Zielnetztemperatur						
Beschreibung						
<p>Durch die hydraulische Machbarkeit soll ermittelt werden, ob die hydraulische Netzkapazität für eine Vorlauftemperaturabsenkung (Zielnetztemperatur) ausreichend ist. Das Rechnetzmodell zeigt auf, wo Versorgungsengpässe auftreten könnten und ggf. verstärkt werden muss und wo hydraulische Restriktionen bestehen. Mit dem Rechnetzmodell kann geprüft werden, wo die Einbindung neuer Einspeisequellen möglich und zur Entlastung sinnvoll sind. Zudem können mit Hilfe des Netzmodells die Netzbereiche ausgewiesen werden, wo das Netz aus hydraulischer Sicht noch ausreichend Potential für eine Erweiterung bietet. Das hydraulische Rechnetzmodell dient ebenso als Grundlage für eine Störfallbetrachtung beim Ausfall verschiedener Erzeugereinheiten. Es kann unterstützen, eine optimierte Temperaturfahrweise bei Teillastfällen zu erarbeiten.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	1 Jahr			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	externer Dienstleister			
Zielgruppen	Anlagen- und Netzbetreiber	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	sehr gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	hydr. Rechnetzmodell	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept, Vorlauftemperaturabsenkung			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadtwerke	gering	keinen Einfluss			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	●
	Potenzial CO₂-Reduktion	○	○	○	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Aktuell wird keine Netzhydraulik berechnet. Ohnehin-Maßnahme, die beim weiteren Fernwärmeausbau empfohlen wird.				

Nr. 4 Absenkung der Vorlauftemperatur						
Beschreibung						
<p>Derzeit wird das Transportnetz Zolling gleitend mit einer Vorlauftemperatur bis zu 130 °C in Spitzenlastzeiten betrieben. Die meisten regenerativen Energiequellen arbeiten jedoch auf einem deutlich geringeren Temperaturniveau, müssten folglich nachgeheizt werden oder kommen erst gar nicht in Frage. Eine Absenkung der Vorlauftemperatur macht das Feld potentieller erneuerbarer Energiequellen somit wesentlich größer. Die Absenkung der Vorlauftemperatur sollte dabei schrittweise erfolgen, damit überprüft werden kann wie das Netz darauf reagiert. Im Optimalfall ist zuvor eine Absenkung der Rücklauftemperatur erfolgt. Erste Berechnungen in einem vereinfachten Berechnungsmodell für die Schiene haben gezeigt, dass eine Absenkung der Vorlauftemperatur ohne weitere Maßnahmen (wie z. B. Druckerhöhungsstation oder Verstärkungsleitungen im Netz) aktuell nur bedingt möglich ist.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	Anlagen- u. Netzbetreiber			
Zielgruppen	Anlagen- u. Netzbetreiber	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	keine			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Kapazitätsprüfung in hydr. Rechenetzmodell, Absenkung Rücklauf-Temperatur, Anpassung der TAB ¹	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Einbindung regenerativer Energiequellen			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Netzbetreiber (FFG/Bayernwerke)	gering	senkend			
Fördermöglichkeiten	keine unmittelbare, aber ggf. indirekte Förderung über BEW möglich, wenn die Frage im Rahmen eines Transformationskonzepts erarbeitet wird – (eher unwahrscheinlich)					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	●	●
	Zusatznutzen	Reduzierung der Wärmeverluste				

¹ Technische Anschlussbedingungen

Nr. 5 Überprüfung der Temperaturanforderungen der Kunden						
Beschreibung						
<p>Das Fernwärmesystem Zolling wird aktuell zeitweise mit Temperaturen deutlich über 115 °C (zugesichert gemäß TAB) betrieben. Möglicherweise sind im Bestandsnetz sensible Kunden angeschlossen, die auf hohe Temperaturen angewiesen sind. Vor der schrittweisen Absenkung der Vorlauftemperatur müssen daher die Netzbetreiber die Temperaturanforderungen der Kunden prüfen. Zudem können bei einer reduzierten Temperaturspreizung die Wärmetauscherflächen der Kundenstationen zu klein sein, was dazu führt, dass der Heizungsanlage nicht ausreichend Wärme zur Verfügung gestellt werden kann.</p> <p>Liegen keine detaillierten Informationen zu Kundenstationen und Heizungsanlagen vor, so müssen diese vor Ort begangen und geprüft werden, ob die Stationen auch mit der Zieltemperatur aus dem Erzeugerkonzept betrieben werden können. Außerdem ist zu ermitteln, ob die Wärmetauscherflächen selbst nach der Reduzierung der Vorlauftemperatur mit der daraus resultierenden Temperaturspreizung ausreichen.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	3 Jahre			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	Netzbetreiber			
Zielgruppen	Gebäudeeigentümer	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Erzeugerkonzept (Festlegung Zieltemperatur)	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Vorlauftemperaturabsenkung			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Netzbetreiber	gering (eigenes Personal)	keinen Einfluss			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	○	○	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	○	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Optimierung der Kundenstationen möglich auch im Hinblick auf eine Rücklauftemperaturabsenkung				

Nr. 6 Anpassung der technischen Anschlussbedingungen						
Beschreibung						
<p>Die aktuelle Fassung der technischen Anschlussbedingungen ist hinsichtlich ihrer Vorgaben zur Ausführung der Kundenanlage zu überprüfen. Darüber hinaus muss eine Aktualisierung hinsichtlich der zugesicherten Vorlauftemperatur (aktuell 115 °C für den Winter) erfolgen, da diese perspektivisch abgesenkt werden soll.</p> <p>Vorgaben zur Ausführung der Kundenanlagen sind/können sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ zugesicherte Vorlauftemperatur, maximal zulässige Rücklauftemperatur und die daraus resultierende Spreizung ⇒ verpflichtender Einbau von Durchfluss- und Rücklauftemperaturbegrenzern ⇒ Vorgaben zur Brauchwarmwasserbereitung <p>Bsp. Bayernwerk</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	< 1 Jahr			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	Netzbetreiber			
Zielgruppen	Fernwärmeabnehmer	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	unabhängig von anderen Maßnahmen	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Absenkung von Vor- und Rücklauftemperatur			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadtwerke	gering	kein Einfluss			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	○	○	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	○	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Möglichkeit, um Maßnahmen zur Durchsetzung einer maximal zulässigen Rücklauftemperatur geltend zu machen				

Nr. 7 Absenkung der Rücklauftemperatur						
Beschreibung						
<p>Eine Absenkung der Rücklauftemperatur steigert die Transportkapazität des Netzes. Bei gleichzeitiger Absenkung der Vorlauftemperatur sorgt eine Rücklauftemperaturabsenkung für eine Aufrechterhaltung der Transportkapazität und macht somit die Absenkung der Vorlauftemperatur erst möglich. Die Absenkung der Rücklauftemperatur ist ein langfristiges Projekt ohne schnelle Erfolgswirkung, denn zur Rücklauftemperaturabsenkung sind vor allem Maßnahmen im sekundärseitigen Gebäudebereich erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Identifikation der Hauptverursacher hoher RL-Temperaturen (z. B. TUM Weihenstephan) ⇒ Vor-Ort-Begehung mit Bestandsaufnahme der Kundenstation und der Heizungsanlage ⇒ Maßnahmen zur Absenkung der RL-Temperaturabsenkung ergreifen (z. B. RL-Temperaturbegrenzer, hydraulischer Abgleich, Erneuerung sekundärseitige Anlagenteile und das Heizungssystem in den Raum (z.B. Flächenheizungen), Veränderung der Brauchwarmwasserbereitung zu Frischwasserstationen etc.) ⇒ Anpassung der TAB (Festlegung der abgesenkten RL-Temperatur, verpflichtender Einbau eines RL-Temperaturbegrenzers) ⇒ Kundenanreize durch verändertes Tarifmodell schaffen (Bonus bei niedrigen RL-Temperaturen) 						
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	Netzbetreiber			
Zielgruppen	Stadtwerke/Fernwärmeverversorger/Fernwärmeabnehmer	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	sehr gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	unabhängig von anderen Maßnahmen	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Vorlauftemperaturabsenkung			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadtwerke/Gebäudeeigentümer	für Stadtwerke gering	senkend			
Fördermöglichkeiten						
Zuschüsse über Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) für Fernwärmekunden (Richtlinie über die Förderung der Heizungsoptimierung); zukünftig auch in der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) mit abgedeckt (Investitionszuschuss von 40% über den Netzbetreiber zu beantragen und vollständig an den Anlageneigentümer/Kunden weiterzugeben)						
Bewertung						
		niedrig		mittel		hoch
Priorität	●	●	●	●	○	○
Potenzial CO₂-Reduktion	●	○	○	○	○	○

Nr. 7 Absenkung der Rücklauftemperatur						
	Kosten-Nutzen	•	•	•	•	○
	Wirkungstiefe	•	•	•	•	•
	Zusatznutzen	Effizienzsteigernd bei Wärme-/Stromerzeugungsprozessen				

Nr. 9 Kontaktaufnahme mit Texas Instruments / Technische Lösung zur Wärmeauskopplung						
Beschreibung						
<p>Die Stadtwerke sollen unverzüglich Kontakt mit Texas Instruments aufnehmen, um die Rahmenbedingungen für eine mögliche Abwärmeauskopplung abzustimmen (Wassermenge, Temperaturen, Verfügbarkeit, Platzverhältnisse, etc.). Aus diesen Rahmenbedingungen ist eine technische Lösung für die Abwärmeauskopplung zu entwickeln, welche die Anforderungen zur Einspeisung in das Fernwärmenetz erfüllt. Die technische Lösung ist im Anschluss wirtschaftlich (dynamische Wirtschaftlichkeit mit realistischen Preisen aus Angeboten) zu bewerten.</p> <p>Parallel dazu sollten bereits im Vorfeld Überlegungen getätigt werden, wie ein mögliches Vertragsverhältnis zwischen den Stadtwerken und Texas Instruments aussehen könnte.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	1 Jahr			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	Stadtwerke, Texas Instruments			
Zielgruppen	Stadtwerke, Texas Instruments	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	keine	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadtwerke / Texas Instruments	hoch	steigend			
Fördermöglichkeiten						
Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft (Zuschuss): Modul 4 - Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen oder ggf. indirekte Förderung über BEW möglich, wenn die Frage im Rahmen eines Transformationskonzepts erarbeitet werden – (eher unwahrscheinlich)						
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	●
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	○	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	●	○
	Zusatznutzen	Abkühlung des erwärmten Grundwassers				

Nr. 11 Detailliertes Netzausbaukonzept inklusive Zeitplan erstellen

Beschreibung

Es soll ein detailliertes Netzausbaukonzept erarbeitet werden, welches in einem konkreten Zeitplan (Kennzeichnung der Gebiete in Jahresschritten) die Ausbau- und Verdichtungsstrategie darlegt. Als Basis für das Netzausbaukonzept kann das Wärmekataster zur Identifikation der Bereiche mit hoher Wärmedichte und zur Erkennung von sogenannten „Ankerkunden“ verwendet werden. Das Netzausbaukonzept berücksichtigt folgende Aspekte:

- ⇒ mögliche Synergien mit städtebaulichen Maßnahmen (z. B. Verlegung der Fernwärmeleitungen im Rahmen einer Kanalsanierung)
- ⇒ Ausbau erfolgt vorzugsweise in „fernwärmewürdigen“ Gebieten (Wärmedichte oberhalb des Schwellenwertes von ... MWh/ha)
- ⇒ der Gewinn von Ankerkunden (Großkunden) innerhalb der fernwärmewürdigen Gebiete
- ⇒ Akquise konzentriert sich insbesondere auf Objekte mit Strom- und Ölheizungen
- ⇒ generell ist es natürlich auch von Interesse Gaskunden für die Fernwärme zu gewinnen, die Ablösung von Gaskunden ist im Zusammenhang mit der Gasnetzstrategie zu betrachten
- ⇒ der Ausbau ist technisch limitiert, daher soll die Planung zwar ambitioniert aber auch realisierbar sein

Beginn	kurzfristig	Dauer	1 Jahr
Initiator	Stadtwerke/FFG	Akteure	Stadtwerke/externer Dienstleister
Zielgruppen	Stadt, Stadtwerke, Objekteigentümer	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Wärmekataster, Info zu städtischen Baumaßnahmen, Netzhydraulik	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept

Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten
	Stadtwerke/FFG	gering	keinen Einfluss

Fördermöglichkeiten keine unmittelbare, aber ggf. indirekte Förderung über BEW möglich, wenn die Frage im Rahmen eines Transformationskonzepts erarbeitet werden – (eher unwahrscheinlich)

Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○

Nr. 11 Detailliertes Netzausbaukonzept inklusive Zeitplan erstellen						
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Strategisches Instrument für die Kundenakquise				

Nr. 12 Machbarkeitsstudie Tiefengeothermie						
Beschreibung						
<p>Zur Konkretisierung des geothermischen Potentials sollte eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden, die die Möglichkeiten einer standortspezifischen geothermischen Nutzung aufzeigt. In der Studie sind folgende Aspekte zu untersuchen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Vorprüfung der grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens ⇒ (Hydro)geologische Standortrecherche auf Basis von Kartenmaterial und Bohrdatenarchiven ⇒ Erhebung von seismischen Daten zur Erstellung eines geologischen Erwartungsprofils ⇒ Planung der Bohrpfade und Erarbeitung einer Grobbohrplanung auf Basis der unterirdischen geologischen und oberirdischen infrastrukturellen Rahmenbedingungen ⇒ Erstellung des geothermischen Modells ⇒ Einschätzung des Fündigkeitsrisikos ⇒ Präzisierung der Kostenschätzung für das Gesamtprojekt und detaillierte Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen ⇒ Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise 						
Beginn	kurzfristig	Dauer	1 Jahr			
Initiator	Stadtwerke	Akteure	externer Dienstleister			
Zielgruppen	Stadtwerke	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	keine	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadtwerke	gering	keinen Einfluss			
Fördermöglichkeiten	Landes- und Bundesmittel (BEW und andere); Abfederung Bohrrisiko wesentlich					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen					

Nr. 13 Technisches Konzept zum Bau einer neuen Biomasseanlage						
Beschreibung						
<p>Es gibt mehrere Optionen das Biomassepotential zu verwerten: Biomasse-Heizkraftwerk (KWK), Biomasse-Heizwerk, Biogasanlage. In Zusammenhang mit dem Erzeugerkonzept werden die Einsatzzeiten (Grundlast, Mittellast, Spitzenlast) der Biomasseanlage ermittelt. Daraus resultiert die Wahl der geeigneten Anlage. Zur Dimensionierung der Anlage sind zum einen die Erkenntnisse aus dem Erzeugerkonzept relevant und zusätzlich das tatsächlich regional verfügbare Biomassepotential (ggf. kann Biomasse auch überregional bezogen werden). Zur Auslegung und für das technische Konzept sind somit folgende Schritte zu befolgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Erzeugerkonzept legt die Einsatzzeiten, die Größe und den (Last)Typ der Biomasseanlage fest ⇒ daraus resultierend die benötigte Biomasselieferung von Waldbesitzervereinigung, Bayerische Staatsforsten sowie Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft bzw. Landwirtschaft oder sonstigen Vermarktungsgesellschaften vertraglich zusichern lassen ⇒ in Abhängigkeit vom Lasttyp und der Netzhydraulik den Standort auswählen (Spitzenlasterzeuger muss aus hydraulischen Gründen ggf. an anderer Stelle platziert werden als Grundlastwärmeerzeuger) ⇒ Platzbedarf (u. a. für Brennstofflagerung) ermitteln und Standort reservieren 						
Beginn	mittelfristig		Dauer	1 ½ Jahre		
Initiator	Stadtwerke		Akteure	externer Dienstleister		
Zielgruppen	Stadtwerke		Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering		
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Erzeugerkonzept, Netzhydraulik		Voraussetzung für folgende Maßnahmen			
Kosten	Kostenträger	Investition		Laufende Kosten		
	Stadtwerke	hoch		steigend		
Fördermöglichkeiten	Erneuerbare Energien Gesetz (EEG, Teilnahme am Ausschreibungsverfahren), Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW)					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen					

Nr. 16 Nutzung von Klärschlamm zur Wärmeerzeugung prüfen						
Beschreibung						
<p>Der Klärschlamm muss zunächst getrocknet werden. In Zolling wurde dazu vor ca. 1 Jahr eine Anlage zur Trocknung vorentwässerter Klärschlämme in Betrieb genommen, welche auf eine Jahreskapazität von bis zu 120.000 t ausgelegt ist. Der Klärschlamm wird dort mittels Abwärme aus dem Biomasseheizkraftwerk getrocknet. Getrockneter Klärschlamm hat annähernd den Heizwert von Braunkohle und wird im benachbarten Kohlekraftwerk mitverbrannt.</p> <p>Nach Inkrafttreten der Neuordnung zur Klärschlammverwertung (AbfklärV) muss in Abhängigkeit zur Einwohnerzahl bis spätestens 2032 eine technische Lösung zur Phosphor-Rückgewinnung gefunden werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Prüfen, ob der Ersatz von Steinkohle durch Klärschlamm weiter erhöht werden kann ⇒ Prüfen, ob die komplette Kapazität der Klärschlamm-trocknung bereits ausgeschöpft wird ⇒ Prüfen, ob bei der Klärschlammverbrennung die AbfklärV erfüllt wird ⇒ Prüfen, welche Optimierungsmaßnahmen in Frage kommen 						
Beginn	mittelfristig		Dauer	½ Jahr		
Initiator	Stadtwerke		Akteure	externer Dienstleister		
Zielgruppen	Anlagen- u. Netzbetreiber		Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering		
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	keine		Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Anpassung zukünftiges Erzeugerkonzept		
Kosten						
	Kostenträger		Investition	Laufende Kosten		
	Anlagen- u. Netzbetreiber		gering	keinen Einfluss		
Fördermöglichkeiten						
		niedrig		mittel		hoch
Bewertung	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	●	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Klärschlamm-sorgung				

Nr. 20 Analyse: Möglichkeiten zur Bereitstellung von regenerativem Strom						
Beschreibung						
<p>Sowohl zur Spitzenlasterzeugung mit einem Elektrokessel als auch für den Einsatz von (Groß)Wärmepumpen wird Strom in größeren Mengen benötigt. Zur Erfüllung der Klimaschutzziele muss dieser Strom regenerativ sein. Daher ist im Folgenden zu analysieren</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ woher kommt aktuell der Strom und welcher Teil ist bereits regenerativ? ⇒ wie kann der Anteil an regenerativem Strom erhöht bzw. mehr regenerativer Strom erzeugt werden? ⇒ welche zusätzlichen regenerativen Stromquellen können erschlossen werden (z. B. PV-Freiflächenanlagen) ⇒ wie groß ist zukünftig der Strombedarf, wenn dieser zusätzlich zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird? ⇒ ist das bestehende Stromnetz dafür ausgelegt an den vorgesehenen Standorten die entsprechende Strommenge zur Verfügung zu stellen? 						
Beginn	mittelfristig		Dauer	½ Jahr		
Initiator	Stadtwerke		Akteure	Stadtwerke/externer Dienstleister		
Zielgruppen	Stadtwerke		Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering		
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Erzeugerkonzept		Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeugerkonzept		
Kosten						
	Kostenträger		Investition	Laufende Kosten		
	Stadtwerke		gering	keinen Einfluss		
Fördermöglichkeiten						
		niedrig		mittel		hoch
Bewertung	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	●	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen					

Nr. 27 Regelmäßige Erstellung einer Klimabilanz						
Beschreibung						
<p>Für die Stadt Freising soll regelmäßig (bestenfalls alle 2 Jahre) eine Klimabilanz erstellt werden. Dazu dient das jeweils aktuelle Wärmekataster als Grundlage. Aus dem Wärmekataster lässt sich der Gesamtwärmebedarf (teils aus Verbrauchsdaten, teils aus Schätzdaten) ermitteln. Der Energieeinsatz der Energieträger ist zum Großteil bekannt und ebenfalls im Wärmekataster hinterlegt. Daraus lässt sich zum einen der Primärenergiefaktor (PEF: abhängig vom Erzeugermix) sowie die CO₂-Emissionen - sowohl für die ganze Stadt, als auch für die netzgebundene Wärmeversorgung berechnen. Die wichtigsten Kenngrößen der Klimabilanz sind somit:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Gesamtwärmebedarf [GWh] ⇒ Aufteilung des Wärmebedarfs in Energieträger oder in Gebäudetypen [GWh, %] ⇒ Primärenergiefaktor ⇒ CO₂-Emissionen [t CO₂/a] 						
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet			
Initiator	Stadt	Akteure	Stadt			
Zielgruppen	Stadt	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	hoch			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	aktuelles Wärmekataster	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Monitoring der Klimaschutzziele			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadt	gering	leicht steigend (Personal)			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	●	○
	Zusatznutzen					

Nr. 28 Kontinuierliche Aktualisierung und Verbesserung des Wärmekatasters						
Beschreibung						
<p>In dieser Studie wurde die Grundlage für das Wärmekataster geschaffen. Während die Verbrauchsdaten (Gas, Fernwärme, Strom) sehr verlässliche Datengrundlagen zur Wärmebedarfsermittlung sind, fehlen Informationen zu „sonstig versorgten“. Doch auch die Verbrauchsdaten (Informationen von den Stadtwerken) sollten regelmäßig aktualisiert werden, da nur so die Einflüsse durch Sanierung und Klimaerwärmung abgebildet werden können.</p> <p>Zu den „sonstig versorgten“ sollte die Stadt versuchen, möglichst genaue Informationen zu erhalten. Dazu gibt es folgende Möglichkeiten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ die Schornsteinfeger verpflichten, regelmäßig Daten zu erheben ⇒ Umfrage bei den Haushalten durchführen (Frage nach Energieträger und Heizungstyp, Alter der Heizung, Wärmeverbrauch, beheizte Fläche, Gebäudebaujahr, etc.) 						
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet			
Initiator	Stadt	Akteure	Stadt			
Zielgruppen	Stadt, Haushalte	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	hoch			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	aktuelles Wärmekataster	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erstellung einer Klimabilanz, Erzeuger- u. Netzkonzept			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadt	gering	leicht steigend (Personal)			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	●
	Wirkungstiefe	●	●	●	●	○
	Zusatznutzen	Aktualisierung der Datengrundlage für die regelmäßig zu erstellende Klimabilanz				

Nr. 31 Monitoring von Sanierungsrate und Sanierungstiefe						
Beschreibung						
<p>In dieser Studie wurden Annahmen im Hinblick auf die Wärmebedarfsentwicklung aufgrund von Sanierung getroffen. Dabei wurde die BMWi-Studie (2015) Effizienzstrategie Gebäude von Prognos, ifeu und IWU zugrunde gelegt. Damit die zukünftige Entwicklung besser prognostiziert werden kann, ist es sinnvoll, Realdaten für Freising zu erheben. Da die Gebäudebesitzer aktuell nicht verpflichtet sind, die Stadt über Sanierungstätigkeiten in Kenntnis zu setzen, muss die Stadt Alternativen in Betracht ziehen, um an diese Daten zu kommen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ in einem ersten Schritt könnte eine Ortsbegehung mit Bewertung der Außenfassaden sowie Türen und Fenster erfolgen ⇒ in einem zweiten Schritt könnte die Veränderung der Verbrauchsdaten Aufschluss auf die Sanierung geben ⇒ zudem lassen sich Erkenntnisse aus den Umfragedaten (vgl. Steckbrief 3.8) gewinnen 						
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet			
Initiator	Stadt	Akteure	Stadt			
Zielgruppen	Stadt, Haushalte	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	hoch			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	aktuelles Wärmekataster	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erstellung einer Klimabilanz, Erzeuger- u. Netzausbaukonzept			
Kosten						
	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadt	gering	leicht steigend (Personal)			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	dient mglw. als Werkzeug zur Erarbeitung einer Netzausbaustrategie				

Nr. 32 Bürger*Innenbeteiligung und Einbindung potentieller Akteure						
Beschreibung						
<p>Mit regelmäßigen Informationsrunden für die Bürger*Innen und Austausch der Akteure untereinander soll mehr Transparenz geschaffen werden, gemeinsame Interessen gebündelt, Synergieoptionen gefunden und ein WIR-Gefühl (= kollektive Anstrengung, um Klimaschutzziele der Stadt zu erreichen) erzeugt werden. Informationen können anhand von öffentlichen Veranstaltungen, anhand von Flyern oder durch den Einsatz von Energieberatern*Innen bereitgestellt werden.</p> <p>Als Akteure sind einzubinden: Fachabteilungen der Kommunalverwaltung, Träger öffentlicher Belange, Stadtwerke, Handwerk und Dienstleistung, etc.</p>						
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet			
Initiator	Stadt	Akteure	Stadt			
Zielgruppen	Bürger und alle Akteure	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	hoch			
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Konzept netzgebundene Wärmeversorgung	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Umsetzung der Transformationsstrategie hin zu 100 % erneuerbar			
Kosten	Kostenträger	Investition	Laufende Kosten			
	Stadt	gering	leicht steigend (Personal)			
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	●	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen	Größere Akzeptanz bei Bürgern und Anwohnern erzeugen, z. B. bei Verkehrsbehinderungen aufgrund von Baustellen				

Nr. 40 Bewertung der Gasnetzperspektiven						
Beschreibung						
<p>Damit das Klimaschutzziel der Stadt Freising 100 % erneuerbar erreicht werden kann, muss mittelfristig eine Lösung für das Erdgasnetz gefunden werden, die dann langfristig umzusetzen ist. Entweder muss das Gasnetz aufgegeben werden oder das Erdgas muss durch „grüne“ Alternativen (Biomethan, Wasserstoff) ersetzt werden. Da die Gasversorgung für die Bürger derzeit eine wichtige Säule der Wärmeversorgung darstellt und für Stadtwerke eine wichtige Einnahmequelle ist, muss eine Strategie entwickelt werden, bei der eine alternative Lösung für die Gaskunden gefunden wird und die die Stadtwerke nicht nur benachteiligt werden. Zugleich sollen die Klimaschutzziele auf kommunaler Ebene erreicht werden können. Zur Bewertung der Gasnetzperspektiven sind somit folgende Fragen zu beantworten:</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ wie groß ist der Erneuerungsbedarf ⇒ wie ist derzeit die kapazitive Auslastung des Netzes (alle Druckstufen sind zu betrachten) ⇒ wie könnte das Gasnetz sukzessive zurückgebaut werden ⇒ können klimaschonende Ersatzlösungen wie Biomethan oder Wasserstoff zukünftig eine echte Alternative darstellen und wie könnte die Umsetzung erfolgen 						
Beginn	mittelfristig		Dauer	1 Jahr		
Initiator	Stadtwerke		Akteure	Stadtwerke/externer Dienstleister		
Zielgruppen	Stadtwerke		Beeinflussbarkeit durch die Kommune	gering		
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung			Voraussetzung für folgende Maßnahmen	Erzeuger- u. Netzausbaukonzept		
Kosten	Kostenträger		Investition	Laufende Kosten		
	Stadtwerke		gering	keinen Einfluss		
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	○	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	●	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	○	○
	Zusatznutzen					

Nr. 42 Konzept für zukünftiges Betriebsmodell			
Beschreibung			
<p>Die komplexen Eigentumsverhältnisse führen dazu, dass die Eigentümer/Gesellschafter und Betreiber des Wärmeversorgungssystems in Freising bisweilen mit unterschiedlichen Ansätzen arbeiten und in Teilen abweichende strategische Ausrichtungen verfolgen. Um die Klimaschutzziele und die damit verbundene Umstellung der Wärmeversorgung erreichen zu können, ist ein Abgleich der strategischen Ausrichtung der betreffenden Gesellschaften sinnvoll. Um dieser Komplexität Rechnung zu tragen und einen Abstimmungsprozess zu etablieren kann ein Gremium gebildet werden, das sich aus den Aufsichtsgremien, Gesellschaftern und Geschäftsführungen der Gesellschaften sowie aus der Stadt Freising zusammensetzt. Für das Gremium ist eine Satzung zu beschließen, die die Aufgaben, Kompetenzen und Befugnisse regelt. Ziel ist es, dass das Gremium verbindliche Beschlüsse zu den Zielwerten klimaneutrale Wärme, CO₂-Fracht der Wärme und Primärenergiefaktor einschließlich des Zeitpunktes, wann diese Werte zu erreichen sind, beschließt. Die strategische Ausrichtung der einzelnen Gesellschaften verbleibt damit bei diesen Gesellschaften, baut jedoch auf den gleichen klimapolitischen Randparametern auf.</p> <p>Ergänzend zu diesem Beschlussgremium könnte dann eine Arbeitsgruppe eingerichtet werden, die mehr auf operativer Ebene aufsetzt, in den die konkreten, oft technisch geprägten Umsetzungsschritte abgestimmt werden. Das kann Dinge wie Vorlauftemperaturen, Rücklauftemperaturanforderungen etc. betreffen. Diese Arbeitsgruppe informiert dann in den einzelnen Häusern über die Abstimmungsergebnisse, wobei jedoch die Entscheidungsbefugnis in den Häusern verbleibt. Lediglich eine Rückmeldung in die Arbeitsgruppe wird fest bestimmt. Im Beschlussgremium können jedoch weitergehende gemeinsame Festlegungen auch auf Basis von Arbeitsgruppenergebnissen beschlossen werden, die dann für die Häuser bindend sind.</p> <p>Auf diese Weise kann eine auch im Sinne des Klimaschutzes einheitliche strategische Ausrichtung diskutiert und im besten Falle auch beschlossen werden. Die hochrangige Besetzung des Beschlussgremiums und die damit verbundene Verbindlichkeit sind erforderlich, da die zu treffenden Beschlüsse erheblich technische und damit auch investive und die Ertragslage betreffende Auswirkungen haben können.</p> <p>Alternativ zu den Gremien könnten entsprechende Abstimmungen auch auf Ebene der beteiligten Gesellschaften getroffen und mit den jeweiligen Gesellschaftern vorabgestimmt und verabschiedet werden.</p>			
Beginn	kurzfristig	Dauer	unbefristet
Initiator	Stadt	Akteure	Stadt, Fernwärmeversorger, Anlagenbetreiber
Zielgruppen	Fernwärmeversorger, Anlagenbetreiber	Beeinflussbarkeit durch die Kommune	mittel
Voraussetzung für die Maßnahmenumsetzung	Bereitschaft der Unternehmen und deren Gesellschafter	Voraussetzung für folgende Maßnahmen	gemeinsames Betriebsmodell mit gemeinsamer strategischer Ausrichtung der EVU

Nr. 42 Konzept für zukünftiges Betriebsmodell						
Kosten	Kostenträger			Investition	Laufende Kosten	
	EVU			gering	für die EVU ggf. relevant, für die Stadt nur Personal für Gremium	
Fördermöglichkeiten	keine					
Bewertung		niedrig		mittel		hoch
	Priorität	●	●	●	●	○
	Potenzial CO₂-Reduktion	●	●	●	○	○
	Kosten-Nutzen	●	●	●	●	○
	Wirkungstiefe	●	●	●	●	○
	Zusatznutzen					

Gefördert durch das Förderprogramm „Energieeinsparkonzepte und Energienutzungspläne“
des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie

Auftraggeber

Stadt Freising
Amt für Stadtplanung und Umwelt
Amtsgerichtsgasse 1
85354 Freising

Fachliche Bearbeitung

GEF Ingenieure AG
Ferdinand-Porsche-Straße 4a
69181 Leimen

