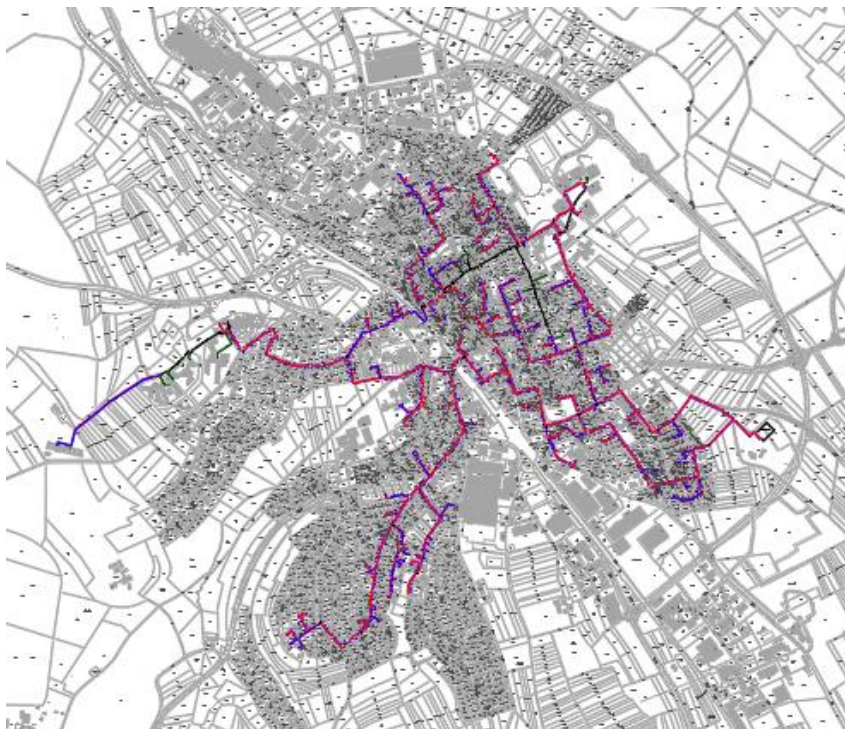


Entwurfsplanungsbericht Los 2 - Ingenieurbauwerke

Projekt: Bad Saulgau Wärmeversorgung
Projektnummer: 22324



Auftraggeber: Stadtwerke Bad Saulgau
Moosheimer Str. 28
88348 Bad Saulgau



Bearbeiter: Tobias Höbel

Knecht Ingenieure GmbH
Ingenieurbüro für
Technische Gebäudeausrüstung

Im Öschle 8
D-87499 Wildpoldsried

T 08304 / 929305-0
info@knecht-ingenieure.de

Entwurfsplanungsbericht Los 2 - Ingenieurbauwerke	1
1. Unterlagen	4
2. Allgemein / Projektbeschreibung.....	6
3. Wärmesenke.....	7
3.1. Interessenbekundungen	7
3.2. Ankerkunden	7
3.3. Städtische Gebäude	7
3.4. Wärmekunden bestehender Netze	8
4. Versorgungsgebiete	9
4.1. Festlegung Versorgungsgebiete.....	9
4.2. Anschlussnehmer durch Anschlussquoten	9
5. Wärmebedarf	10
5.1. Auflistung Wärmeabnehmer	10
5.2. Gesamtwärmebedarf	10
5.3. Gesamtwärmeleistung.....	10
6. Wärmeerzeugung	11
6.1. Heizzentrale Neu	11
6.2. Heizzentrale Brechenmacher-Schule / Hallenbad	11
6.3. Heizzentrale Sonnenhoftherme	11
6.4. Potenzielle Wärmelieferanten.....	13
7. Wärmeverteilung.....	14
7.1. Trassenverlauf.....	14
7.2. Trassenlänge (Förderung)	14
7.3. Netzverluste	15
7.4. Genehmigungsfähigkeit.....	15
7.5. Baugrunduntersuchung	16
7.6. Spartenabstimmung	16
7.7. Tiefbauarbeiten	16
7.8. Bauabschnitte.....	17
8. Technische Spezifikationen Fernwärme	18

8.1.	Netztemperaturen.....	18
8.2.	Netzfahrweise.....	18
8.3.	Pumpen.....	18
8.4.	Netzregelung	18
8.5.	Druckhaltung	19
8.6.	Nachspeisung.....	19
8.7.	Rohrsystem	19
8.8.	Leckage-Überwachung.....	20
8.9.	Armaturen.....	21
8.10.	Netzaufbau	22
8.11.	Verlegemethoden	22
8.12.	Wasserqualität.....	23
8.13.	Wärmeübergabestationen	23
9.	Kosten.....	25

1. Unterlagen

Planunterlagen

- | | |
|--|------------------|
| • Übersichtsplan Wärmekunden Ost / West
(E-22324-FW-Anschlussnehmer) | Stand 29.02.2024 |
| • Übersichtsplan Bauabschnitte
(E-22324-FW-Bauabschnitte) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Baugrunduntersuchung Ost / West
(E-22324-FW-Baugrunduntersuchung) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Details Rohrgraben
(E-22324-FW-Details Rohrgraben) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Rohrnetzüberwachung
(E-22324-FW-Rohrnetzüberwachung) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Trassenlängen
(E-22324-FW-Trassenlängen) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Trassenverlauf Ost / West
mit/ohne Sparten, Anschlussnehmer
(E-22324-FW-Trassenverlauf) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Dimensionierung
(E-22324-FW-Dimensionierung) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Versorgungsgebiete Ost / West
(E-22324-FW-Versorgungsgebiete) | Stand 22.03.2024 |
| • Übersichtsplan Wärmelieferanten
(E-22324-FW-Wärmelieferanten) | Stand 22.03.2024 |
| • Schnittstellenschemata Übergabestationen V1 / V2
(E-22324-FW-XXX-Übergabestationen) | Stand 22.03.2024 |
| • Schema Fernwärmenetz
(E-22324-FW-XXX) | Stand 22.03.2024 |

Dokumente

- Abstimmungsergebnisse TÖBS Stand 29.02.2024
- Auflistung Trassenlängen, Anschlussnehmer Stand 22.03.2024
- Auflistung Wärmesenken Stand 13.02.2024
- Kostenberechnung Stand 22.03.2024

2. Allgemein / Projektbeschreibung

Die Stadtwerke Bad Saulgau betreiben seit den neunziger Jahren drei Wärmenetze durch die insgesamt etwa 12.000 MWh/a Wärme an Kunden geliefert wird. Ursprünglich begann die Fernwärmeversorgung im Bereich des Schulzentrums. Durch Erweiterungen des Netzes in den Jahren 2010 und 2017 konnten im Bereich der Schützen- und Schulstraße ein Großteil der potenziellen Anschlussnehmer angeschlossen werden.

Die bestehende Wärmeerzeugung in Bad Saulgau erfolgt hauptsächlich mit gasbetriebenen Blockheizkraftwerken (BHKWS) und Gas-Kesseln.

Aufgrund der großen Nachfrage sind die Kapazitäten des Netzes und der Wärmeerzeugungen erschöpft, so dass derzeit keine weiteren Anschlussnehmer in diesem Bereich versorgt werden können.

Der Gemeinderat beauftragte daraufhin die Stadtwerke, ein innovatives und klimafreundliches Versorgungskonzept für die Gesamtstadt zu erstellen.

Das Ingenieurbüro Knecht GmbH wurde im Rahmen des Projektes „Wärmeverorgung – Bad Saulgau“ unter anderem mit der Planung des Los 2 – Ingenieurbauwerke Fernwärmerohrleitungsbau“, für die Leistungsphasen 2-4 nach HOAI beauftragt.

Diese umfasst die Konzepterstellung, Planung, Dimensionierung der Fernwärme- und Hausanschlussleitungen inklusive den erforderlichen Tiefbaumaßnahmen sowie die Erarbeitung von Kosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

3. Wärmesenke

3.1. Interessenbekundungen

Für Bürger und Immobilienbesitzer der Stadt Bad Saulgau gibt es verschiedene Möglichkeiten, Ihr Interesse für einen Anschluss an das Fernwärmenetz zu bekunden. Dazu zählt die Kontaktaufnahme per Mail oder Telefon, das Ausfüllen eines Interessentenformulars auf der Homepage oder der Besuch eines Info-stands an diversen örtlichen Veranstaltungen.

Mit Stand vom 29.02.2024 haben ca. 340 Bürger bzw. Immobilienbesitzer Ihr Interesse an einen Fernwärmeanschluss bekundet.

3.2. Ankerkunden

Im Rahmen der Grundlagenermittlung wurden im Vorfeld Gespräche mit potenziellen Großabnehmern durch die Stadtwerke geführt, die einen Anschluss an das Fernwärmenetz in Betracht ziehen. Infolgedessen erhielten diese eine unverbindliche Absichtserklärung (LOI).

3.3. Städtische Gebäude

Der Gemeinderat sprach sich am 18.05.2022 vorbehaltlich der noch vorzulegenden Detailplanungen und Konzepte grundsätzlich dafür aus, im Zuge der weiteren städtebaulichen Entwicklungen im Bereich Wohnen und Gewerbe eine zukunftsorientierte Wärmeversorgung auf der Basis einer Fernwärme-Versorgung ggf. auch mit den Mitteln des Baurechts / Bauplanungsrechts zu unterstützen und insbesondere bei Errichtung / Umrüstung von Wärmeerzeugungsanlagen städtische Liegenschaften die jeweilige Option des Fernwärmeanschlusses zu nutzen.

Im Zuge der Entwurfsplanung wurden sämtliche in den Versorgungsgebieten liegenden städtische Liegenschaften mit einem Fernwärmeanschluss versehen.

3.4. Wärmekunden bestehender Netze

Die Stadtwerke betreiben seit ca. 30 Jahren Fernwärmenetze im Bereich der Schul- / Schützenstraße, ein Netz im Bereich der Sonnenhoftherme / Kliniken sowie im Quartier Seewatten. Diese Netze werden im Zuge des Fernwärmeausbaus mit in das neue Fernwärmenetz integriert.

Sämtliche zuvor genannte Anschlussnehmer sind im Übersichtsplan „E-22324-Anschlussnehmer“ farblich dargestellt. Der Plan wird laufend aktualisiert.

4. Versorgungsgebiete

4.1. Festlegung Versorgungsgebiete

Auf Basis der Dichte der Interessenbekundungen, der Lage der Ankerkunden bzw. Großabnehmer sowie der städtischen Liegenschaften wurden Versorgungsgebiete generiert, die durch die Fernwärme erschlossen werden sollen.

Die Versorgungsgebiete können sich im Laufe des weiteren Projektverlaufes aufgrund der Interessenbekundungen verschieben.

Die aktuellen Versorgungsgebiete sind im Plan „E-22324-Versorgungsgebiete“ übersichtlich dargestellt.

4.2. Anschlussnehmer durch Anschlussquoten

Innerhalb der Versorgungsgebiete können nach aktuellem Stand der Planung 213 der ca. 340 Interessensbekundungen abgedeckt werden.

Darüber hinaus wird für die in den Versorgungsgebieten liegenden Gebäude, die bis dato kein Interesse bekundet haben, eine Anschlussquote von 50% bei „Kleinabnehmer“ wie z.B. Einfamilienhäuser sowie eine Anschlussquote von 75% bei größeren Abnehmern wie beispielsweise Mehrfamilienhäuser angenommen. Daraus ergeben sich 412 potenzielle Anschlussnehmer unter Berücksichtigung der angenommen Anschlussquoten.

Die Auflistung der Wärmekunden innerhalb der Versorgungsgebiete können dem Dokument „Los 2 Auflistung Wärmesenken“ entnommen werden.

Zusammenfassend

Interessenten innerhalb Versorgungsgebiete (100%)	213 Stk.
Ankerkunden / Städtische Liegenschaften (100%)	68 Stk.
Anschlussnehmer innerhalb Versorgungsgebiete unter Berücksichtigung der Anschlussquoten (50/75%)	412 Stk.

Daraus ergibt sich die voraussichtliche Anschlussnehmerzahl von 693 Stk. Unter Berücksichtigung der Wärmekunden aus den bestehenden Wärmenetze der Stadtwerke (37 Stk) werden durch den späteren Netzausbau rund 730 Gebäude mit Fernwärme versorgt (siehe Dokument „Auflistung Trassenlängen, Anschlussnehmer“).

5. Wärmebedarf

5.1. Auflistung Wärmeabnehmer

Im Dokument „Los 2 Auflistung Wärmesenken“ sind sämtliche, innerhalb der Versorgungsgebiete liegenden Anschlussnehmer mit Angaben zum Leistungsbedarf und Wärmeverbrauch aufgelistet und nach Quartieren (siehe Plan „E-22324-Quartiere“) geordnet. Diese Angaben stammen teilweise aus der Quartiersbetrachtung der Vorstudie von Büro Jäkel sowie auch aus tatsächlichen Angaben durch die Interessenten oder Abrechnungen der Stadtwerke.

5.2. Gesamtwärmebedarf

<u>Quartiere</u>	<u>Wärmebedarf in kWh</u>
Südlich Buchmacherstraße	4.473.167
Kliniken	12.717.740
Schulgebiet LRA	1.548.455
Seewatten	4.123.285
Wohngebiet „am Roßgarten“	1.730.619
Wohn- und Gewerbegebiet	2.841.527
Wohn- und Kernstadtgebiet	8.760.586
Liebfrauenstraße	10.896.157
Gewerbegebiet Mitte	338.000

Der jährliche Gesamtwärmebedarf der Anschlussnehmer in den einzelnen Quartieren beträgt in Summe ca. 47.430 MWh.

Unter Berücksichtigung der Netzverluste von rund 10% (4.743 MWh/a) ergibt sich eine zu erzeugende Gesamtwärmemenge von etwa 52.173 MWh/a.

5.3. Gesamtwärmeleistung

<u>Quartiere</u>	<u>Leistung in kW</u>
Südlich Buchmacherstraße	2.194,1
Kliniken	6.538,1
Schulgebiet LRA	890,5
Seewatten	2.078,1
Wohngebiet „am Roßgarten“	824,1
Wohn- und Gewerbegebiet	1.559,1
Wohn- und Kernstadtgebiet	4.609,8
Liebfrauenstraße	6.856,9
Gewerbegebiet Mitte	314,9

Die benötigte Gesamtwärmeleistung beträgt bei einer Gleichzeitigkeit von 100 % ca. 25.866 kW. Der tatsächliche Leistungsbedarf des Netzes unter Berücksichtigung eines ortsüblichen Lastgangs (Gleichzeitigkeit) und der Leistung zur Abdeckung des Wärmeverlustes (siehe Punkt 7.3) beträgt ~18.647 kW. Dieser muss über die bestehenden und neu zu errichtenden Wärmeerzeugungen abgedeckt werden.

6. Wärmeerzeugung

Zur Deckung der benötigten Leistung wird das Wärmenetz von vier Heizzentralen mit unterschiedlichen Wärmeerzeugungen gespeist. Die Einbindung der Heizzentralen können dem Schema „E-22324-FW-XXX“ entnommen werden.

Nachfolgend erhalten Sie einen Überblick über die verschiedenen Wärmeerzeugungen in den einzelnen Heizzentralen.

Detaillierte Zahlen, Fakten, etc. zu den einzelnen Wärmeerzeugungen / Heizzentralen erhalten Sie im Entwurfsbericht von Los 1.

6.1. Heizzentrale Neu

Im Süd-Osten der Stadt Bad Saulgau wird eine neue Heizzentrale mit zwei Biomasse-Kessel mit Hackgutlager sowie ein Gas-Redundanz-Kessel errichtet.

6.2. Heizzentrale Brechenmacher-Schule / Hallenbad

Das bestehende Fernwärmenetz Schützen- / Schulstraße wird aktuell über die Heizzentrale in der Brechenmacher-Schule bzw. Hallenbad betrieben. In diesen befinden sich aktuell zwei Öl-Kessel sowie zwei BHKWs, die später nur noch im Spitzen- bzw. Ausfallbetrieb zu betreiben sind.

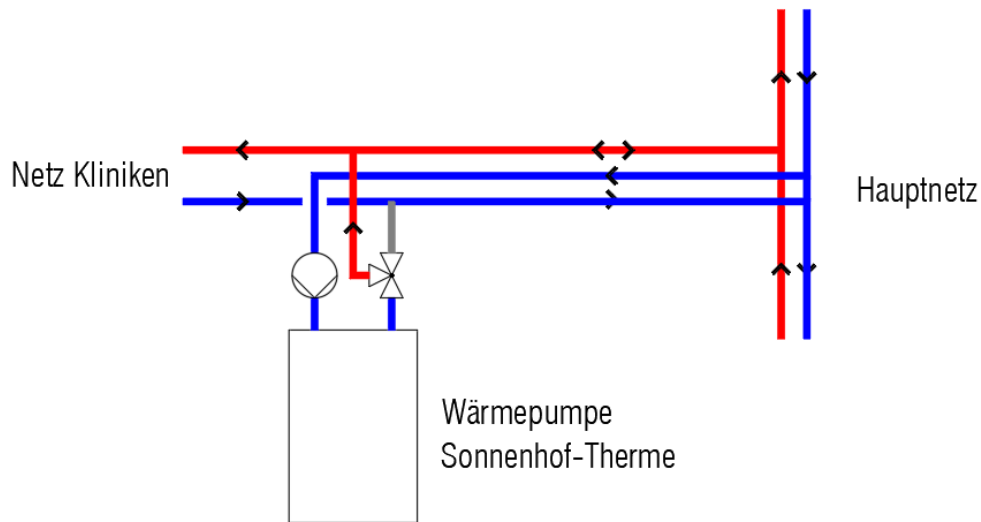
6.3. Heizzentrale Sonnenhoftherme

Die Heizzentrale Sonnenhoftherme versorgt das bestehende Netz der Kliniken sowie die Therme mit Hilfe von drei Gas-Kessel mit Wärme. Die Heizzentrale wird im Zuge des Projekts Wärmeversorgung Bad Saulgau um eine Wärmepumpe erweitert, die die Abwärme des abgebadeten Badewassers nutzt. Die Wärmepumpe im 3-Leiter-System wird mit einem zusätzlichen Rücklauf zum Hauptnetz eingebunden, damit die ganzjährig zur Verfügung stehende Wärmeleistung in das Fernwärmenetz eingespeist werden kann.

Die Wärmepumpe wird in zwei Fällen (Sommerfall / Winterfall) betrieben:

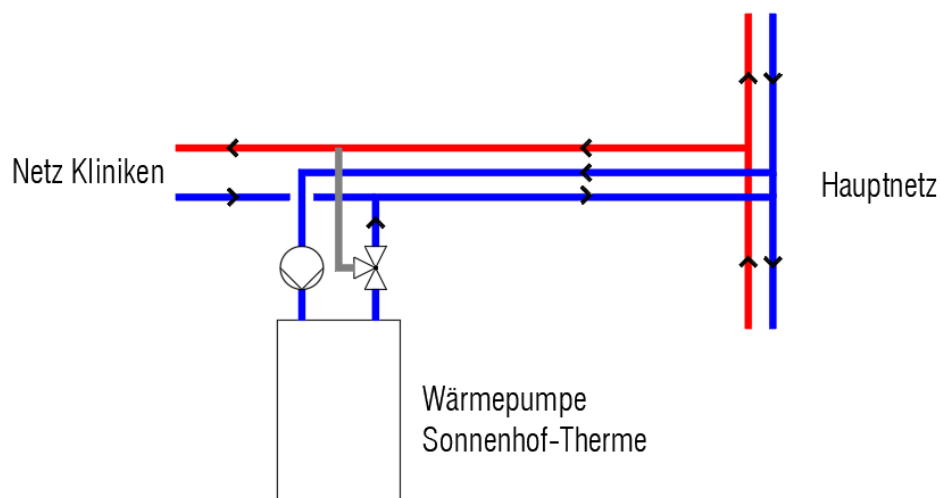
Sommerfall

Einspeisung in den Vorlauf mit 75 °C. Hiermit wird gewährleistet, dass die im Sommer zur Verfügung stehende Wärmeleistung auch bei geringer Wärmeabnahme im Netz vollständig eingespeist werden kann.



Winterfall:

Im Winterfall fungiert die Wärmepumpe als Rücklaufanhebung. Dies bedeutet, dass die Wärmepumpe den niedrigen Hauptrücklauf nur um ein paar wenige °C anhebt und somit durch den niedrigen Hub der Temperatur sehr effizient (COP) betrieben werden kann.



6.4. Potenzielle Wärmelieferanten

Im Zuge der Vorplanung wurden durch die Stadtwerke Bad Saulgau Gespräche mit verschiedenen Industrieunternehmen geführt, um die Nutzung überschüssiger oder nicht genutzter Abwärme aus Prozessen, etc. in Betracht zu ziehen. Hierbei wurden vier potenzielle Industrieunternehmen weiter betrachtet (siehe „E-22324-FW-Wirtschaftlichkeit Wärmeabnehmer“)

1. Firma Procast Guss GmbH

Schließung Standort Ende 2024 – Wird nicht weiter betrachtet!

2. Firma Knoll

Verfügbare Leistung: ca. 60 kW

Einspeise-Wärmemenge: ca. 240 MWh pro Jahr

Netzkennzahl bis Einspeisepunkt Fernwärmenetz 0,28 MWh/a x m bzw.

1,06 MWh/a x m (gemeinsame Leitung mit Firma Colour-Line)

Aufgrund der geringen Netzkennzahl aktuell unwirtschaftlich!

3. Firma Coulour-Line

Verfügbare Leistung: ca. 70 kW

Einspeise-Wärmemenge: ca. 252 MWh pro Jahr

Netzkennzahl bis Einspeisepunkt Fernwärmenetz 0,54 MWh/a x m bzw.

1,06 MWh/a x m (gemeinsame Leitung mit Firma Knoll)

Aufgrund der geringen Netzkennzahl aktuell unwirtschaftlich!

4. Firma Kabus e.K

Verfügbare Leistung: ca. 2.000 – 2.500 kW

Einspeise-Wärmemenge: ca. 2.000 MWh pro Jahr

Netzkennzahl bis Einspeisepunkt Fernwärmenetz 1,29 MWh/a x m

Durch den Umzug der Firma Kabus e.K. in das neue Gewerbegebiet Mackstraße / Platzstraße befindet sich das Unternehmen nicht mehr unmittelbar in Bereich der Versorgungsgebiete bzw. des Haupt-Trassenverlaufs. Die Anbindung an das Neubau-Netz müsste über eine Trasse mit ca. 1,53 km realisiert werden, welche nach erster Betrachtung wirtschaftlich vertretbar wäre, jedoch aufgrund der Förderbedingungen (max. 20 km) im aktuellen Projektstatus nicht sinnvoll erscheint.

Der Gedanke bzw. die Idee eines eigenständiges Fernwärmenetzes im Industriegebiet Mackstraße / Platzstraße mit Fa. Kabus e.K. als Wärmelieferant sollte beibehalten werden.

7. Wärmeverteilung

7.1. Trassenverlauf

Auf Grundlage der verschiedenen Versorgungsgebiete mit den Interessenten, Ankerkunden, städtische Gebäude sowie der Berücksichtigung der Bestandsnetze wurde im Zuge der Vor- und Entwurfsplanung ein Trassenverlauf entwickelt, die unterschiedlichsten Interessen wie Förderbedingungen, Einbindung der bestehenden Wärmenetze und Heizzentralen, etc. vertritt.

Der aktuelle Trassenverlauf kann den Plänen „E-22324-FW-Trassenverlauf“ mit / ohne Sparten, mit / ohne Anschlussnehmer entnommen werden.

7.2. Trassenlänge (Förderung)

Unter Berücksichtigung der BEW-Förderrichtlinie darf das geplante Netz eine maximale Trassenlänge der Wärmeverteilungen von 20 km aufweisen. Hausanschlussleitungen kleiner 100 Meter sowie Rückläufe werden hierbei nicht berücksichtigt. Bei der hydraulischen Einbindung von bestehenden Netzen muss die Netzlänge ebenso berücksichtigt werden.

Bestandsnetze:

Das Bestandsnetz Kliniken (Länge 475,0 Meter) wird hydraulisch in das zukünftige Wärmenetz mit eingebunden und muss in der Trassenlänge berücksichtigt werden. Das bestehende Netz der Schützen- / Schulstrasse wird zum einen Teil hydraulisch eingebunden (Schützenstraße – Stahlnetz KMR – 1.167,0 Meter), der andere Teil des Netzes (Schulstraße – Kunststoffnetz PEX – 751,0 Meter) wird über einen Wärmetauscher hydraulisch getrennt und muss nach Rücksprache mit der BAFA nicht berücksichtigt werden.

Gemäß der vorliegenden Planung ergeben sich folgende Trassenlängen (siehe Dokument „Los 2 Auflistung Trassenlängen, Anschlussnehmer sowie Übersichtsplan „E-22324-FW-Trassenlängen“):

Trassenlänge Wärmeverteilung NEU	16.675,70 Meter
Trassenlänge Hausanschlussleitungen NEU	4.529,30 Meter

Für die potenziellen Anschlussnehmer (412 Stk.), die über die Anschlussquoten ermittelt wurden, wurden folgende Trassenlängen angesetzt:

Trassenlänge Wärmeverteilungen Potenziell	
412 Stk. x 5,2 Meter	2.142,00 Meter
Trassenlänge Hausanschlussleitungen Potenziell	
412 Stk. x 15 Meter	6.180,00 Meter

Somit ergeben sich für das Neubaunetz folgende Trassenlängen:

Trassenlänge Wärmeverteilung NEU Gesamt	18.818,10 Meter
Trassenlänge Hausanschlussleitungen NEU Gesamt	10.709,30 Meter

Unter Berücksichtigung der Trassenlängen der Bestandsnetze ergeben sich folgende Trassenlängen für die Betrachtung der Förderung:

Trassenlänge Wärmeverteilung Summe	19.985,10 Meter
Trassenlänge Hausanschlussleitungen Summe	10.709,30 Meter

Die Förderbedingung (< 20 km) ist somit eingehalten und maximal ausgeschöpft.

7.3. Netzverluste

Zur Deckung des Gesamtwärmeverlust des Fernwärmenetzes mit einer Trassenlänge von rund 30,69 km zuzüglich des 2. Rücklauf zur Sonnenhoftherme mit ca. 1,53 km wird eine Leistung von rund 541 kW benötigt.

Der jährliche Wärmeverlust beträgt ca. 4.743 MWh.

Die Netzverluste entsprechen somit ca.10% der jährlich verkauften Wärmemenge.

7.4. Genehmigungsfähigkeit

Im Rahmen der Vor- und Entwurfsplanung wurde der Trassenverlauf mit zahlreichen Trägern öffentlicher Belange (TÖBS) abgestimmt und die Planung unter Berücksichtigung dessen Belange angepasst. Die Abstimmungsergebnisse können dem Dokument „Los 2 Abstimmung TÖBS“ entnommen werden.

Generell gibt es keine Einwände gegen die geplante Baumaßnahme „Wärmeversorgung Bad Saulgau“. Im Zuge des Fernwärmeausbaus werden in Teilbereichen Wasserleitungen, Gasleitungen, Kanalleitungen von Regen- und Schmutzwasser in Abstimmung mit den zuständigen Behörden erneuert, umverlegt oder verstärkt.

Für die Querung des Bahndammes ist in Abstimmung mit der Deutschen Bahn ein Gestattungsantrag einzureichen. Die erforderlichen Unterlagen sowie die geplante Umsetzung wurde bereits im Vorfeld mit dem zuständigen Sachbearbeiter abgestimmt.

7.5. Baugrunduntersuchung

Zur Erfassung der geotechnischen Baugrundeigenschaften entlang der geplanten Fernwärmetrasse wurden in regelmäßigen Abständen Erkundungsbohrungen geplant und angeordnet, die durch ein Fachunternehmen ausgeführt und analysiert werden.

Die Erkundungsbohrungen liefern Informationen zur Zusammensetzung des Bodens, seiner Schichtung und mechanische Eigenschaften, die im weiteren Planungsverlauf notwendig sind, um eine fundierte Planung und Ausführung des Bauprojektes zu ermöglichen. Dadurch werden Unsicherheiten (z.B. Austausch von belasteten Böden, Verbesserung der Tragfähigkeit, etc.) vorab erkannt, um die Effizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit des Bauvorhabens zu verbessern.

Die geplanten Erkundungsbohrungen können dem Übersichtsplan „E-22324-Baugrunduntersuchung“ entnommen werden.

7.6. Spartenabstimmung

Für die Abstimmung und Koordination der geplanten Fernwärmetrasse mit den bereits vorhandenen und verlegten Sparten (Wasser, Gas, Fernwärme, Strom, Breitband, LWL, Abwasser, Regenwasser) wurden die aktuellen Spartenpläne zur Verfügung gestellt und in Planung der Fernwärmetrassen berücksichtigt. Siehe dazu Planunterlage „E-22324-FW-Trassenverlauf mit Sparten“

7.7. Tiefbauarbeiten

Zur Ermittlung des Platzbedarfes der Leitungstrassen wurden gemäß den Verlege Richtlinien des Herstellers und der aktuellen geltenden Normen und Vorschriften Standard-Rohrgrabendetails erstellt („E-22324-FW-Details Rohrgraben“). Diese dienen auch als Basis der Mengenermittlung für die Tiefbauarbeiten.

7.8. Bauabschnitte

Die geplante Maßnahme ist gemäß der Förderrichtlinie in jährliche Maßnahmenpakete über einen Zeitraum von 4 Jahren zu unterteilen.

Die Einteilung der Bauabschnitte erfolgt durch die Priorisierung der zugesagten Wärmelieferungen einzelner Ankerkunden, in Abstimmung mit den Trägern öffentlicher Belange (TÖBS), unter anderem dem Ordnungsamt (Verkehrsregelung), dem Bauamt (Sanierungsmaßnahmen Straßenoberflächen) und den Stadtwerken (Sanierung Kanal, Wasser, etc.). Ebenso ist eine schnelle Entlastung der bestehenden Wärmenetze bzw. fossilen Wärmeerzeugungen anzustreben.

Die Bauabschnitte sind dem Übersichtsplan „E-22324- FW-Bauabschnitte“ zu entnehmen.

1. Ausbaujahr:

- Hauptleitung von Heizzentrale Neu bis Heizzentrale Sonnenhoftherme
- Einbindung bestehendes Netz „Kliniken“
- Anschluss Zieglersche Kliniken
- Anschluss Wärmeabnehmer entlang der Haupttrasse
- Erschließung Quartier „Schulgebiet LRA“

2. Ausbaujahr:

- Erschließung Quartiere Seewatten, am „Roßgarten“
- Hauptleitung zu bestehender Heizzentrale „Brechenmacher-Schule / Hallenbad“
- Einbindung, hydraulische Trennung Bestandsnetz „Schützen- / Schulstraße“
- Anschluss 4-Feld-Halle

3. Ausbaujahr:

- Resterschließung Quartier „Südlich Buchauer Straße“
- Erschließung Östlich / Westlich Kaiserstraße der Quartiere „Liebfrauenstraße“ und „Wohn- und Kernstadtgebiet“

4. Ausbaujahr:

- Erschließung Altstadt „Wohn- und Kernstadtgebiet“
- Erschließung Quartier „Wohn- und Gewerbegebiet Nord“

Der Ausbau des Fernwärmenetzes kann um 2 Jahre in Absprache mit der Förderstelle verlängert werden.

8. Technische Spezifikationen Fernwärme

8.1. Netztemperaturen

Das Wärmenetz soll anfangs mit folgenden Netztemperaturen betrieben werden:

Winterfall:

Aus- / Eingang Heizzentrale	80 / 51°C (VL/RL)
Primärseite Übergabestation Wärmeabnehmer	78 / 53°C (VL/RL)
Sekundärseite Übergabestation Wärmeabnehmer:	75 / 50°C (VL/RL)

Sommerfall:

Aus- / Eingang Heizzentrale	75 / 51°C (VL/RL)
Primärseite Übergabestation Wärmeabnehmer	73 / 53°C (VL/RL)
Sekundärseite Übergabestation Wärmeabnehmer:	70 / 50°C (VL/RL)

Um die Geothermiepotentiale der Stadt Bad Saulgau zukunftsweisend und effizient in das Fernwärmenetz einbinden zu können, wird das Ziel verfolgt, die Systemtemperaturen zu gegebener Zeit um 5 Kelvin reduzieren zu können. Zur hydraulischen Dimensionierung des Netzes wird eine Nennspreizung von 25 K zu Grunde gelegt.

8.2. Netzfahrweise

Das Fernwärmenetz wird mit einer gleitend-konstanten Vorlauftemperatur betrieben, d.h. bei fallender Außentemperatur wird die Netzvorlauftemperatur gleitend bis zum Maximalwert angehoben. Bei steigender Außentemperatur wird diese gleitend bis zum Minimalwert abgesenkt.

8.3. Pumpen

Für den benötigten Wasserumlauf im geplanten Fernwärmenetze werden fünf Umwälzpumpen als Trockenläuferpumpe in der neuen Heizzentrale eingesetzt. Diese werden von einem effizienten Elektromotor angetrieben. Durch die Parallelschaltung der fünf Pumpen können sämtliche Betriebspunkte im Netz abgefahren werden, um einen optimalen und effizienten Pumpenbetrieb zu gewährleisten.

8.4. Netzregelung

Die Netzregelung erfolgt über eine intelligente Steuerung, die sämtliche Daten wie Durchflussmengen, Leistungsabnahmen und Differenzdrücke der einzelnen Verbraucher erfasst, auswertet, optimiert und an die Pumpensteuerung weitergibt, sodass die Fernwärmepumpen im optimalen Wirkungsgradfeld betrieben werden können, was gleichzeitig die Netzverluste und Betriebskosten minimiert. Weitere Informationen sind dem Entwurfsbericht Los 7 zu entnehmen.

8.5. Druckhaltung

Durch die temperaturabhängige Volumenänderung des Heizungswassers, aufgrund des unterschiedlichen Temperaturniveaus im laufenden Betrieb ist es notwendig, die in Heizungsanlagen auftretenden Volumenschwankungen zu kompensieren, um den Druck im geschlossenen System konstant zu halten. Um dies sicherzustellen, wird in der Heizzentrale eine kompressorgesteuerte Druckhaltestation mit Membran-Ausdehnungsgefäße eingebaut.

Die Anlage besteht aus:

1x kompressorgesteuerte Druckhaltestation

1x Membran-Ausdehnungsgefäß 5.000 Liter als Grundgefäß

5x Membran-Ausdehnungsgefäß 5.000 Liter als Folgegefäß

8.6. Nachspeisung

Die Nachspeisung des Heizungswasser erfolgt vollautomatisch über die unter Punkt 8.14 beschriebene Kreislaufwasseraufbereitung. Zur Aufbereitung des Nachspeisewasser werden spezielle Füllpatronen verwendet.

8.7. Rohrsystem

Für die Erschließung des Fernwärmenetzes ist die Verwendung von starren Stahl-Kunststoffmantelrohren in Form einer Einzelrohrverlegung vorgesehen. Diese Rohre bestehen aus einer Stahl-Medium Leitung, einer PUR-Hartschaumdämmung und werden durch einen PEHD-Mantel geschützt, der sowohl schlag- als auch bruchfest sowie wasserfest ist.

Die Rohrleitungen (Stangenware) werden mit den Formstücken (Bögen, Abzweige, Absperrungen, etc.) gemäß der Planung vor Ort verschweißt. Die Schweißverbindungen werden im Anschluss mit einer vernetzten, selbstabdichtenden Schrumpfmuffe aus einem durchgehenden PEHD-Rohr mit wärmeschrumpfenden Eigenschaften versehen, die mit einem PUR-Hartschaum ausgeschäumt werden.

Zur Vermeidung der Wärmeverluste und im Hinblick auf spätere Absenkungen der Betriebstemperaturen des Netzes werden Rohrleitungen mit 2x verstärkter Dämmdicke eingesetzt. Die Wärmeverluste können somit auf ca. 6 -16 W/m reduziert werden.

Gemäß der hydraulischen Berechnung des Fernwärmenetzes werden im wesentlichen folgende Rohrleitungsdimensionen eingesetzt:

DN 25 (Da = 125mm)
DN 32 (Da = 140mm)
DN 40 (Da = 140mm)
DN 50 (Da = 160mm)
DN 65 (Da = 180mm)
DN 80 (Da = 200mm)
DN 100 (Da = 250mm)
DN 125 (Da = 280mm)
DN 150 (Da = 315mm)
DN 200 (Da = 400mm)
DN 250 (Da = 500mm)

8.8. Leckage-Überwachung

Mithilfe einer elektrischen Netzüberwachung werden zeitliche und wirtschaftliche Beeinträchtigungen durch auftretende Schäden minimiert und somit die Versorgungssicherheit eines Fernwärmenetzes erhöht.

Leckage Überwachungssysteme messen den elektrischen Widerstand der Wärmedämmung zwischen zwei in der Isolierung liegenden Kupferdrähte. Bei einer Durchfeuchtung der Wärmedämmung durch Feuchtigkeitseintritt in die Dämmung, beispielsweise aufgrund von Schäden des Außenmantels oder am Mediumrohr der Fernwärmeleitung, sinkt der Widerstand in der Messschleife und es wird eine automatische Warnmeldung an den Fernwärmebetreiber ausgegeben. Ein weiterer Vorteil der Leckage-Überwachung ist die genaue Ortung des Schadens durch die Widerstandsmessung der Messschleifen. Die Schäden können, ohne aufwendige Sucharbeiten der Leckagestellen im Wärmenetz, zielgerichtet behoben werden. Das Leckagesystem wird als Nordisches Leckwarnsystem (Kupfer) ausgeführt.

Aufgrund der begrenzten Länge der Messschleifen wird das Wärmenetz in 11 Messschleifen unterteilt. Jeder dieser Messschleifen erhält ein Überwachungsgerät, das in einem städtischen Gebäude montiert wird. Diese Geräte werden über das Glasfaser-Begleitkabelsystem verbunden und auf die zentrale Leittechnik ausgeschaltet.

Die Einteilung der Messschleifen sowie die Lagen der Überwachungsgeräte können dem Plan „E-22324-FW-Rohrnetzüberwachung“ entnommen werden.

8.9. Armaturen

Im Bereich der Fernwärmetechnik werden verschiedene Arten von Armaturen eingesetzt, um den Betrieb des Systems zu steuern, die Effizienz zu verbessern und die Sicherheit zu gewährleisten. Im Bereich des Fernwärmenetzes werden hauptsächlich folgende Armaturen eingesetzt:

Trassenabsperrung

Trassenabsperrungen sind Absperrarmaturen, die in Bereichen der Fernwärmeleitungen eingesetzt werden, um bestimmte Abschnitte des Netzes abzutrennen, um beispielsweise Wartungsarbeiten oder Reparaturarbeiten durchführen zu können. Typischerweise werden diese an Knotenpunkte, Verzweigungen oder Übergängen zu verschiedenen Verbrauchszonen installiert. Die Absperrungen sind über Schieberkappen in den Straßen jederzeit zugänglich und können über einen Steckschlüssel geöffnet und geschlossen werden.

Entlüftung, Entleerungen

Entlüftungen werden in Fernwärmenetzen eingesetzt, um Luft aus dem System zu entfernen und die Effizienz der Wärmeübertragung zu maximieren. Die Entlüftungsventile werden entlang des Fernwärmenetzes installiert, insbesondere an Hochpunkten. Meist können die Entlüftungsmöglichkeiten in den Gebäuden realisiert werden, in selten Fällen ist eine Entlüftung im Fernwärmenetz notwendig.

Absperr-Kugelhahn

Absperrkugelhähne werden nach Eintritt der Hausanschlussleitungen in das Gebäude in die Leitung eingeschweißt, um die Verbraucherseite vom Netz isolieren zu können, um beispielsweise Wartungs- / Reparaturarbeiten an der Wärmeübergabestation oder der Austausch der Station durchführen zu können.

Anbohrkugelhahn

Ein Anbohrkugelhahn ist eine spezielle Art von Absperrarmatur, die in Fernwärmeleitungen verwendet wird, um einen zusätzlichen Anschlusspunkt oder eine Abzweigung zu schaffen, ohne den Betrieb der Hauptleitung zu unterbrechen. Dieser Kugelhahn ermöglicht es, eine neue Leitung oder einen Anschluss an die bestehende Fernwärmeleitung anzubringen, während der Fluss von Wärmeenergie in der Hauptleitung aufrechterhalten wird. Der Anbohrkugelhahn wird an die Hauptleitung angeschweißt und anschließend wird das Loch in die Leitung gebohrt. Der Kugelhahn verfügt über einen absperrbaren Kugelmechanismus, dieser ermöglicht es den Betreibern, neue Verbindungen oder Abzweigungen zur Fernwärmeleitung hinzuzufügen, ohne dass der gesamte Betrieb des Netzes unterbrochen werden muss.

8.10. Netzaufbau

Das Fernwärmenetz wird in der Regel in Haupt-, Zweig-, und Hausanschlussleitungen unterteilt. Hauptleitungen entsprechen den ersten Leitungen von Heizzentralen und dienen als Haupttransportleitung der Wärme. Zweig- bzw. Verteilungen zweigen von den Hauptleitungen ab und dienen der Unterverteilung. Hausanschlussleitungen dienen dem Anschluss der Wärmeabnehmer an einer Haupt- oder Verteilleitung.

Das geplante Wärmenetz wird größtenteils, wenn baulich möglich, als Maschen- bzw. Ringnetz umgesetzt. Ein Maschen- bzw. Ringnetz bezieht sich auf ein System, bei dem mehrere Wärmequellen (Heizzentralen) und Verbraucher miteinander verbunden sind, um eine redundante und effiziente Wärmeversorgung zu gewährleisten. Im Gegensatz zu einem linearen Netzwerk, bei dem die Wärme von einer zentralen Quelle zu den Verbrauchern fließt, ermöglicht ein Maschennetz eine flexiblere Verteilung der Wärme, da die Verbraucher über mehrere Quellen versorgt werden können und die Wärme in verschiedene Richtungen fließen kann. Diese Redundanz verbessert die Zuverlässigkeit des Systems, da Ausfälle oder Wartungsarbeiten an einer Quelle oder am Netz nicht zwangsläufig zu einer Unterbrechung der Wärmeversorgung führen muss.

8.11. Verlegungsmethoden

Für die Verlegung von Fernwärmeleitungen stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Die Auswahl erfolgt nach den spezifischen Gegebenheiten vor Ort.

Die im Ausbau des Wärmenetzes gängigste und größtenteils geplante Verlegung ist die im offenen Graben, bei der die Rohrleitungsgräben ausgehoben, die Fernwärmeleitungen verlegt, verschweißt und isoliert werden. Anschließend wird der Rohrgraben verfüllt und die Oberfläche wiederhergestellt.

Zur Querung der Bahnstrecke werden die Fernwärmeleitungen mittels des Pressverfahrens verlegt. Hierbei wird ein Mantelrohr durch den Bahndamm gepresst, durch die später die Fernwärmeleitungen verlegt werden. Die Oberfläche, die Statik des Bahndamms wird hierbei nicht beeinträchtigt.

8.12. Wasserqualität

Um Schäden durch Korrosion, Erosion oder Werkstoffüberbeanspruchung in den Anlagen zu vermeiden, muss das Fernwärmewasser bestimmte Anforderungen erfüllen, die auch von der Wärmeerzeugung abhängig sind. Angestrebt wird eine salzarme Fahrweise nach dem AGFW-Arbeitsblatt für Wärme. Das ganze System wird mit vollentsalztem Wasser (VE-Wasser) gefüllt. Der Wasserinhalt des Netzes beträgt ca. 560 m³. Zur Sicherstellung der Wasserqualität wird in der Heizzentrale neu eine Kreislaufwasseraufbereitung installiert, die gewährleistet, dass das Wasser immer den gewünschten Anforderungen entspricht. Durch die verbaute Sensorik wird eine kontinuierliche Überwachung des Ein- und Ausgangsdruck, des Leit-/ Temperaturwertes sowie der pH-Wert ermöglicht.

8.13. Wärmeübergabestationen

In den Technikräumen der jeweiligen Gebäude der einzelnen Anschlussnehmer werden Hausübergabestationen, abhängig von der Anschlussleistung als Kompaktstationen (bis ca. 150 kW) bzw. modulare Übergabestationen (ab ca. 150 kW) errichtet. Die Übergabestationen dienen der Trennung vom Fernwärmenetz zur Kundenanlage (Gebäudeinstallation) und stellt die Eigentumsgrenze zwischen Wärmelieferant und Wärmeabnehmer dar. Die Wärmeübergabestationen werden mit Differenzdruckregler und Volumenstrombegrenzer, Schmutzfilter, Thermometer, Manometer, Entleerung, Wärmemengenmessung, Volumenstromregler mit Stellantrieb auf der Primärseite versehen. Die Systemtrennung erfolgt mittels eines Platten-Wärmeüberträgers mit Wärmeschutzisolierung. Die Sekundärseite ist mit Sicherheitsventil (Ansprechüberdruck: 3,0 bar), Anschlussstutzen für Ausdehnungsgefäß, Schmutzfilter, Thermometer, Manometer, Entleerung, Regler-Zentralgerät einschließlich Heizungsregler ausgestattet.

Zur Steigerung der Effizienz des Fernwärmenetzes bzw. Minimierung der Vorlauftemperaturen (siehe Punkt Netztemperaturen) werden die Wärmetauscher mit einer Grädigkeit von 3 K ausgelegt (Standard 5 K).

Die Auflistung der Übergabestationen inkl. den Temperaturniveaus, Leistungsangaben, etc. können dem Dokument „Los 2 Wärmesenken“ entnommen werden.

Generell sollen zwei Arten von Übergabestationen eingesetzt werden, die jedoch grundsätzlich auf den jeweiligen Wärmeabnehmer abgestimmt werden:

Einfamilienhäuser bzw. Kleinabnehmer

Konventionelle Kompaktstationen mit Plattenwärmetauscher:

Der Anschluss der Warmwasserbereitung sowie der Heizkreise erfolgt bauseits durch den Wärmeabnehmer auf der Sekundärseite. Die Verbrauchserfassung erfolgt über einen Wärmemengenzähler auf der Primärseite. Über die interne Regelung der Übergabestationen können verschiedene Heizkreise sowie die Warmwasserbereitung auf der Sekundärseite geregelt werden.

Übersichtsschema siehe „E-22324-FW-XXX Übergabestation_V1“

Mehrfamilienhäuser bzw. Großabnehmer:

Modulare Übergabestation mit Plattenwärmetauscher und primärseitigem Abgang als Anschlussmöglichkeit der Warmwasserbereitung:

Der Anschluss der Heizkreise erfolgt bauseits durch den Wärmeabnehmer auf der Sekundärseite. Der Anschluss der kundenseitigen Warmwasserbereitung erfolgt an den primärseitigen Abgang vor dem Plattenwärmetauscher in der Übergabestation. Zuzufolge werden Temperaturverluste durch den Wärmetauscher vermieden, eine schnelle und saubere Durchladung des Warmwasserspeichers bzw. Puffers (Frischwasserstation) durch volle Leistungsverfügbarkeit sichergestellt und somit eine möglichst niedrige Rücklauftemperaturen gewährleistet.

Die Verbrauchserfassung erfolgt über drei getrennte Wärmemengenzähler auf der Primärseite, 1x Verbrauchserfassung Gesamt (Optional), 1x Verbrauchserfassung Heizung, 1x Verbrauchserfassung Warmwasserbereitung. Über die interne Regelung der Übergabestationen können verschiedene Heizkreise auf der Sekundärseite sowie die primärseitige Warmwasserbereitung geregelt werden.

Übersichtsschema siehe „E-22324-FW-XXX Übergabestation_V2“

9. Kosten

Auf Basis der geplanten Massen der Rohrleitungs- und Tiefbauarbeiten sowie den Kosten für die Hausübergabestationen inkl. Verrohrung wurden folgende Kosten (netto) berechnet:

01 Tiefbauarbeiten	14.374.322 Euro
02 Rohrleitungsbau – Erdreich	18.725.993 Euro
03 Rohrleitungsbau – Gebäude & Übergabestationen	6.890.730 Euro
Gesamt (netto)	39.991.045 Euro

Die Massenzusammenstellung und Kosten können der Kostenberechnung „Los 2 Kostenberechnung LP3“ entnommen werden.