

Stadt Laufenburg

Erweiterung Fernwärmenetz Laufenburg Bauprojekt

Bericht
Revision 0
21. Februar 2025



QS-Blatt

Auftraggeber:	Stadt Laufenburg Herr Herbert Weiss Stadtammann Rathaus, Laufenplatz 45 CH-5080 Laufenburg T: +41 62 875 23 49		
Titel:	Erweiterung Fernwärmenetz Laufenburg Bauprojekt		
Dateiname Bericht:	https://5600durena.sharepoint.com/sites/dur-pro/Freigegebene Dokumente/Projekte_ZH/Laufenburg WV/Laufenburg VP BP/08_Berichte&Präsentationen/Laufenburg_20241203_Bericht BP.docx		
Verteiler extern:	Herr Thomas Argast per Email Herr Herbert Weiss per Email		
Verteiler intern:	Iris Zimmermann Berichtsammlung Durena AG		
	verfasst		geprüft
Revision 0:	20.02.2025	Ratko Rapaic Projektleiter	21.02.2025 Franz Klarer PQM
Änderungen bei letzter Revision:			
Urheberrechte:	Die Urheber- und Nutzungsrechte sind in den vertraglichen Vereinbarungen zwischen dem Auftraggeber und Durena AG geregelt.		

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Einleitung	7
3	Wärmebedarf	10
4	Verbindungsleitung	12
4.1	Rohrbau	12
4.1.1	Konzept und Dimensionierung	12
4.1.2	Leitungsführung und Etappierung	13
4.1.3	Rohrstatik	14
4.1.4	Muffen	15
4.1.5	Segmentierung	15
4.1.6	Abgänge	16
4.1.7	Leckageüberwachung	17
4.2	Tiefbau	17
4.2.1	Allgemeines	17
4.2.2	Querungen	17
4.2.3	Koordination mit weiteren Werken	18
5	Zentrale	19
5.1	Standort WT-Station	19
5.2	Anlagenteil HLKS	19
5.2.1	Wärmetauscher-Station	19
5.2.2	Fernwärme-Gruppe	19
5.2.3	Druckhalte- und Expansionsanlage	20
5.2.4	Filtersysteme und Wasserqualität	23
5.2.5	Nachspeisung von Fernwärmewasser	24
5.3	Platzbedarf	25
6	Übergabestation bestehender WV-1	26
6.1	Standort	26
6.2	Kopfstation Bahnhofstrasse 12	26
6.2.1	Pumpen	27
6.2.2	Druckhalte- und Expansionsanlage	27
7	Investitionskosten	28
8	Weiteres Vorgehen	29
9	Abbildungsverzeichnis	29
10	Anhang	30
10.1	A1 Plan Leitungsführung Verbindungsleitung	30
10.2	A2 Dispositionsplan WT-Station Flexbase	30
10.3	A3 R&I-Schema Zentrale	30
10.4	A4 Prinzipschema UEST WV1	30
10.5	A5 Druckauslegung WT-Station	30
10.6	A6 Pumpenauslegung	30
10.7	A7 Expansionsberechnungen	30
10.8	A8 Projektbeschrieb Tiefbau KoPa	30
10.9	A9 Terminplan	30

1 Zusammenfassung

Ausgangslage	<p>Im Herbst 2023 beschloss die Stadt Laufenburg, die Verantwortung für das geplante Wärmenetz selbst zu übernehmen und führt nun die Gesamtleitung des Projekts. Die Firma Flexbase plant in der Nähe des Umspannwerks ein neues Rechenzentrum, welches ausreichend Abwärme zur Deckung des Wärmebedarfs des WV Laufenburg zur Verfügung stellen kann. Basierend darauf wurde entschieden, die Planungen für die Heizzentrale GZF zu stoppen. Daraufhin führte Durena einer Machbarkeitsstudie durch, um zu prüfen, ob der Wärmeversorgungssperimeter erweitert und eine Verbindungsleitung vom Rechenzentrum zum bestehenden Projektgebiet realisiert werden kann. Die Studie bestätigte die technische und wirtschaftliche Machbarkeit des Projekts, woraufhin nun das Bauprojekt durchgeführt wird.</p>
Potenzialanalyse	<p>Im Untersuchungsgebiet der Fernwärme erfolgte eine Untergliederung des Gebiets in 6 Teilgebiete, die einzeln anhand von Hektardaten analysiert wurden. Der Wärmebedarf des bestehenden Wärmeverbunds und der Altstadt wurden aus früheren Studien übernommen</p> <p>Unter Berücksichtigung der Teilgebiete im Versorgungsgebiet, eines Anschlussgrads von 70% und einer Gleichzeitigkeit von 70% erreicht die Gesamtanschlussleistung im Jahr 2041 ihr Maximum von 8.5 MW, wobei der Wärmebedarf bei 16.8 GWh/a liegt.</p>
Wärmeerzeugung	<p>Die Wärme für den Wärmeverbund Laufenburg soll als Abwärme aus dem geplanten Rechenzentrum Flexbase zur Verfügung gestellt werden. Laut der Firma Flexbase wird das benötigte Warmwasser für den WV ab einer Flanschverbindung in der vorgesehenen Zentrale direkt zur Verfügung gestellt mittels firmeneigener Wärmetauscher.</p> <p>Wir gehen davon aus, dass jederzeit die erforderliche Wärmemenge zur Verfügung steht und keine Speicheranlage erforderlich ist.</p>
Wärmeverteilung	<p>Für die Wärmeverteilung werden Kunststoffmantelrohre mit Dämmstärke 2 eingeplant. Der maximale Leitungsdurchmesser der Hauptleitung beträgt DN200. Zusammen mit den Neben- und Hausanschlussleitungen (inkl. bestehendes Netz und Altstadt) resultiert eine Trassenlänge von 8.5 km. Damit resultiert für das gesamte Projekt eine Anschlussdichte von 2.0 MWh/Tm.</p> <p>Dieser Wert liegt knapp über dem empfohlenen, minimalen Grenzwert für Fernwärmenetze von 1.8 MWh/Tm.</p> <p>Das Bauprojekt berücksichtigt jedoch lediglich den Bau der rund 1.5km-langen Verbindungsleitung von der WT-Station Flexbase bis zum zukünftigen Übergabepunkt zum FW-Netz der Altstadt bei der Burgmattstrasse. Alle Quartiererschliessungen und die entsprechenden Neben- und Hausanschlussleitungen sind nicht Teil dieses Bauprojekts.</p>
Wirtschaftlichkeit	<p>Die Investitionskosten liegen bei rund 5.5 Mio. CHF.</p>

Diese umfassen den Bau der Verbindungsleitung, die Komponenten in der WT-Station Flexbase und die Wärmeübergabestation zum bestehenden WVL1 im Alterswohnheim.

Empfehlung

- Abstimmung bezüglich weiterer Schritte (Baugesuch/Ausschreibung).
- Zusammenstellen der Baugesuchsunterlagen für den Bau der Verbindungsleitung.
- Festlegung der Ausschreibungsstrategie.
- Klärung WT Station Flexbase in Abstimmung mit Fa. Flexbase, um eine verbindliche Basis zu schaffen.
- Klärung WT-Station Alterswohnheim mit Anbindung zum WV1- Standort-Sicherung, Installationen.

2 Einleitung

Ausgangslage

Im Herbst 2023 beschloss die Stadt Laufenburg, die Verantwortung für die Realisierung und den Betrieb des geplanten Wärmenetzes selbst zu übernehmen. Die Stadt Laufenburg führt nun die Gesamtleitung des Projekts und ist Bauherrin für den Bau des Fernwärmenetzes und der Heizzentrale. Die Durena AG wurde im Februar 2024 mit der Planung des Fernwärmenetzes in der Altstadt und den angrenzenden Gebieten beauftragt. Weiters wurde die Durena AG beauftragt, eine Machbarkeitsstudie für den Bau und/oder Umbau der Heizzentrale im GZF zu erstellen.

Die Firma Flexbase plant in unmittelbarer Nähe des Umspannwerks den Bau eines Rechenzentrums, welches zukünftig dauerhaft viel Abwärme zur Verfügung stellen könnte. Aufgrund dieser neuen Ausgangslage hat die Stadt Laufenburg entschieden, die Planungsarbeiten in der Zentrale GZF vorerst zu stoppen. Mit dem Rechenzentrum werden zukünftig günstige Energie in hoher Verfügbarkeit und sehr grossen Mengen zur Verfügung stehen. Gemäss Angaben des Rechenzentrumsbetreibers wird diese Energie bei Temperaturen von 70-75°C bei der 1. Generation der KI-Rechner ab Wärmetauscher des Rechenzentrums bereitgestellt (Schnittstelle zum Wärmenetz) und bei 90-95°C in der 2. Generation. Im Fokus steht nun die Möglichkeit, dass nicht nur die Altstadt und die angrenzenden Perimeter mit Wärme versorgt werden, sondern auch weitere Teile der Stadt Laufenburg.

Im Jahr 2024 wurde von der Durena AG eine Machbarkeitsstudie für dieses Projekt durchgeführt, welche aufgezeigt hat, dass das Projekt sowohl wirtschaftlich als auch technisch machbar ist. Ausgehend davon geht es nun weiter mit dem Bauprojekt (SIA32)

Auftrag

Für das Bauprojekt zur Erweiterung des Wärmeverbund Laufenburg sehen wir nachfolgend skizziertes Vorgehen bzw. Leistungsumfang:

- Verbindungsleitung
 - Ausarbeitung der Trasseführung der Haupttrasse in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauplaner KoPa und den Gemeindewerken
 - Abklärung kritische Abschnitte wie z.B. Querung SBB-Trasse und Kantonsstrassen in Zusammenarbeit mit dem Tiefbauplaner
 - Ermitteln der Investitionskosten (Genauigkeit +/- 10%) auf der Basis von Einheitspreisen, Erfahrungswerten und Offerten
 - Grobterminplan
 - Vertiefte Prüfung Machbarkeit Verlegung Verbindungsleitung ab HZ bis Zusammenschluss in Burgmattstrasse
 - Prüfung Querung Geleise im Raum der Kaisterstrasse
- Energiezentrale
 - Wärme ab Wärmetauscher Rechenzentrum mit Vollversorgung
 - Bestätigung des angedachten Konzepts

- Dimensionierung der Komponenten
- Erstellung der Anfrageunterlagen zur Einholung von Offerten
- Offerten einholen für Wärmetauscher, Umwälzpumpen, Druckhalte- und Expansionsanlage
- Erstellung eines Schemas für die WT-Station Flexbase inkl. Dimensionierung aller Komponenten
- Erstellen Layout Zentrale
- Ermitteln der Investitionskosten (Genauigkeit +/- 10%) auf der Basis von Offerten
- Übergabestation zu bestehendem Wärmeverbund
 - UEST im Alterswohnheim Bahnhofstrasse 12
 - Erstellung eines Schemas für die WT-Station Burgmatt inkl. Dimensionierung aller Komponenten
 - Ermitteln der Investitionskosten (Genauigkeit +/- 10%) auf der Basis von Einheitspreisen, Erfahrungswerten und Offerten
- Wirtschaftlichkeit
 - Zusammenstellen der gesamten Investitionskosten für den Bau der Verbindungsleitung, der WT-Station im Flexbase Rechenzentrum und der Übergabestation für den bestehenden WVL1 im Alterswohnheim

Zielsetzung

Das Bauprojekt gemäss SIA-Phase 32 umfasst die detaillierte technische und wirtschaftliche Planung des Projekts bestehend aus Verbindungsleitung für das neue Fernwärmenetz, WT-Station Flexbase, Übergabestation an den WVL1. Ziel ist es, eine realisierbare, genehmigungsfähige und wirtschaftlich optimierte Lösung zu erarbeiten, die als Grundlage für die Ausschreibung und Umsetzung dient.

- Technische Ausarbeitung und Optimierung
 - Optimierung der Trasseeführung der Hauptverbindungsleitung unter Berücksichtigung von bestehenden Infrastrukturen
 - Festlegung der Auslegungskriterien für die WT-Station, inklusive hydraulischer und thermischer Anforderungen
 - Ausarbeiten des Projekts, umfassend die Übersichts- und Dispositionspläne sowie die Prinzipschemata gemäss Auftrag
 - Festlegen des Raum- und Platzbedarfs in der WT-Station
 - Festlegung der Auslegungskriterien für die UEST an den WVL1 im Alterswohnheim, inklusive hydraulischer und thermischer Anforderungen
- Kostenvoranschlag
 - Erstellen des Kostenvoranschlages mit einer Genauigkeit von $\pm 10\%$ in nachvollziehbarer Form mit detaillierter Beschreibung der vorgesehenen fachspezifischen Arbeiten und Lieferungen

- Identifikation von Einsparpotenzialen durch Optimierung der Dimensionierung und Materialwahl
- Vorbereitung Baugesuch/Begleitung Baubewilligungsverfahren (SIA33)
- Vorbereitung der Ausschreibung und Realisierung
 - Erstellung einer ausführungsfähigen Planung als Grundlage für die nachfolgende Ausschreibung (SIA 41)
 - Definition der technischen und qualitativen Anforderungen für die spätere Bauausführung
 - Sicherstellung einer reibungslosen Umsetzbarkeit durch frühzeitige Identifikation und Lösung möglicher Konflikte

Diese Phase legt die Grundlage für eine effiziente und reibungslose Umsetzung des Fernwärmeprojekts und bildet die Entscheidungsbasis für die weitere Realisierung.

Grundlagen

Als Grundlagen für das Bauprojekt dienen:

- [1] Machbarkeitsstudie Durena 2024

3 Wärmebedarf

Versorgungsgebiet Das Versorgungsgebiet basierend auf den Erkenntnissen aus der Machbarkeitsstudie.



Abbildung 1: Teilgebiete Perimeter Erweiterung WV Laufenburg

Anschlussentwicklung

Die Anschlussentwicklung aus der MBS ergibt eine maximale Anschlussleistung von 8.5 MW bei einem Nutzenergiebedarf von 16.8 GWh im Jahr 2041. Unter Berücksichtigung einer Gleichzeitigkeit von 70% (bei ca. 300 Anschlüssen) ergibt dies eine Lieferleistung ab Rechenzentrum von ca. 6 MW.

Nachfolgend skizziert ist die prognostizierte Entwicklung des Wärmebedarfs:

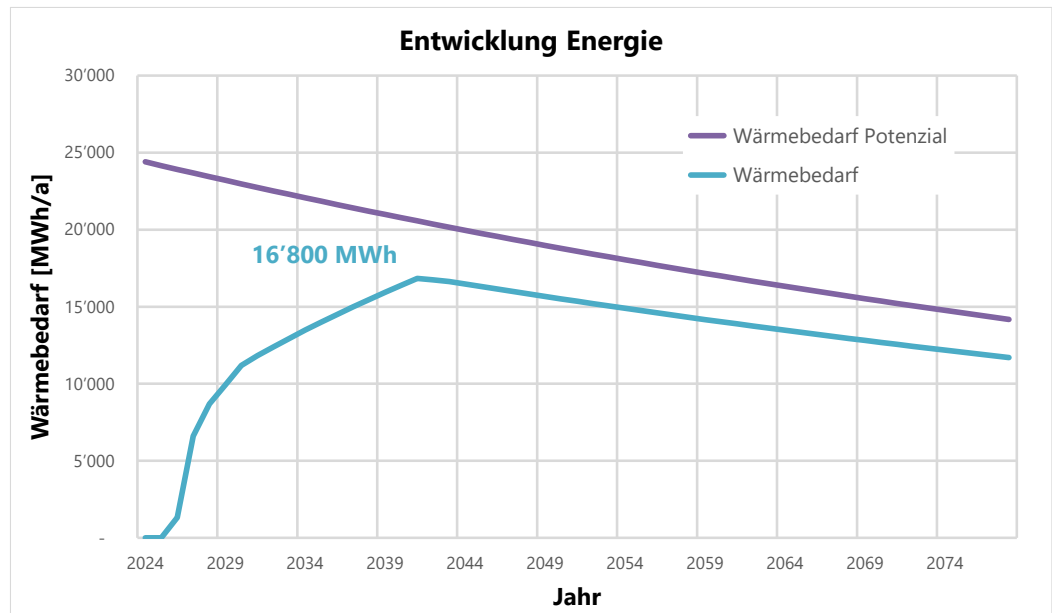


Abbildung 2: Anschlussentwicklung Wärmebedarf

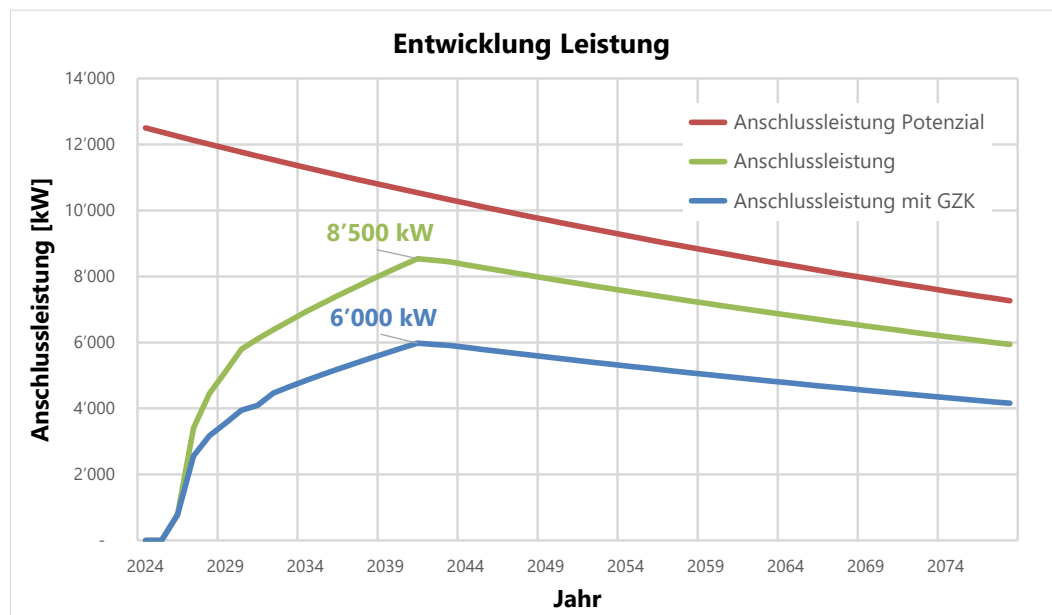


Abbildung 3: Anschlussentwicklung Anschlussleistung

Die rote Linie in Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Anschlussleistung und des Wärmebedarfs aller Liegenschaften im Versorgungsgebiet (Potenzial 100%). Das Wärmebedarfspotenzial ist violett in Abbildung 2 dargestellt.

Ab 2041 sinkt die Kurve ab aufgrund des Wärmebedarfsrückgangs (Gebäudesanierungen und Klimaerwärmung) und da keine neuen Objekte mehr angeschlossen werden.

Jahresdauerlinie
Wärmebedarf

Aufgrund dieses Bedarfs ergibt sich nachstehende Jahresdauerlinie für das Jahr 2041.

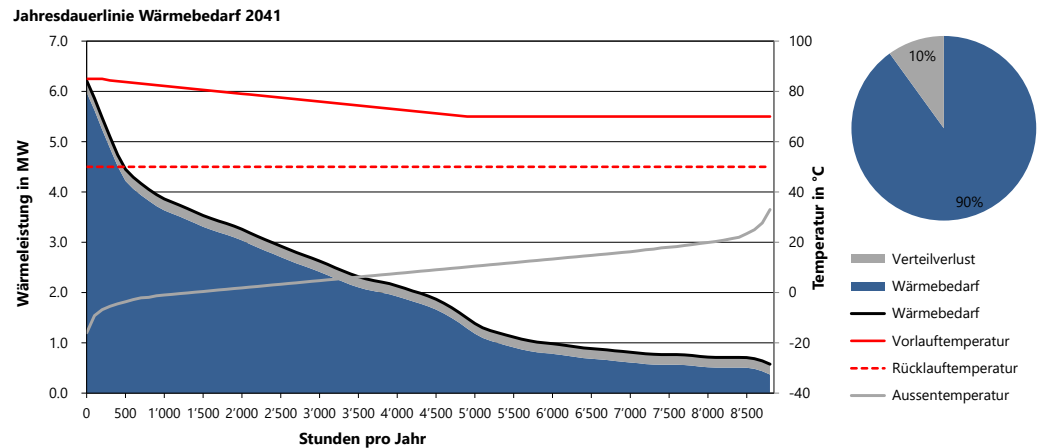


Abbildung 4: Jahresdauerlinie Wärmebedarf für das Jahr 2041

4 Verbindungsleitung

4.1 Rohrbau

4.1.1 Konzept und Dimensionierung

Temperaturen
Wärmeverteilung

Das Fernwärmenetz wird auf eine VL/-RL-Temperatur von 85/50°C dimensioniert (bei -10°C Aussentemperatur).

Der Grund für die hohe VL-Temperatur liegt im bestehenden Wärmeverbund, der mit 80°C betrieben wird. Sollte dieser in Zukunft optimiert und die Temperatur gesenkt werden, kann auch die Vorlauftemperatur des neuen WV entsprechend reduziert werden.

Die VL-Temperatur wird gleitend angesetzt und beträgt in den Sommermonaten 70°C. Die Absenkung der Vorlauftemperaturen hat verschiedene Vorteile:

- Fließgeschwindigkeit in der Transferleitung ist auch bei tieferem Leistungsbedarf hoch. Hohe Fließgeschwindigkeiten bedeuten weniger Temperaturverluste von der Zentrale bis zum Leitungsende.
- Die Wärmeverluste sind bei tieferen Medientemperaturen kleiner.

Druckauslegung

Die Druckauslegung der WT-Station (bei Flexbase) erfolgt auf 3.7 barü. Siehe dazu Abschnitt 5.2.3 und Anhang A5.

Rohrleitungen

Für das Fernwärmenetz werden Kunststoffmantelrohre (KMR) mit Dämmstärke 2 einkalkuliert, welche typischerweise im Fernwärmebereich eingesetzt werden. Zur Ortung von Undichtheiten sind die KMR mit einer Leckageüberwachung ausgestattet.

Die Hauptleitung ab FW-Zentrale hat die Dimension DN200. Die maximale Übertragungsleistung beträgt 9'600 kW bei VL/RL 85/50°C und ca. 150 Pa/m Druckverlust.

Der dynamische Druckverlust in den Rohrleitungen von der Zentrale bis zum Netzschlechtepunkt und zurück beträgt rund 3.6 bar. Die Druckhaltung in der Zentrale wird auf 3.7 barü eingestellt und die Druckdifferenz am Netzschlechtepunkt auf 1.0 bar. Somit muss das Netz (neues Netz + Altstadt) auf die Druckstufe PN16 auslegt werden. Siehe dazu Anhang A6.

Die SBB-Gleisquerung West wird mit DN125-Leitung erstellt. Die Leitung wird bis zum Alterswohnheim gebaut. Mit einer Unterquerung der Winterthurerstrasse soll später die Erschliessung der Teilgebiete 5 und 6, sowie der bestehende WV1 erfolgen. Durch die DN125-Leitung lassen sich bei gegebenen Vor- und Rücklauftemperaturen ca. 2.8 MW transportieren, was für die genannten Teilgebiete und den bestehenden WV (inkl. zukünftigem Ausbau) ausreicht.

4.1.2 Leitungsführung und Etappierung

Leitungsführung

Der Trassenverlauf der Verbindungsleitung wird wie folgt aussehen:

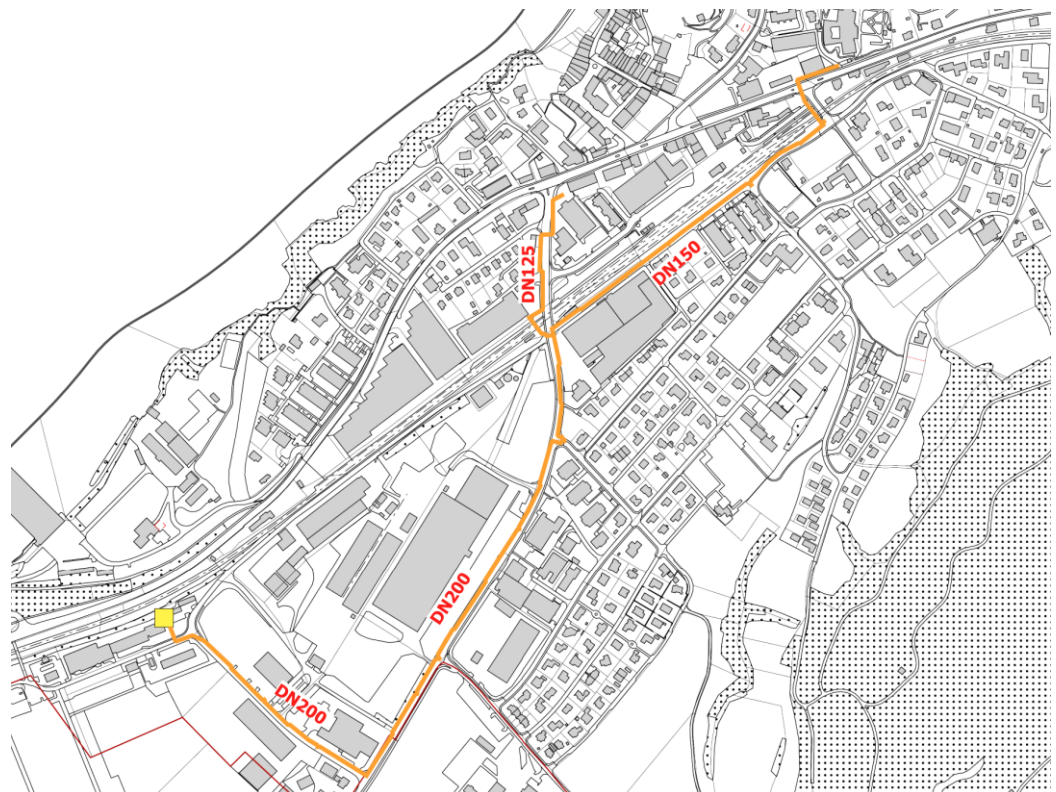


Abbildung 5: Verlauf Verbindungsleitung

Die Länge von der Zentrale bis zum Anschluss an die Altstadt in der Burgmattstrasse beträgt ca. 1'500 Tm. Hinzukommt der Abschnitt nach der ersten Gleisquerung mit etwa 200 Tm.

Laut der Stadt wird die Kaisterstrasse in den nächsten 2-3 Jahren saniert, was den Leitungsbau in diesem Abschnitt erleichtern könnte.

Zusammenschluss
Altstadt & best. WV

Im Rahmen der durchgeführten Machbarkeitsstudie wurde das Schulhaus Burgmatt am Schützenweg (nach der Gleisquerung Ost) als Übergabepunkt zur Altstadt und dem bestehenden WV gewählt. Dies birgt jedoch den Nachteil, dass der Leitungsabschnitt vom Schulhaus Burgmatt bis Hinterer Wasen zu klein dimensioniert ist (DN80), weshalb es in diesem Abschnitt zu erhöhten Druckverlusten kommt. Dies kann umgangen werden, wenn sich die Übergabestation weiter nordwestlich befindet (z.B. im Alterswohnheim), wo die Leitungen höhere Dimensionen aufweisen. Deshalb wird nach der Gleisquerung West eine DN125-Leitung bis zum Alterswohnheim an der Bahnhofstrasse 12 geplant, um von dort aus einen Zusammenschluss mit dem bestehenden WV machen zu können.

Etappierung

Die Etappierung der Verbindungsleitung wird in der nächsten Projektphase zusammen mit dem Tiefbauplaner definiert.

4.1.3 Rohrstatik

Normen- und Regelwerk

Die rohrstatische Auslegung, Einteilung Projektklasse, Prüfungen u.ä. erfolgt gemäss nachfolgenden Normen und Richtlinien:

- Norm EN13941
- Regelwerk AGFW

Auslegungsgrundlagen

Die rohrstatische Auslegung erfolgt nach den folgenden Auslegungsparametern:

- | | |
|---|-----------------------|
| ▪ Maximal zulässige Temperatur (TS) | 95°C |
| ▪ Max. Betriebstemperatur Vorlauf | 85°C |
| ▪ Auslegetemperatur für primärseitige Anlageteile (Rohrstatik, Lager) | 95°C |
| ▪ Verlegetemperatur, Aussentemperatur ¹ | 10°C |
| ▪ Auslegetemperaturdifferenz | 85 K |
| ▪ Maximal zulässiger Druck (PS) | 14.9 barü |
| ▪ Prüfdruck, erdverlegte Leitungen (Kaltwasserdruckprobe) (Nenndruckstufe PN16 x 1.3) | 20.8 barü |
| ▪ Bodenreibungswinkel ² | 32.5° |
| ▪ Bodengewicht | 19 kN/m ³ |
| ▪ Max. zulässige Spannung | 190 N/mm ² |

¹ Sofern die Verlegetemperatur unter 0°C fällt muss die Leitung vor dem Eindecken auf min. 0°C erwärmt werden.

² Gilt für alle Abschnitte, wenn KMR nicht im Grundwasser liegt.

Gewählte Verlegarten	Im vorliegenden Projekt sind folgende Verlegearten möglich: <ul style="list-style-type: none">▪ <i>Kaltverlegung</i> mit $L \leq L_{zul}$ (die verlegbaren Längen von Dehnelement zu Dehnelement sind kleiner oder gleich die zulässigen Längen, um die max. zulässige Axialspannung nicht zu überschreiten)
Kaltverlegung	Dehnungsaufnahmen im Bereich Kaltverlegung $L < L_{zul}$ erfolgen ausschliesslich mittels Dehnelementen bestehend aus L-, U- oder Z- Bauteilen. Es werden Dehnmatten in Teilumhüllung, mittlerer Härtegrad gem. EN13941 verwendet (bis max. 3 Lagen, 40mm je Lage).
Dehnelemente	Etwa alle 70m muss ein Dehnelement verbaut werden für eine sichere Rohrstatik. Dies können sowohl U- als auch Z-Bögen sein, mit einer Dehnschenkellänge zwischen 1.50-1.80m (je nach Dimension der Leitung).

4.1.4 Muffen

Muffentyp	Wenn möglich werden geschrumpfte Muffen in doppeldichtender Ausführung eingesetzt. In folgenden Fällen werden Schweissmuffen eingesetzt: <ul style="list-style-type: none">▪ Im Grundwasser▪ Bei lehmigem Baugrund▪ In Abschnitten, welche nicht mehr zugänglich sind (z.B. Spülbohrungen, Pressbohrungen)▪ Bei Leitungen, welche dem Sonnenlicht ausgesetzt sind (z.B. Rohrbrücken)
-----------	--

4.1.5 Segmentierung

Segmentierung	Die Verbindungsleitung wird mittels Absperrarmaturen segmentiert. Die hydraulische Segmentierung erfolgt gemäss folgenden Schwerpunkten: <ul style="list-style-type: none">▪ Es werden alle max. 800 Tm Absperrarmaturen vorgesehen (max. 28 m³ Wasservolumen pro Leitungsabschnitt). Direkt vor- und nach einer Absperrarmatur wird jeweils immer eine Entlüftungsarmatur eingeplant, ausser wenn sich in der Nähe (<15 Tm) bereits eine Entlüftungsarmatur befindet.▪ Vor und nach den Pressbohrungen oder über längere Strecken grabenlosen Bauabschnitt (> 100 Tm) werden Absperrarmaturen installiert.▪ Die Zugänglichkeit mit einem Fahrzeug zu den Absperrarmaturen sowie Entlüftungen und Entleerungen muss gegeben sein.▪ Auf die Bedürfnisse der Grundstückseigentümer wird Rücksicht genommen. Die Schächte für erdverlegte Armaturen werden soweit möglich in Strassen oder Flurwege gelegt.
---------------	---

Grobanordnung

Im untenstehenden Plan sowie Tabelle ist eine Grobanordnung ersichtlich. Die definitive Anordnung hat im Zuge der Projektierung der einzelnen Teilabschnitte zu erfolgen, um die obigen Kriterien zu berücksichtigen.

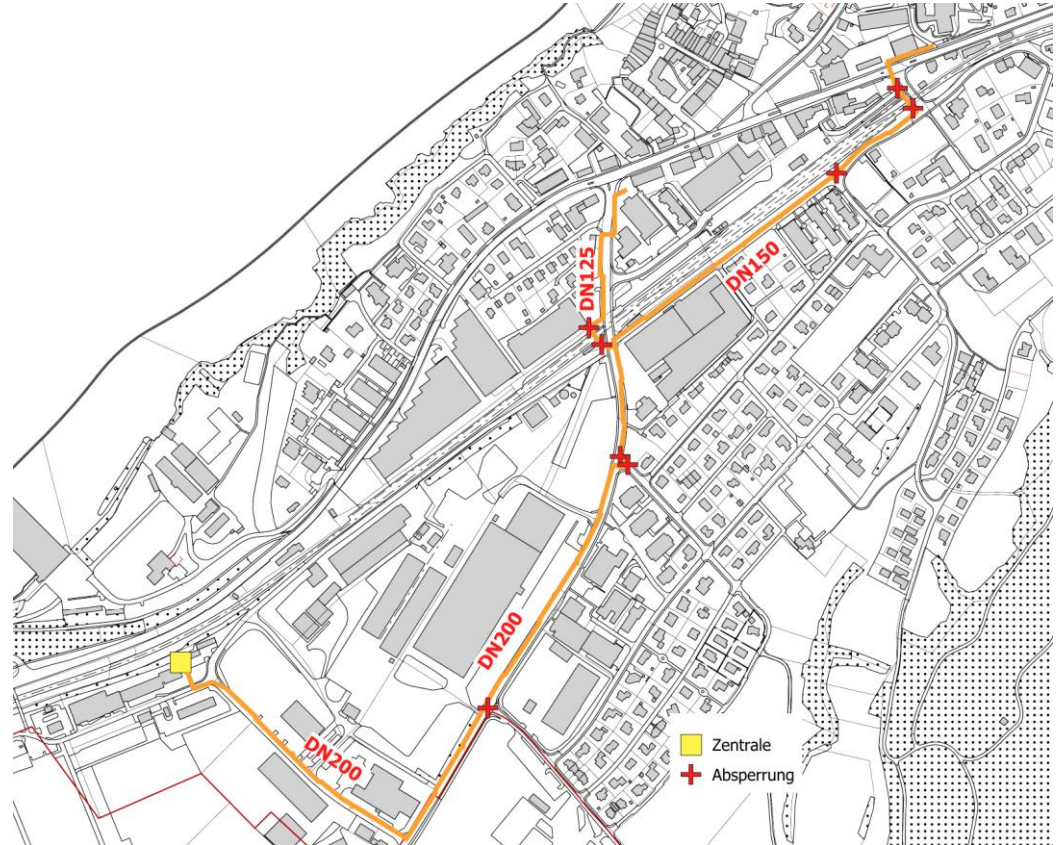


Abbildung 6: Absperrkonzept Verbindungsleitung

Entlüftungs- und
Entleerungskonzept

Das Entlüftungs- und Entleerungskonzept sieht folgendes vor:

- Sämtliche Hochpunkte (in der Regel Höhenabweichung eines halben Rohrdurchmessers) werden entlüftet. Die Entlüftungen erfolgen im erdverlegten Teil mit Entlüftungsarmaturen in Schächten.
- Tiefpunkte werden nur dann mit Entleerungsarmaturen ausgestattet, wenn die Entleerung mit vernünftigen Kosten realisierbar ist. Die Entleerungen werden sowohl im erdverlegten Teil als auch im nicht erdverlegten Teil ausgeführt.

4.1.6 Abgänge

T-Stücke

Die T-Abgänge für die zukünftigen Quartierserschliessungen werden bereits in dieser Phase des Projekts mittels Rohrverschlusskappen (RVK) in der Verbindungsleitung verbaut.

4.1.7 Leckageüberwachung

Zur Ortung von Undichtheiten sind die KMR mit einer Leckageüberwachung ausgestattet (**Brandes System**³). In der Dämmung der Fernwärmerohre sind werksmässig zwei Meldeadern eingeschäumt.⁴ Über ein Auswertgerät kann eine Leckage detektiert und auf dem Leitsystem angezeigt werden. Für die Auswertgeräte ist ein Stromanschluss, sowie eine Kommunikation zum Leitsystem notwendig. Für die genaue Ortung der Leckage werden in erdverlegten Schächten (z.B.: bei Absperrarmaturen, Entlüftungs- oder Entleerungsarmaturen) Messdosen installiert. Für die Messdosen ist kein Anschluss ans Stromnetz notwendig. Die Leckagerechner bedürfen einen Stromanschluss.

4.2 Tiefbau

4.2.1 Allgemeines

Die Zubringerleitung des Wärmenetzes der Stadt Laufenburg wird vom neuen Technologiezentrum auf dem ehemaligen Areal der Swissgrid über die Werkstrasse, Kantonsstrasse K130 und der hinteren Bahnhofstrasse zur Stadt geführt. Für die Erschliessung von Wohngebieten im westlichen Teil Laufenburgs und der Verbindung zur Altstadt sind 2 Querungen des SBB-Trasses sowie eine Querung der Kantonsstrasse K130 vorgesehen.

4.2.2 Querungen

Die Querung 1 SBB ist beim Areal Balteschwiler (Bahnübergang West) und die Querung 2 beim Schützenweg (Bahnübergang Ost) vorgesehen. Die Querung 2 soll auch die Kantonsstrasse K130 für die Zuleitung zur Altstadt unterqueren. Die Startgruben und Zielgruben sind jeweils ausserhalb der Strasse vorgesehen, um Verkehrsbehinderungen zu vermindern.

Für die 1. Querung ist ein Stahlschutzrohr DN 600 vorgesehen. An dieser Stelle kann ein Fernwärme DUO-Rohr DN125/450 eingeschoben werden. Es sind derzeit keine weiteren Werke für diese Querungen vorgesehen.

Für die 2. Querung hat die Stromversorgung mit 3x DN120 + 1x DN80 Kabelschutzrohren Bedarf angemeldet. Aufgrund dessen und der örtlichen Gegebenheiten durch bestehende Werkleitungen sind hier zwei Bohrungen 1x DN350 oder 400 (Elektroversorgung) und 1x DN800 (Wärmeversorgung DUO-Rohr DN150/500) vorgesehen. Die Querung 2 wird in zwei Abschnitte aufgeteilt. Abschnitt 1 für die Querung der Bahnleise und Abschnitt 2 für die Kantonsstrasse. Beide Abschnitte sollen sich dieselbe Startgrube teilen. Die

³ Systemwahl bereits im Abschnitt Altstadt/Marktgasse bestimmt

⁴ bei KMR im grabenlosen Bereich sind ein zusätzliches Paar Meldeadern zu installieren.

Bohrachse ist auf ca. - 4.10m unter dem bestehenden Terrain vorgesehen. Die Tiefe ergibt sich aufgrund der Dimension des Stahlschutzrohres, der bestehenden Werkleitungen (Abwasser + Wasserversorgung) im Schützenweg sowie der minimalen Überdeckung zum Bahntrasse von 2.00m.

Spülbohrungen sind seitens SBB untersagt. Für die Querung bietet sich das Hammerbohrverfahren (Imlochbohrung) an. Für Gleisquerungen ist ein ausreichender Zeitraum einzuplanen und die entsprechenden Unterlagen möglichst frühzeitig einzureichen.

Das Ausführungsprojekt muss spätestens 8 Wochen vor Baubeginn bei der SBB eingereicht werden.

Vollsperrung SBB

Vom 08.09.2025-03.10.2025 findet eine Vollsperrung der SBB auf der Strecke in Laufenburg statt. Es ist ratsam und wünschenswert, die Querungen der Gleise in diesem Zeitraum durchzuführen.

Das Ausführungsprojekt muss spätestens 8 Wochen vor Baubeginn bei der SBB eingereicht werden.

4.2.3 Koordination mit weiteren Werken

Stromversorgung

In der Werkstrasse, sowie der hinteren Bahnhofstrasse sind Ausbauprojekte der Stromversorgung geplant, welche mit den Tiefbauarbeiten der Fernwärme koordiniert werden.

Wasserversorgung

Der Kanton plant die Sanierung der Kantonsstrasse K462. Aufgrund der Dringlichkeit der Fernwärmezubringerleitung sowie der sinnvollen Baureihenfolge, sollen die Leitungen vor der Strassensanierung verlegt werden. Um die Synergien der Grabarbeiten zu nutzen, soll der im Rahmen der Sanierung K462 vorgesehenen Ersatz der Wasserleitung zusammen mit den Fernwärmeleitungen erfolgen. Die Linienführung der geplanten Wasserleitung wurde dementsprechend an die Fernwärmeleitungen angepasst, um einen gemeinsamen Grabenquerschnitt möglichst effizient nutzen zu können. Derselbe Ablauf findet sich in der hinteren Bahnhofstrasse wieder, wo die Wasserversorgung Laufenburg ebenfalls die alte Wasserleitung im Rahmen des Fernwärmeausbaus erneuern möchte.

Drittprojekt und
Strassenbau

Im Rahmen des Ausführungsprojektes sollen alle verbliebenen Werke (Kommunikationswerke etc.) zwecks Koordinationsbedarf kontaktiert werden. Derzeit ist lediglich der Ausbau der erwähnten Werkleitungen mit der Fernwärme vorgesehen und die Belagsflächen analog Bestand wiederhergestellt. Strassenbauprojekte im gesamten Projektperimeter sind seitens der Stadt aufgrund des priorisierten Fernwärmeausbaus derzeit nicht vorgesehen

5 Zentrale

5.1 Standort WT-Station

Die WT-Station zur Auskopplung der für die FW-Laufenburg benötigten Wärme erfolgt in einem neuen Gebäude, welche östlich des ehemaligem Swissgrid Gebäudes errichtet werden soll. Im Rahmen des Bauprojekts wurde der erforderliche Platzbedarf ermittelt. Siehe Anhang A2 für den Dispositionsplan.

5.2 Anlagenteil HLKS

Die Anlage besteht aus folgenden Anlagenteilen, welche im Detail in ihrem Zweck und Funktionsweise erklärt werden.

5.2.1 Wärmetauscher-Station

Grundlagen	Laut Marcel Aumer von Flexbase wird das nötige Warmwasser direkt ab Flansch zur Verfügung gestellt, das heisst es werden keine zusätzlichen Wärmetauscher seitens WV Laufenburg benötigt. Im Bauprojekt wurde berücksichtigt, dass die Wärme ab der Wärmetauscheranlagen in einer WT-Station der Firma Flexbase zur Verfügung gestellt wird.
Funktion	Die Wärmetauscher stellen das Herz der Heizzentrale dar und übertragen die Wärme aus dem Rechenzentrum auf das System der Fernwärmeversorgung.
Leistung	<p>Die ab Rechenzentrum zur Verfügung stehende Abwärme von bis zu 6.2 MW wurde als Projektgrundlage gem. MBS vorgegeben. Aufgrund des geringeren Leistungsbedarfs im Erstausbau, ist es sinnvoll die Leistung bedarfsgerecht zuzubauen.</p> <p>Im Austausch mit Herr Aumer von Flexbase wurde der erwartete Ausbaupfad des WV Laufenburg kommuniziert. Die entsprechende Entwicklung der Anschlussleistung und des Leistungsbedarf ab der WT-Station wurde aus der MBS übernommen und ist in Abbildung 3 ersichtlich.</p>

5.2.2 Fernwärme-Gruppe

Allgemein	Für die Netzpumpen ist eine Pumpenphilosophie mit 2x100% Winterpumpen (100% Redundanz), sowie 1x25% Sommerpumpe vorgesehen. Für die detaillierte Pumpenauslegung siehe Anhang A6.
Randbedingungen für Pumpenauslegung	<p>Für die Pumpenanfrage wurden folgende Werte definiert:</p> <ul style="list-style-type: none">■ Maximaler Volumenstrom 155 m³/h■ Minimaler Volumenstrom 25 m³/h

- Förderhöhe Winterpumpe 51 mWS
- Förderhöhe Sommerpumpe 12 mWS
- Bauform Sockelpumpen, Kreiselpumpen
- Nenndruck PN16
- Effizienzklasse E-Motor min. IE4
- Drehzahlregelung mit Frequenzumrichter. Die Frequenzumrichter sind durch den Unternehmer zu liefern und mit dem Pumpenhersteller abzustimmen.

Betrieb	Mit dem 2 x 100%-Konzept wird der Starklastbetrieb stets mit einer Pumpe abgedeckt. Ein sinnvoller Betrieb ergibt sich etwa für den Bereich 100-160 m³/h . Im Mittellastbetrieb wird mit einer 100%-Pumpe gefahren. Ein sinnvoller Betrieb ergibt sich etwa für den Bereich 50-80 m³/h . Die Sommerpumpe wurde für den Bereich 10-30 m³/h ausgelegt.
Temperatur-Regelung	Die Beimischschaltung zur Temperaturregelung erfolgt in der vorliegenden Anlagengrösse mittels VL- und Bypass-seitigen Durchgangsventilen, anstelle von 3-Wegeventilen.
Rücklauf	Bei Eintritt in die Energiezentrale erfolgt die Reinigung des Fernwärmerücklaufs mittels Schlammabscheidern. Es werden die Reflex-Produkte «Exdirt» vorgeschlagen.

5.2.3 Druckhalte- und Expansionsanlage

Funktion	<p>Zweck der Expansion:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Durch Änderung der VL-Temperatur kommt es im Fernwärmewasser zu einer Dichte- respektive einer Volumenänderung. Diese führt dazu, dass die gleiche Masse von Fernwärmewasser mehr Volumen einnimmt, wenn ihre Temperatur erhöht wird. Damit jedoch der Druck im System konstant bleibt, werden Expansionsgefässe benutzt, die die Volumenänderung des Wassers aufnehmen können.▪ Um diesen Druck im System konstant zu halten, muss Wasser aus dem System ins Expansionsgefäss abfliessen können. Das heisst, bei einer Temperaturerhöhung im Netz steigt das Wasserniveau im Expansionsgefäss und entsprechend umgekehrt. <p>Zweck der Druckhaltung:</p> <ul style="list-style-type: none">▪ Die Druckhaltung sorgt dafür, dass im Betrieb und bei einem Netzstillstand im gesamten Netz der statische Druck oberhalb des Verdampfungsdrucks des FW-Wassers liegt, gefährdet sind hier insbesondere die Hochpunkte im Netz. Dieser Druck wird Ruhedruck genannt.▪ Dadurch wird verhindert, dass es lokal zur Bildung von Dampfblasen kommt. Diese kollabieren bei Druckschwankungen (bei Druckzunahme durch
----------	--

statischen oder dynamischen Druck) unkontrolliert, wodurch Druckstösse entstehen, welche das FW-System beschädigen können und deshalb unbedingt vermieden werden müssen.

Der Druck im System wird über Transfero-Anlage geregelt. Bei Druckabfall (z.B. durch Abkühlung) fördert die Pumpe Wasser ins Netz, bei Druckerhöhung (z.B. durch Erwärmung) wird Wasser abgeströmt und in die Expansionsanlage geleitet.

- Geodätische Höhen
- WT-Station Flexbase 323 m.ü.M (Werkstrasse 10). Unter der Annahme, dass sich die Zentrale im Keller 10 m unter der Erdoberfläche befindet, resultiert eine geodätische Höhe der Zentrale von 313 m.ü.M.
 - Höchstliegendes, zu versorgendes Objekt liegt auf 331 m.ü.M. (Schollenhaldenweg 5)
 - Tiefpunkt liegt beim Stollen in der Altstadt 297 m.ü.M. (3m unter Wasseroberfläche Rhein)
 - Tiefstliegendes, zu versorgendes Objekt liegt auf 303 m.ü.M. (Spitalstrasse 10.5 oder Untere Wasenstrasse 31)

Druckhaltung

Der Druck der Vordruckhaltung ergibt sich aus:

- Geodätischer Druck von 1.7 bar
- Drucküberlagerung Netzhochpunkt von 0.5 bar
- Sicherheit, Drucküberlagerung im Ruhezustand von 1 bar

Basierend auf der durchgeführten Druckauslegung ist ein Betriebsdruck im Rücklauf von 3.2 bis 3.7 barü nötig unter Berücksichtigung einer Hysterese von 0.5 bar. Damit ergibt sich ein maximaler Totaldruck auf Bodenniveau der Heizzentrale von 3.7 barü.

Druckauslegung WT-Station Flexbase/ Bauprojekt		
Bodenniveau UG Heizzentrale	313.00	m.ü.M
Höchstes Niveau der Fernwärmeversorgung	331.00	m.ü.M.
Höchstes Niveau der Heizzentrale ab UG	323.00	m.ü.M.
Geodätische Höhe	18.0	m
Dichte Wasser	990.2	kg/m ³
Erdbeschleunigung g	9.81	m/s ²
statischer Druck Boden UG Heizzentrale:		
geodätischer Druck	1.7	barü
Verdampfungsüberdruck	0.0	barü
Drucküberlagerung Netzhochpunkt	0.5	barü
Reserve 1	1.0	barü
Hysterese Transfero	0.5	barü
oberer Einstelldruck Druckhalteanlage	3.7	barü
unterer Einstelldruck Druckhalteanlage	3.2	barü
maximaler Totaldruck UG Heizzentrale	3.7	barü
gewählter Auslegungsdruck Wärmeerzeuger, Speicher	10.0	barü
gewählte Druckstufe Verrohrung und restliche Komponenten	PN10	

Abbildung 7: Druckauslegung Zentrale Flexbase (Anhang A5)

Wir empfehlen eine **Auslegung der WT-Station** und der verwendeten Komponenten auf die **Druckstufe PN10**, da es preislich kaum einen Unterschied macht, die Komponenten auf PN6 auszulegen.

Anlagenvolumen

Die Druckhalte- und Expansionsanlage muss die Volumenänderung des gesamten Fernwärmenetzes aufnehmen können.

Das Anlagenvolumen beträgt rund 196 m³. Hierin enthalten sind:

- 34 m³ aus dem Fernwärmenetz der Altstadt (VL und RL)
- 100 m³ aus der Verbindungsleitung (VL und RL)
- 20 m³ für das restliche Volumen des Verteilnetzes ausserhalb der Altstadt (VL und RL)
- Ca. 10 m³ Anlagevolumen in der Zentrale
- 20% Reserve

Die berechnete Ausdehnungsmenge beträgt rund 3.3 m³. Inkl. dem SWKI-Faktor von 1.5 beträgt das benötigte Volumen der Expansionsgefässe 5 m³. Siehe dazu Anhang A7 für die Berechnungen des Expansionsvolumens.

Es ist eine Transfero/Variomat-Anlage mit Ablassventil und Nachspeisepumpen vorgesehen. Aufgrund obiger Randbedingungen wird das Volumen der Drucklosen Aufnahmegefässe wie folgt ausgelegt:

- Expansionsanlage: $2 \times 4 \text{ m}^3$ Nutzvolumen = 7.2 m^3

Einbindung Die Druckhalte- und Expansionsanlage wird hydraulisch als Vordruckhaltung eingebunden.

5.2.4 Filtersysteme und Wasserqualität

Allgemein Eine gute Wasserqualität verlängert die Lebensdauer des Fernwärmesystems und ist entscheidend für einen störungsarmen und wartungsarmen Betrieb, da Ablagerungen und Verstopfungen durch eine gute Wasserqualität vorgebeugt werden können.

Um die Voraussetzungen für eine gute Wasserqualität zu schaffen, sind die nachfolgend beschriebenen Massnahmen vorgesehen.

Wasserqualität Für das Befüll- und Umlaufwasser empfehlen wir, gemäss Stand der Technik, die Richtlinie des **SWKI BT 102-01 (für Heisswasser)** anzuwenden.

Vor grösseren Netzbefüllungen ist die Wasserqualität des Befüllwassers mittels Wasseranalysen zu prüfen.

Entlüftung & Vakuum-
umentgasung Zentral für ein langfristig stabiles Fernwärmesystem ist eine möglichst vollständige **Entlüftung** der Anlage. Die Anlage sollte insbesondere in der Anfangsphase und bei grossen Netzerweiterungen regelmässig entlüftet werden. Die Gase sammeln sich hauptsächlich an den höchsten Punkten des Netzes, wie etwa in der WT-Station. Die Planung sieht vor, an diesen Stellen Armaturen, welche ein Entlüften der Rohrleitung ermöglichen einzubauen. Dies Entlüftung hat periodisch mindestens zwei Mal pro Jahr zu erfolgen.

Der Einsatz eines **Vakuumentgasers** wird empfohlen und ist in der Wärmezentrale vorgesehen. Dieser erlaubt es die im FW-Wasser gelösten Gase zu entfernen. Vorgesehen ist eine Vakuum-Entgasungsanlage. Bei dieser Methode zum automatischen Entgasen wird das Wasser in einem Bypass aus dem Kreislauf in einen separaten Behälter gepumpt. Durch das dortige Vakuum gast das Wasser aus. Ein Entlüfter lässt das freigewordene Gas ab. Das entgaste Wasser gelangt wieder in den Heizungskreislauf. Der Vorgang beginnt erneut. Heizungswasser wird so kontinuierlich entgast. Er ersetzt nicht ein regelmässiges Entlüften der Anlage, um die nicht gelösten Gase aus dem System zu entfernen.

Mechanische Filter Zur Entfernung von Schmutzpartikeln sind **Schmutzfänger** an jedem Hausanschluss im gesamten Wärmeverbund vorzusehen. Im Rücklauf in der Wärmezentrale sind folgende Filter vorgesehen:

- **Y-Schmutzfänger** (z.B. ARI, Typ 36.050)

- Bei Eintritt in die Energiezentrale erfolgt die Reinigung des Fernwärmerücklaufs mittels Schlammabscheidern. Es werden die Reflex-Produkte «Exdirt» vorgeschlagen.
- Vor jeder **Umwälzpumpe sind Y-Filter** mit der vom Pumpenlieferanten vorgegebenen Maschenweite vorgesehen (typischerweise 1,6–2,5 mm).

Fernheizwasserkonditionierung

Die **Konditionierung des Fernheizwassers** kann wesentlich zur Verbesserung der Wasserqualität beitragen und wird für den WV Laufenburg empfohlen. Mithilfe der Wasserkonditionierung können pH-Wert-Korrekturen vorgenommen, Gase gebunden und damit Korrosionsprozesse verhindert werden. Im Rücklauf der Wärmezentrale sind Anschlussstutzen für die Fernheizwasserkonditionierung vorgesehen.

- Eine fest installierte Dosieranlage ist nicht vorgesehen. Für den Anschluss einer externen Dosieranlage ist üblicherweise ein $\frac{3}{4}$ "-Anschluss ausreichend.
- Wir empfehlen, für die Überwachung der Wasserqualität und insbesondere für die Fernheizwasserkonditionierung einen Wasserspezialisten hinzuzuziehen. Der Wasserspezialist kann auf Basis regelmässiger Wasseranalysen und der angestrebten Wasserqualität eine massgeschneiderte Chemikalienrezeptur erstellen und anwenden.

5.2.5 Nachspeisung von Fernwärmewasser

Funktion

Eine Wasseraufbereitungsanlage zur Aufbereitung von Fernwärmewasser ist nicht vorgesehen. Die Anforderungen an das Fernwärmewasser müssen folgenden Vorgaben genügen:

- Wasserqualität nach SWKI BT 102-01 (Heisswasser).
- Bei Netzverdichtungen, Netzerweiterungen oder den Bau zusätzlicher Hausanschlüsse muss das entsprechende Wasservolumen ergänzt werden. Grössere Wasservolumen ($>20 \text{ m}^3$) zur Befüllung neuer Netzabschnitte oder grösserer Hausanschlüsse werden von Laufenburg mithilfe von Tanklastwagen bereitgestellt.
- Bei tiefem Niveau in der Expansionsanlage muss aufbereitetes Wasser ins System eingespeist werden (Rücklauf WT-Station Flexbase oder an geeigneter Stelle.)

Anforderungen

Die Nachspeisung soll automatisiert erfolgen, z.B. durch eine automatische Nachfüllung bei einem definierten, tiefen Niveau in den Expansionsbehältern.

5.3 Platzbedarf

Nachfolgend ist ein grobes Layout von der Energiezentrale dargestellt:

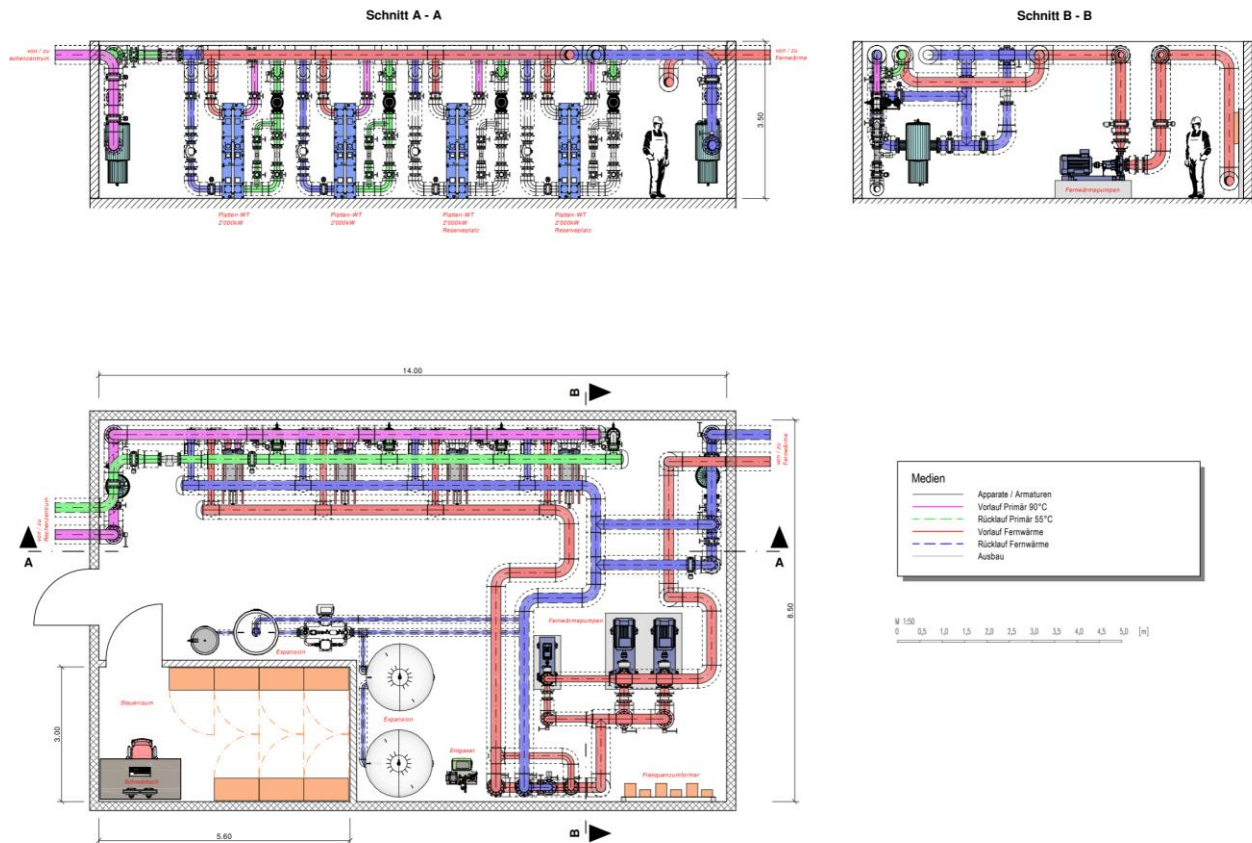


Abbildung 8: Dispositionsplan WT-Station Flexbase

Da noch unklar ist, wo und wie viel Platz uns zur Verfügung steht im Gebäude von Flexbase, ist dieser Dispoplan nicht definitiv und muss angepasst werden, sobald genauere Angaben vorliegen. Zusätzlich besteht allenfalls die Möglichkeit sich auf mehrere Räume aufzuteilen.

6 Übergabestation bestehender WV-1

Beim Anschluss an den bestehenden Wärmeverbund in Laufenburg handelt es sich im eigentlichen Sinne um einen grossen Fernwärmehausanschluss (Kopfstation) mit nachgeschaltetem Sekundärnetz, welches die Objekte des Sekundärnetzes mit Wärme versorgt. Das Netz ist somit abgekoppelt vom Hauptnetz und benötigt eine eigene Regelung mit Förderpumpen und Druckhaltung.

6.1 Standort

Aktuell wird das Alterswohnheim Bahnhofstrasse 12 als potenzieller Standort für die Netztrennung betrachtet. Dieses hat einen grossen Heizungskeller, wie auch eine Reihe von Trocknungsräumen, die Platz für die Netztrennstation aufweisen. Die Bahnhofstrasse 12 kann von dem Abgang Kaisterstrasse versorgt werden, von dort aus wird die sekundärseitige Leitung durch die Einstellhalle des Coopgebäudes geführt an den nächstgelegenen Einspeisepunkt in den WV-1.

6.2 Kopfstation Bahnhofstrasse 12

Hydraulisches Konzept

- Es ist kein Bedarfssignal vorgesehen.
- Die zirkulierende Wassermenge wird durch die Regelventile der einzelnen Hausstationen im Sekundärnetz geregelt. Das heisst, wenn kein Wärmebedarf vorhanden ist, schliessen die Regelventile und die Zirkulation tendiert gegen null.
- Das Sekundärnetz wird ganzjährig warmgehalten, damit im Schwachlastfall die Boiler unmittelbar geladen werden können.
- Die Kopfstation ist mit Pumpen (Inlinepumpen) ausgestattet, welche das Sekundärnetz versorgen. Die Pumpen werden dauernd auf einen Soll-Differenzdruck geregelt. Dadurch ist ein Durchfluss im Sekundärnetz dauernd sichergestellt.
- Die Druckhaltung wird aus hydraulischen Gründen an die Bahnhofstrasse 12 verlegt.

Untenstehendes Schema zeigt die Aufstellung der Netztrennstation.

- Die Anschlussanlage (blau) wird mit Heisswasser aus dem Hauptnetz ab Flexbase gespiesen.
- Die Kopfstation (dunkelgrün) trennt das Hauptnetz und den bestehenden Wärmeverbund hydraulisch.
- Die Kopfstation versorgt die rund 30 Wärmeabnehmer rund ums Jahr.

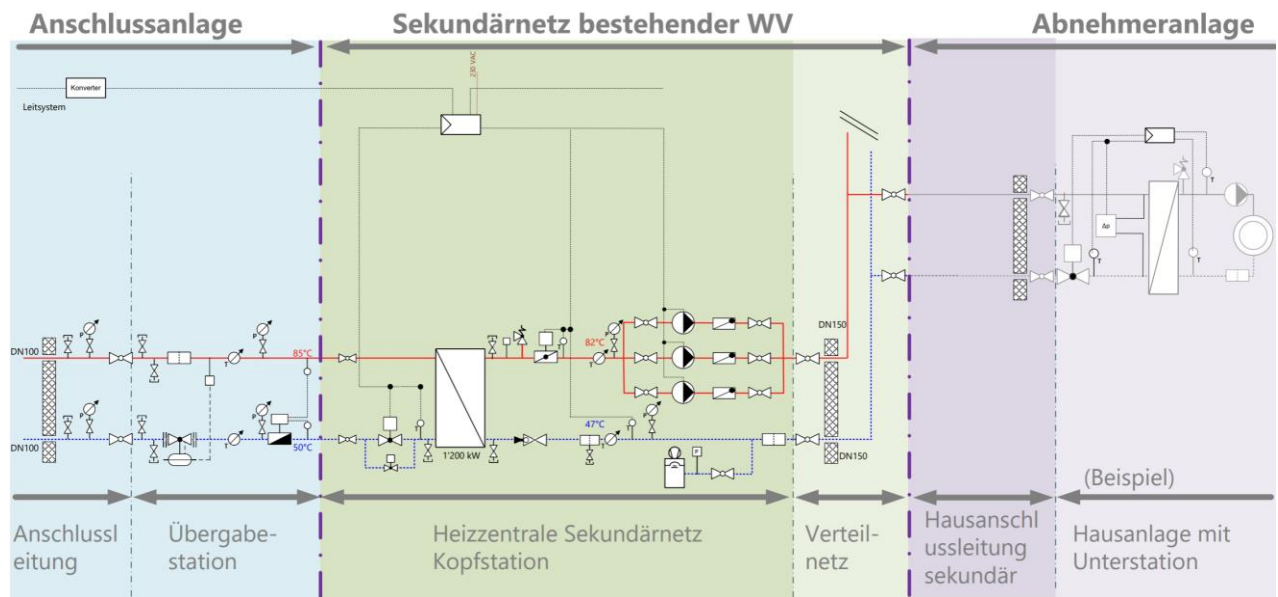


Abbildung 9: Schema UEST WVL1

Anforderungen Kopfstation	▪ Leistungsbedarf maximal (Ausbauszenario)	1200 kW
	▪ Leistungsbedarf minimal (Sommer heute)	50 kW
	▪ VL-Temp. primär Winter	85°C
	▪ VL-Temp. primär Sommer	70°C
	▪ RL-Temp. primär	50°C
	▪ VL-Temp. sekundär Winter, max.	80°C
	▪ VL-Temp. sekundär Sommer	67°C
	▪ RL-Temp. Sekundär (Zielgrösse)	47°C

6.2.1 Pumpen

Es werden 3 Pumpen a 50% Volumenstrom eingesetzt. Mit 2 Pumpen kann die maximale Leistung von 1200 kW gefördert werden.

6.2.2 Druckhalte- und Expansionsanlage

Alle intakten Komponenten der bestehenden Expansionsanlage in der Zentrale HSO werden an den neuen Standort verlegt. Falls nötig, werde Aggregate erneuert.

7 Investitionskosten

Die Investitionskosten belaufen sich auf **5.5 Mio. CHF**. Nachfolgend ersichtlich sind die aufgeschlüsselten Kosten:

Investitionskostenschätzung Bauprojekt	Total
WT-Station Flexbase	540'000
<i>Bauliches</i>	20'000
<i>HLK Installationen</i>	340'000
<i>EMSRL</i>	180'000
Verbindungsleitung	3'630'000
<i>Rohrbau</i>	1'400'000
<i>Tiefbau</i>	2'230'000
UEST WV1	200'000
<i>Bauliches</i>	15'000
<i>Wärmeverteilung</i>	160'000
<i>EMSRL</i>	20'000
Nebenkosten / UVG / Rundung	470'000
Honorare	680'000
TOTAL	5'520'000

Tabelle 1: Investitionskosten Bauprojekt

Die veranschlagten Kosten beinhalten den Bau der Verbindungsleitung (Hauptleitung), die erforderlichen Installationen in der WT-Station Flexbase zur Wärmeauskopplung und Wärmeverteilung, sowie der Wärmeübergabestation zur Versorgung des WV1. Die Kosten für die Quartierschliessungen (Neben- und Hausanschlussleitungen) des gesamten Perimeters Laufenburg aus der MBS sind darin nicht enthalten.

8 Weiteres Vorgehen

Nach Abschluss der Bauprojektphase gemäss SIA 32 folgt die nächste Projektstufe mit dem Baugesuch/Baubewilligungsverfahren (SIA 33) und der Ausschreibungs- und Bewilligungsphase (SIA 41). In diesem Schritt werden die erarbeiteten Planungsgrundlagen weiter verfeinert, um eine detaillierte und marktgerechte Ausschreibung vorzubereiten.

Die nächsten Schritte umfassen:

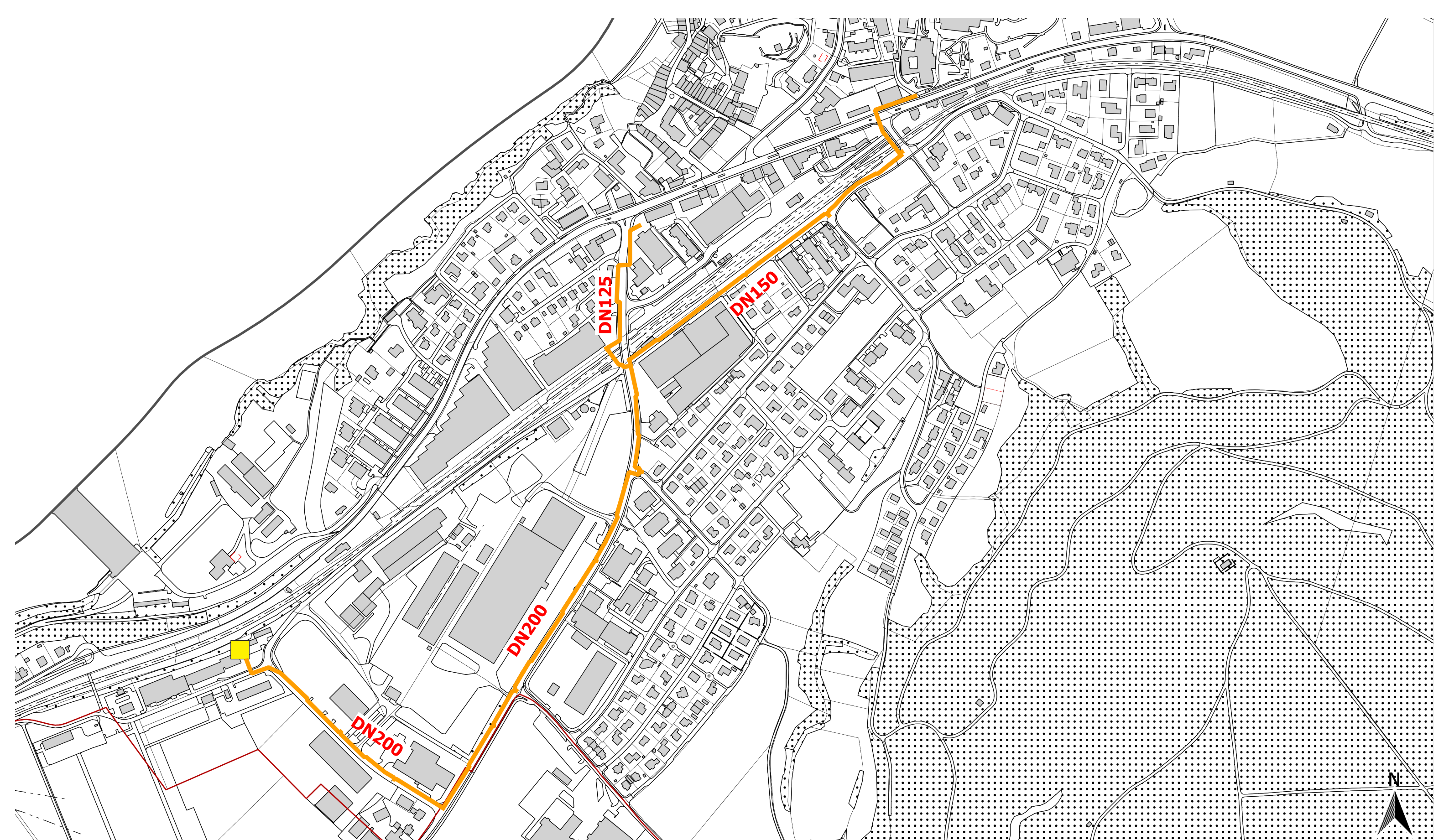
- Genehmigungsprozess und behördliche Abstimmungen
 - Einreichung der erforderlichen Baubewilligungen und Konzessionen
 - Detaillierte Abstimmung mit den Behörden und betroffenen Grundstückseigentümern
 - Klärung letzter rechtlicher und technischer Anforderungen
- Ausschreibung und Vergabe
 - Erstellung der Ausschreibungsunterlagen gemäss SIA-Normen
 - Durchführung der Submission und Vergleich der Offerten



Vergabe der Bauaufträge an geeignete Unternehmen

9 Abbildungsverzeichnis

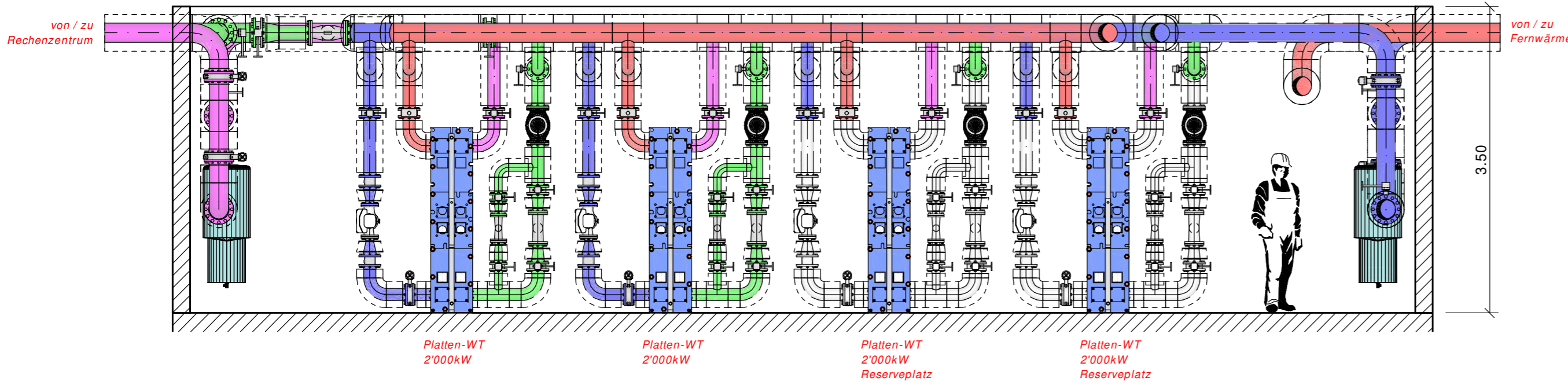
Abbildung 1: Teilgebiete Perimeter Erweiterung WV Laufenburg	10
Abbildung 2: Anschlussentwicklung Wärmebedarf	11
Abbildung 3: Anschlussentwicklung Anschlussleistung	11
Abbildung 4: Jahresdauerlinie Wärmebedarf für das Jahr 2041	12
Abbildung 5: Verlauf Verbindungsleitung	13
Abbildung 6: Absperrkonzept Verbindungsleitung	16
Abbildung 7: Druckauslegung Zentrale Flexbase (Anhang A5)	22
Abbildung 8: Dispositionsplan WT-Station Flexbase	25
Abbildung 9: Schema UEST WVL1	27
Tabelle 1: Investitionskosten Bauprojekt	28

- 10 Anhang**
- 10.1 A1 Plan Leitungsführung Verbindungsleitung**
- 10.2 A2 Dispositionsplan WT-Station Flexbase**
- 10.3 A3 R&I-Schema Zentrale**
- 10.4 A4 Prinzipschema UEST WV1**
- 10.5 A5 Druckauslegung WT-Station**
- 10.6 A6 Pumpenauslegung**
- 10.7 A7 Expansionsberechnungen**
- 10.8 A8 Projektbeschrieb Tiefbau KoPa**
- 10.9 A9 Terminplan**

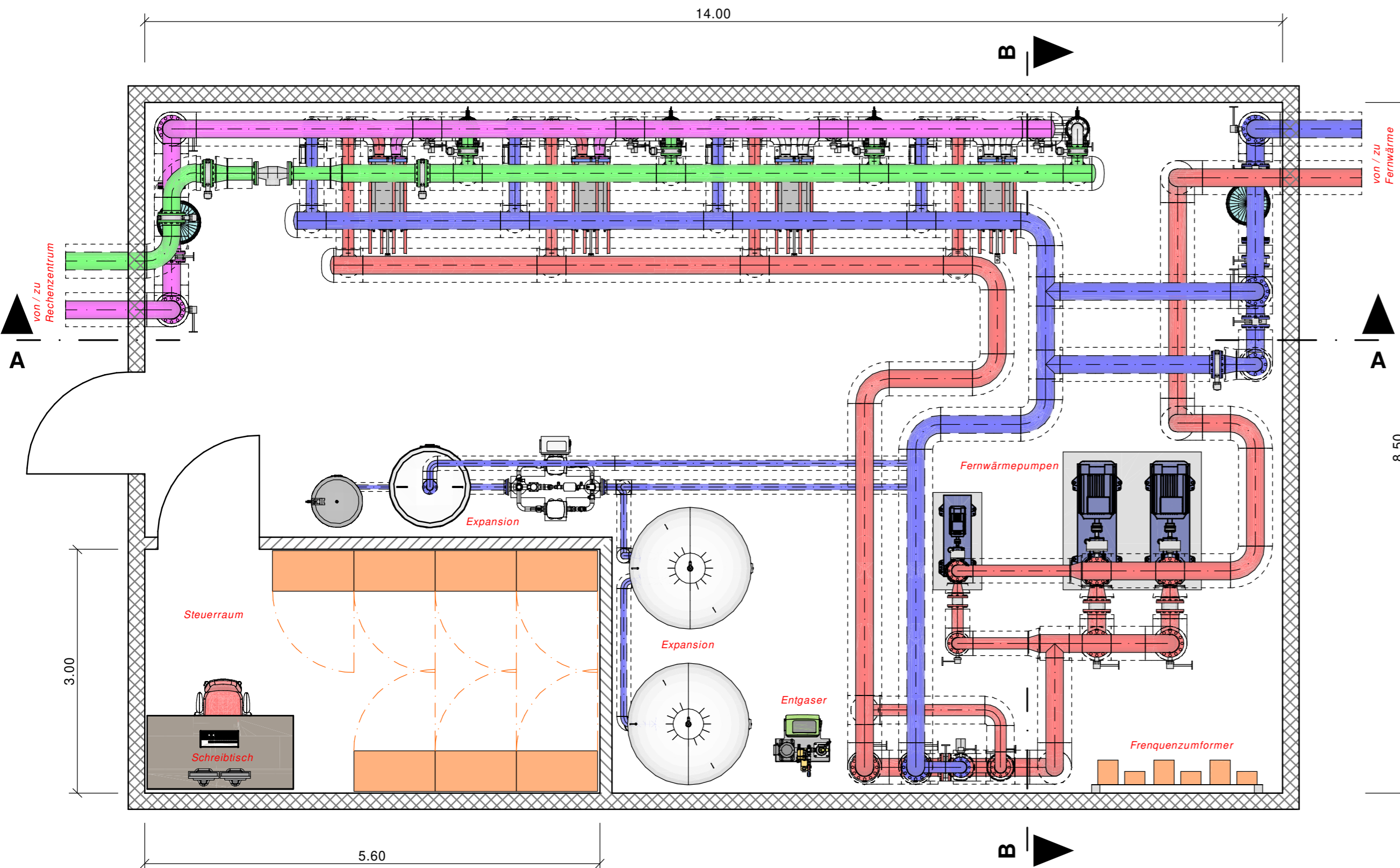
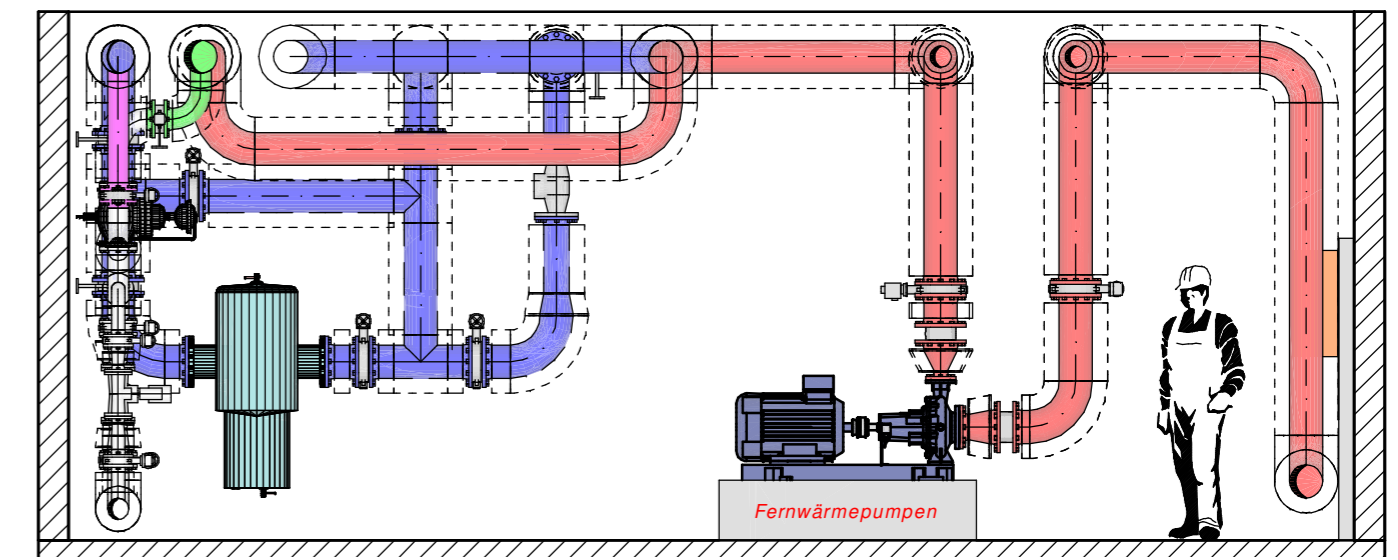


 die Energie-Ingenieure Durena AG Murackerstrasse 6 CH-5600 Lenzburg Durena AG Selnastrasse 3 CH-8001 Zürich	Laufenburg WW - Leitungsführung VL Segmentierung VLtG				
	Gezeichnet: 31.01.2025 / rap	Grösse A3	Projektnummer -	Plan-Nr. -	Rev. 0
Massstab: 1:4500	0 100 200 300 m 				

Schnitt A - A



Schnitt B - B



Medien

- Apparate / Armaturen
- Vorlauf Primär 90°C
- - - Rücklauf Primär 55°C
- Vorlauf Fernwärme
- - - Rücklauf Fernwärme
- Ausbau

M 1:50

0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 [m]



Revision	Beschreibung	Datum / Name
E		
D		
C		
B		
A		

VORABZUG 04.02.2025

Laufenburg Planung HZ

Grundriss + Schnitte Wärmeauskopplung



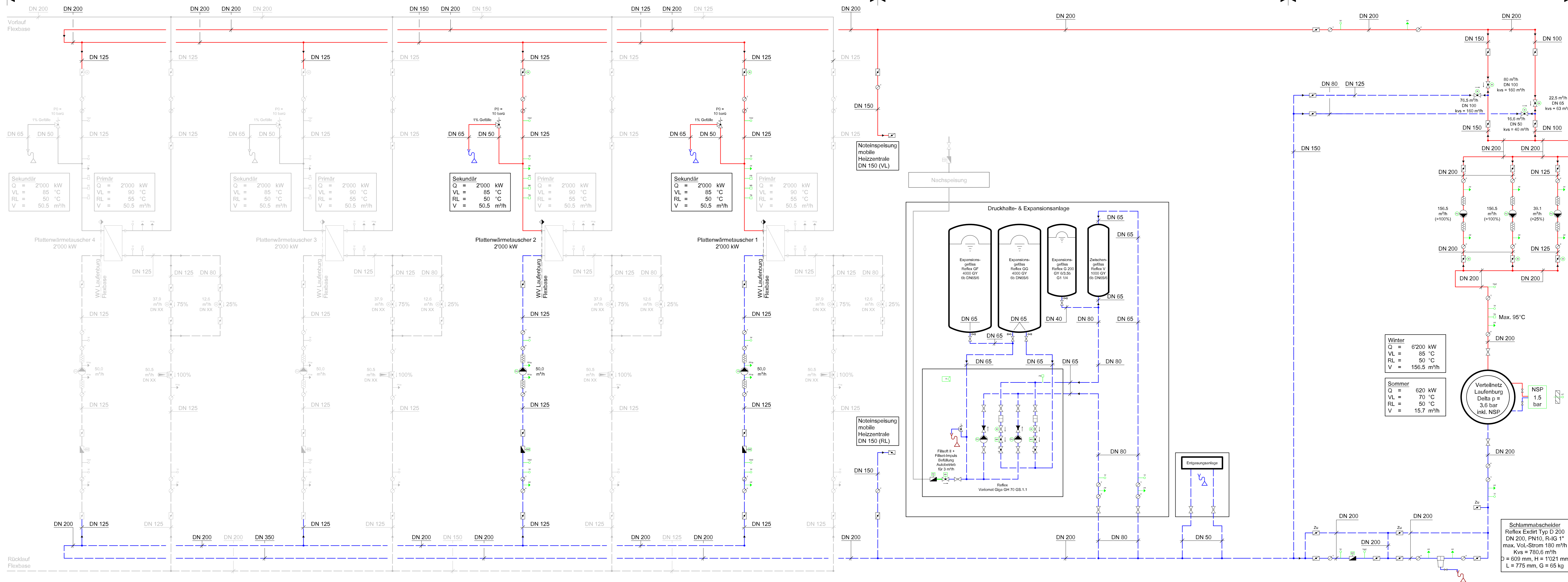
Durena AG | Murackerstrasse 6 | CH-5600 Lenzburg | T +41 62 886 93 71 | durena.ch

Gezeichnet	Stp	Datum	04.02.2025
Geprüft	04.02.2025	Massstab	1 : 50
Plan-Nr.	2024.00.122 101-1	Format	DIN A2
<small>Projekt: ZH/Laufenburg W/Laufenburg VP BP/05_Plan/Schemata/nova/Projekt/2024.00.122/Durena/1-Heizung/Bauplan/101-HE-EG.mxd</small>			
<small>© Die Urheberrechte an den Inhalten sind Eigentum der Durena AG</small>			

Wärmeerzeugungsanlage "Plattenwärmetauscher" inkl. Wärmelieferung Rechenzentrum Flexbase

Noteinspeisung, Druckhalte-, Expansions-, Nachspeisung

Fernwärme-Verteilung



INFORMATIONEN "Wärmezentrale WZ"

Fernwärme Laufenburg (Ausgang WZ) Endausbau (Winterlast) Endausbau (Sommerlast)	6,2 MW 0,62 MW	Auslegungstemperatur FW-Netz Laufenburg Betriebstemperatur Winter (VL) Betriebstemperatur Sommer (VL) Betriebstemperatur Winter (RL) Betriebstemperatur Sommer (RL) max. Betriebstemperatur Rohrstatik (VL) Max. zulässige Betriebstemperatur (VL)	85 °C 70 °C 50 °C 50 °C 95 °C 95 °C
Auslegungstemperatur WZ Betriebstemperatur (VL) Max. zulässige Betriebstemperatur (VL)	85 °C 95 °C	Druckstufe WZ Druckstufe Heizzentrale grundsätzlich Druckstufe Wärmeverteilung ab Pumpengruppe	PN10 PN10

LEGENDE SYMBOLE

<ul style="list-style-type: none"> Rückschlagventil Schmutzfänger Absperrklappe Regulierventil Schwingungsdämpfer Thermometer Manometer (Druck) Sicherheitsventil Absperrarmatur allgemein Kugelhähnen (Heiz-) / Absperrventil (San.) Flexibler Apparateanschluss Reduktion 	<ul style="list-style-type: none"> Absperrklappe Umwälzpumpe mit Frequenzumformer 3-Weg-Ventil mit Stellantrieb 2-Weg-Durchgangsventil mit elektr. Stellantrieb 2-Weg-Magnet-Durchgangsventil Differenzdruck- und Volumenstromregler Wärmezähler Flüssigkeitszähler Magnetflussfilter Raumsensor 	<ul style="list-style-type: none"> Temperaturfühler Druckfühler Temperaturfühler Wärmezähler Temperaturregler Sicherheitstemperaturbegrenzer Temperaturbegrenzer Niveau-Wasserstandsbegrenzer Druckbegrenzer Druckfühler für delta-P-Messung Netzschlechtepunkt (Delta P) Aussetemperaturfühler Einzelregler 	<ul style="list-style-type: none"> Schnittstelle WV Laufenburg / Flexbase
---	--	--	---

Laufenburg WV
R&I-Schema WT-Station Flexbase

DURENA
die Energie-Ingenieure

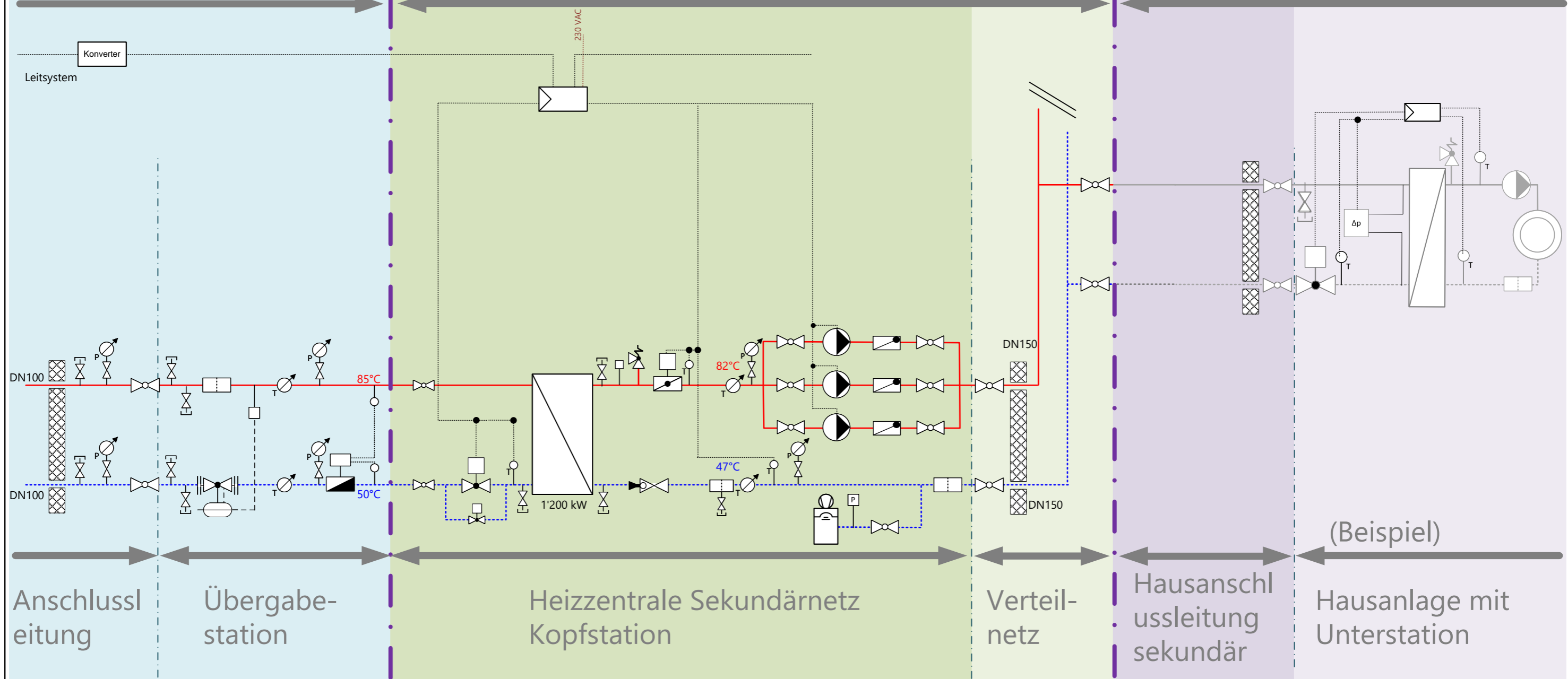
Gezeichnet	Katja Imberthron	Datum	20.02.2025
Geprüft	20.02.2025 Rap	Misstab	1:3%
Plan-Nr.	2024-08-102-1-001	Format	1350 x 930
Laufenburg_20251004_R&I-Zentrale.dwg			

Durena AG | Murackerstrasse 4 | CH-5400 Lenzburg | T +41 62 886 93 71
Durena AG | Schenkerstrasse 3 | CH-8002 Zürich | durena.ch

Anschlussanlage

Sekundärnetz bestehender WV

Abnehmeranlage



Anschlussleitung

Übergabestation


Heizzentrale Sekundärnetz Kopfstation

Verteilnetz

Hausanschlusleitung sekundär

(Beispiel)
Hausanlage mit Unterstation

Rev.	Änderung	Datum	Visum



die Energie-Ingenieure

Durena AG | Murackerstrasse 6 | CH-5600 Lenzburg
Durena AG | Schanzeneggstrasse 3 | CH-8002 Zürich

Laufenburg WV UEST WVL1

Topologie Schnittstellenregelung – vereinfachte Darstellung

Gezeichnet: 19.12.2024 / rap	GRÖSSE A3	Projektnummer 2024.00.122.1	Plan-Nr. -	REV. 0
Geprüft: 20.12.2024 / kla	MASSSTAB 1/%	BLATT 1 VON 1		

Druckauslegung WT-Station Flexbase/ Bauprojekt		
Bodenniveau UG Heizzentrale	313.00	m.ü.M
Höchstes Niveau der Fernwärmeversorgung	331.00	m.ü.M.
Höchstes Niveau der Heizzentrale ab UG	323.00	m.ü.M.
Geodätische Höhe	18.0	m
Dichte Wasser	990.2	kg/m3
Erdbeschleunigung g	9.81	m/s2
statischer Druck Boden UG Heizzentrale:		
geodätischer Druck	1.7	barü
Verdampfungsüberdruck	0.0	barü
Drucküberlagerung Netzhochpunkt	0.5	barü
Reserve 1	1.0	barü
Hysterese Transfero	0.5	barü
oberer Einstelldruck Druckhalteanlage	3.7	barü
unterer Einstelldruck Druckhalteanlage	3.2	barü
maximaler Totaldruck UG Heizzentrale	3.7	barü
gewählter Auslegungsdruck Wärmeerzeuger, Speicher	10.0	barü
gewählte Druckstufe Verrohrung und restliche Komponenten	PN10	
Pumpendruck Fernwärme:		
Trasseelänge bis Netzschlechtpunkt	2'400.0	Tm
Rohrlänge bis Netzschlechtpunkt	4'800.0	Rm
mittlerer, spezifischer Druckverlust	75.0	Pa/m
Druckverlust UST im Netzschlechtpunkt	1.0	barü
Druckverlust innerhalb Heizzentrale	0.4	barü
maximal erforderlicher Pumpendruck	5.0	barü
Nullförderhöhe FW-Pumpe	6.0	barü
Maximaler Betriebsdruck Fernwärme	11.0	barü
Maximaler Störfalldruck Fernwärme	12.0	barü
gewählte Druckstufe Fernwärme + UST	PN16	
gewählte Druckstufe Heizzentrale, Bereich FW-Pumpen	PN10	

Auslegung Umwälzpumpen / Pumpenleistungen Laufenbrug WV Bauprojekt

Variante		FW-Pumpe Winter 2 x 100%	FW-Pumpe Sommer 1 x 100%	Quelle / Bemerkungen
Pumpenart		FW-Pumpe Winter	FW-Pumpe Sommer	
Konfiguration		2 x 100%	1 x 100%	
Medium		Wasser 60°C	Wasser 60°C	
Anzahl Pumpen		2	1	
Anteil Volumenstrom je Pumpe	%	100%	100%	
Wärmeleistung Medium je Pumpe	kW	6'200.0	600.0	
Volumenstrom je Pumpe	m3/h	155.0	26.2	
	m3/s	0.0431	0.0073	
	l/min	2'583	437	
	l/s	43.1	7.3	
maximaler Volumenstrom des Systems	m3/h	155.0	26.2	
Auslegungstemperatur Vorlauf	°C	85.0	70.0	
Auslegungstemperatur Rücklauf	°C	50.0	50.0	
Delta T Auslegung	°C	35.0	20.0	
Druckanteile variabel (volumenstromabhängig):				
Druckverlust Fernwärme Rohrleitungen	Pa	360'000	10'000	
Druckverlust in Zentrale	Pa	40'000	5'000	
Reserve 0%	Pa			
Druckverlust variabel total, Maximum:	Pa	400'000	15'000	
Druckanteil fix (konstanter Sollwert):				
geodätischer Druckverlust	Pa	0	0	
Druckverlust UST Netzschlehtpunkt	Pa	100'000	80'000	
Reserve 0%	Pa			
Druckverlust fix	Pa	100'000	80'000	
Druckverlust total im Betriebspunkt	Pa	500'000	95'000	
Förderhöhe je Pumpe	m WS	51.0	9.7	
Betriebsdauer pro Jahr (indikativer Wert)	h/a	2'500	2'500	
hydraulische Umwälzleistung	kW	21.5	0.7	
Wirkungsgrad Umwälzpumpe (inkl. E-Motor)	%	75.0%	75.0%	Zirka-Wert
elektrische Pumpenleistung	kW	28.7	0.9	
jährlicher Stromverbrauch Umwälzung	kWh/a	71'752	2'309	
Total elektrische Pumpenleistung	kW	29.7		
Total jährlicher Stromverbrauch Umwälzung	kWh/a	74'246		

Berechnung Anlage-Inhalt und Ø-Wassertemperaturen

Datum, Verfasser:				Ergebnis	Titel	Formel	Eingabe
2024.00.122.1 / Rap / 09.12.2024							
Projektname:	Laufenburg Bauprojekt						
Berechnung nach SWKI HE301-01 (Ausgabe 2020-08)				Auslegetemperaturen			
Beschreibung	Anzahl/ Anteil	Wasserinhalt pro Einheit	Wasserinhalt total	VL max.	RL max.	Ø VL/RL max.	
	[Stk]	[Liter]	[Liter]	°C	°C	°C	
Wärmeerzeuger (WEZ)							
WT-Station	1	8'000	10'000	95	50	73	
Wärmeerzeuger 2 (Bsp. Kessel, WP, AWT, Eco, etc.)			0			0	
Reservezuschlag in [%]	0%		0			0	
			10'000			73	
Speicheranlage (SA)							
Speicher 1	4	0	0	80	80	80	
Reservezuschlag in [%]	0%		0	-	-	-	
			0			0	
Wärmeverteilung / Fernwärme							
Rohrleitungen innerhalb Heizzentrale	1	1'000	1'000	85	50	68	
Verbindungsleitung	1	100'000	100'000	85	50	68	
Nebenleitungen	1	20'000	20'000	85	50	68	
Altstadt	1	33'740	33'740	85	50	68	
			0			0	
Reservezuschlag in [%]	20%		30'948			0	
			185'688			68	
Sonstiges (SS)							
	1	0	0	85	55	70	
			0			0	
Reservezuschlag in [%]	0%		0			0	
			0			0	

Ergebnis Anlage-Wasserinhalt und Ø-Wassertemperaturen (gesamte Anlage)

Beschreibung	Wasserinhalt total		Ø VL/RL max.
Wasserinhalt, Ø Temperatur VL/RL (ohne Speicher; nur WEZ+WV+SS)	195'688		68
Wasserinhalt, Ø Temperatur VL/RL (nur Speicher; nur SA)	0		0
Wasserinhalt, Ø Temperatur VL/RL (gesamte Anlage; WEZ+SA+WV+SS)	195'688		68

Berechnung Ausdehnungsvolumen

Ergebnis	Titel	Formel	Eingabe
----------	-------	--------	---------

Beschreibung	Zahlenwert	Einheit	Zusatzinfo
Berechnungsgrundlagen			
Wasserinhalt total (ohne Speicher; WEZ+WV+SS)	V_{sys}	195'688	[Liter]
Wasserinhalt total (nur Speicher; SA)	V_{sto}	0	[Liter]
Zuschlagsfaktor zur Bestimmung Vorlagevolumen V_{WT}	X	1.0	[-] Faktor siehe Figur 5
Massgebende Mitteltemperatur (für Ø VL/RL max.; ohne Speicher)	tm_1	68	[°C] siehe Tabelle 1
Ausdehnungskoeffizient (für Ø VL/RL max.; ohne Speicher)	e_1	0.017	[-] siehe Tabelle 1
Massgebende Mitteltemperatur (für Ø VL/RL max.; nur Speicher)	tm_2	0	[°C] siehe Tabelle 1
Ausdehnungskoeffizient (für Ø VL/RL max.; nur Speicher)	e_2	0.048	[-] siehe Tabelle 1

Ausdehnungsvolumen (mit und ohne Speicher)			
Ausdehnungsvolumen (ohne Speicher; WEZ+WV+SS)	V_{ex1}	3'327	[Liter]
Vorlagevolumen (ohne Speicher; WEZ+WV+SS)	V_{WT}	0	[Liter]
Ausdehnungsvolumen (ohne Speicher; mit Vorlagevolumen; WEZ+WV+SS)	V_{ex1+WT}	3'327	[Liter]
Ausdehnungsvolumen (nur Speicher; SA)	V_{ex2}	0	[Liter]

Ergebnis Ausdehnungsvolumen (gesamte Anlage)			
Beschreibung		Ausdehnung total	Ø VL/RL max.
Ausdehnungsvolumen (gesamte Anlage; WEZ+SA+WV+SS)	V_{extot}	3'327	[Liter]

Basis-Grundlagen (Quelle: SWKI HE301-01 - Ausgabe 2020-08)

3.2.4 Bestimmung des Ausdehnungs- und Vorlagevolumens

Die Berechnung des Ausdehnungs- und Vorlagevolumens für die Dimensionierung der Ausdehnungsgefäße erfolgt anhand nachfolgender Gleichungen:

$$V_{ex} = V_{sys} \cdot e \tag{1}$$

$$V_{ex,tot} = V_{sys} \cdot e \cdot X = V_{ex} + V_{vr} \tag{2}$$

$$V_{vr} = V_{ex} \cdot (X - 1) \tag{3}$$

Der gesamte Inhalt des Systems V_{sys} (Anlageinhalt) ist zu berechnen. Bei Heizungsanlagen mit Speicher ist die Ausdehnung des Speichervolumens ohne den Zuschlagsfaktor X zu ermitteln, da sich sonst ein zu grosses Vorlagevolumen ergeben würde. Für $V_{ex,tot}$ gilt dann:

$$V_{ex,tot} = (V_{sys} \cdot e \cdot X) + (V_{sto} \cdot e) \tag{4}$$

- V_{ex} Ausdehnungsvolumen, in dm^3
- $V_{ex,tot}$ Ausdehnungsvolumen mit Vorlagevolumen, in dm^3
- V_{sys} gesamtes Volumen des Systems ohne Speicher, in dm^3
- V_{vr} Vorlagevolumen, in dm^3
- V_{sto} Speichervolumen, in dm^3
- e Ausdehnungskoeffizient (Tabelle 1)
- X Zuschlagsfaktor für Vorlagevolumen (Figur 5)

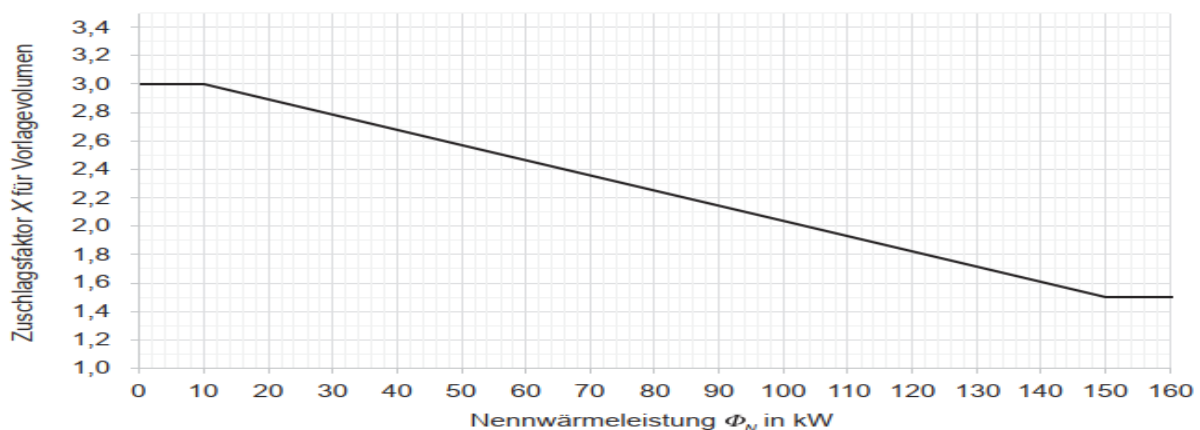
Tabelle 1 zeigt den Ausdehnungskoeffizienten e bei Erhöhung der Temperatur des Wärmeträgermediums von 10 °C auf die in der Tabelle angeführten Temperaturen.

Tabelle 1 Ausdehnungskoeffizient e

Temperatur °C	Wasser	30 Vol-% Frostschutz-Anteil	40 Vol-% Frostschutz-Anteil
30	0,004	0,013 ¹⁾	0,017 ¹⁾
40	0,0075	0,016 ¹⁾	0,021 ¹⁾
50	0,012	0,021 ¹⁾	0,024 ¹⁾
60	0,017	0,026 ¹⁾	0,030 ¹⁾
70	0,023	0,031 ¹⁾	0,036 ¹⁾
80	0,029	0,038 ¹⁾	0,043 ¹⁾
90	0,036	0,044 ¹⁾	0,050 ¹⁾
100	0,0434	0,052 ¹⁾	0,058 ¹⁾
110	0,052	0,060 ¹⁾	0,073 ¹⁾

¹⁾ Richtwerte: Der Ausdehnungskoeffizient ist abhängig von der Frostschutzmittelart und vom Frostschutzmittelanteil.

Figur 5 Zuschlagsfaktor X zur Bestimmung des Vorlagevolumens



Für die Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten e wird die jeweilige mittlere Auslegungstemperatur zwischen Vor- und Rücklauf berücksichtigt. Weisen Teile einer Heizungsanlage, z. B. Primär- und Sekundärkreis, unterschiedliche Temperaturen auf, ist $V_{ex,tot}$ für jeden Anlagenteil separat zu bestimmen und anschliessend die Summe zu bilden.

Für die Ermittlung des Ausdehnungsvolumens von Speichern ist zur Bestimmung von e die maximale Speichertemperatur zu berücksichtigen.

Wärmeverbund Laufenburg | Zubringerleitung – Projektbeschreibung Tiefbau

Allgemeines

Die Zubringerleitung des Wärmenetzes der Stadt Laufenburg wird vom neuen Technologiezentrum auf dem ehemaligen Areal der Swissgrid über die Werkstrasse, Kantonsstrasse K130 und der hinteren Bahnhofstrasse zur Stadt geführt. Für die Erschliessung von Wohngebieten im westlichen Teil Laufenburgs und der Verbindung zur Altstadt sind 2 Querungen des SBB-Trasses sowie eine Querung der Kantonsstrasse K130 vorgesehen.

Querungen

Die Querung 1 SBB ist beim Areal Balteschwiler (Bahnübergang West) und die Querung 2 beim Schützenweg (Bahnübergang Ost) vorgesehen. Die Querung 2 soll auch die Kantonsstrasse K130 für die Zuleitung zur Altstadt unterqueren. Die Startgruben und Zielgruben sind jeweils ausserhalb der Strasse vorgesehen, um Verkehrsbehinderungen zu vermindern.

Für die 1. Querung ist ein Stahlschutzrohr DN 600 vorgesehen. An dieser Stelle kann ein Fernwärme DUO-Rohr DN125/450 eingeschoben werden. Es derzeit keine weiteren Werke für diese Querungen vorgesehen.

Für die 2. Querung hat die Stromversorgung mit 3x DN120 + 1x DN80 Kabelschutzrohren Bedarf angemeldet. Aufgrund dessen und der örtlichen Gegebenheiten durch bestehende Werkleitungen sind hier zwei Bohrungen 1x DN350 oder 400 (Elektroversorgung) und 1x DN800 (Wärmeversorgung DUO-Rohr DN150/500) vorgesehen. Die Querung 2 wird in zwei Abschnitte aufgeteilt. Abschnitt 1 für die Querung der Bahngleise und Abschnitt 2 für die Kantonsstrasse. Beide Abschnitte sollen sich dieselbe Startgrube teilen. Die Bohrachse ist auf ca. - 4.10m unter dem bestehenden Terrain vorgesehen. Die Tiefe ergibt sich aufgrund der Dimension des Stahlschutzrohres, der bestehenden Werkleitungen (Abwasser + Wasserversorgung) im Schützenweg sowie der minimalen Überdeckung zum Bahntrasse von 2.00m.

Spülbohrungen sind seitens SBB untersagt. Für die Querung bietet sich das Hammerbohrverfahren (Imlochbohrung) an.

Koordination mit weiteren Werken

Stromversorgung

In der Werkstrasse, sowie der hinteren Bahnhofstrasse sind Ausbauprojekte der Stromversorgung geplant, welche mit den Tiefbauarbeiten der Fernwärme koordiniert werden.

Wasserversorgung

Der Kanton plant die Sanierung der Kantonsstrasse K462. Aufgrund der Dringlichkeit der Fernwärmezubringerleitung sowie der sinnvollen Baureihenfolge, sollen die Leitungen vor der Strassensanierung verlegt werden. Um die Synergien der Grabarbeiten zu nutzen, soll der im Rahmen der Sanierung K462 vorgesehene Ersatz der Wasserleitung zusammen mit den Fernwärmeleitungen erfolgen. Die Linienführung der geplanten Wasserleitung wurde dementsprechend an die Fernwärmeleitungen angepasst, um einen gemeinsamen Grabenquerschnitt möglichst effizient nutzen zu können. Derselbe Ablauf findet sich in der hinteren Bahnhofstrasse wieder, wo die Wasserversorgung Laufenburg ebenfalls die alte Wasserleitung im Rahmen des Fernwärmeausbaus erneuern möchte.

Drittprojekt und Strassenbau

Im Rahmen des Ausführungsprojektes sollen alle verbliebenen Werke (Kommunikationswerke etc.) zwecks Koordinationsbedarf kontaktiert werden. Derzeit ist lediglich der Ausbau der erwähnten Werkleitungen mit der Fernwärme vorgesehen und die Belagsflächen analog Bestand wiederhergestellt. Strassenbauprojekte im gesamten Projektperimeter sind seitens der Stadt aufgrund des priorisierten Fernwärmeausbaus derzeit nicht vorgesehen.

