

ABWÄRMENUTZUNG ARA BACHWIS FÜR DIE GEMEINDE FÄLLANDEN

MACHBARKEITSSTUDIE



Baden, Juni 2024

Gemeinde Fällanden
Abteilung Tiefbau und Werke
Schwerzenbachstrasse 10
8117 Fällanden



HOLINGER AG

Mellingerstrasse 207, CH-5405 Baden

Telefon +41 56 484 85 00

baden@holinger.com

Version	Datum	Sachbearbeitung	Kontrolle	Verteiler
V1	19.04.2024	Franziska Gentgen Maciej Kawecki	Simon Ambühl	Gemeinde Fällanden
V2	26.04.2024	Maciej Kawecki	Simon Ambühl	Gemeinde Fällanden
V3	15.05.2024	Maciej Kawecki	Simon Ambühl	Gemeinde Fällanden
V4	22.05.2024	Maciej Kawecki	Simon Ambühl	Gemeinde Fällanden
V5	20.06.2024	Maciej Kawecki	Simon Ambühl	Gemeinde Fällanden

MBS_AWN_Bachwis_V5.docx

INHALTSVERZEICHNIS

GLOSSAR	5
1 EINLEITUNG	6
1.1 AUSGLANGLAGE	6
1.2 GRUNDLAGEN	6
1.3 VORGEHEN	6
2 NIEDERTEMPERATURNETZ	8
2.1 FUNKTIONSPRINZP	8
2.2 BESTEHENDES NETZ	8
3 BEDARFSERFASSUNG	9
3.1 VERSORGUNGSGEBIET	9
3.2 BESTEHENDE BEDARFE	9
3.3 ERMITTLUNG GIS	9
3.4 BEDARFSERMITTLUNG	10
4 ENERGIEPOTENTIAL ARA	13
4.1 BESTEHENDES NETZ	13
4.2 AUSBAU DER ARA	13
4.3 DATENGRUNDLAGE	14
4.4 TEMPERATUR	14
4.5 DURCHFLUSS	15
4.6 POTENTIAL	15
4.6.1 Potential ARA angepasst an Wärmebedarf	16
5 WÄRMEVERSORGUNG	18
5.1 LEITUNGSVERLAUF BESTEHENDES NETZ	18
5.2 LEITUNGSVERLAUF NEU	19
5.2.1 Variante 1: Querung Kernzone	19
5.2.2 Variante 2: Bachquerung unterhalb Unterdorfstrasse / Schwerzenbachstrasse	20
5.2.3 Variante 3: Nutzung bestehendes Netz	21
6 KOSTENSCHÄTZUNG	24
6.1 INVESTITIONSKOSTEN	24
6.2 BETRIEBSKOSTEN	25
6.3 GESTEHUNGSPREIS	27
7 BEISPIEL-ENERGIEZENTRALEN	28
7.1 INVESTITIONSKOSTEN	28
7.2 BETRIEBSKOSTEN	29

7.3	GESTEHUNGSPREIS	29
8	BEISPIEL-EINFAMILIENHAUS	31
8.1	INVESTITIONSKOSTEN	31
8.2	BETRIEBSKOSTEN	31
8.3	WÄRMEPREIS HAUSBESITZER	32
9	BESTEHENDES NETZ	33
10	TERMINPLAN	34
11	SCHLUSSFOLGERUNG	36

GLOSSAR

Abwärme	verwertbare Niedertemperaturwärme aus gereinigtem Abwasser
Nutzwärme	Dem Endverbraucher zugestellte Wärme zum direkten Gebrauch für Heizzwecke und Warmwasser
kW	thermische Leistung auf Temperaturniveau Abwärme
kW th.	thermische Leistung auf Temperaturniveau Nutzwärme
kW el.	elektrische Leistung
kalte Fernwärme	Fernwärme, welche auf Abwärme-Temperaturniveau vertrieben wird

1 EINLEITUNG

1.1 AUSGLANGLAGE

Der Gemeinderat von Fällanden wünscht die Untersuchung zur Möglichkeit der energetischen Nutzung des gereinigten Abwassers der ARA Bachwis in Fällanden um die CO₂ Emissionen der Gemeinde Fällanden zu reduzieren. Im Zuge des Ausbaus der ARA Bachwis (geplante Inbetriebnahme 2028) werden ebenfalls weitere Einwohner an die ARA angeschlossen und das abwasserseitige Wärmepotential somit erhöht.

Es ist bereits ein Industriegebiet mit kalter Fernwärme an der ARA Bachwis angeschlossen. Aufgrund des grossen Interesses der Gebäudebesitzer in den beiden Gebieten Unterdorf und Fällanden Ost wird die Machbarkeit des Fernwärmenetzausbaus überprüft. Der grobe Wärme- und Leistungsbedarf der zu untersuchenden Gebiete liegt vor.

Die Machbarkeitsstudie soll ein machbares Anlagenkonzept zur energetischen Nutzung von gereinigtem Abwasser der ARA Fällanden aufzeigen, die Trassenführung eines Netzes vorschlagen und die Investitionskosten so abschätzen, dass ein Business-Case gerechnet werden kann.

1.2 GRUNDLAGEN

- Projektunterlagen bestehender Wärmeverbund der ewz
- ARA Bachwis, Stundenwerte 2021-2024 (Temperaturen und Mengenflüsse)
- Angaben zu den Wärmebedarfen der Gebiete
- Abschätzungen Ausbaupotential
- Begehung der ARA Bachwis mit Michael Schwarz am 19.02.2024

1.3 VORGEHEN

Die Machbarkeitsstudie soll ein mögliches Anlagenkonzept zur energetischen Nutzung von gereinigtem Abwasser der ARA Bachwis in ausgebautem Zustand aufzeigen, wobei ebenfalls die Trassenführung des Netzes dargestellt werden soll. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung eines technisch realisierbaren und wirtschaftlich tragfähigen Konzepts für die Versorgung mit kalter Fernwärme in Fällanden unter Berücksichtigung der gegebenen Rahmenbedingungen. Die erzielten Ergebnisse werden eine Kostenzielgenauigkeit von +/- 30% aufweisen.

Schritt 1: Erfassung des Bedarfs in der Gemeinde Fällanden

Der Wärme- und Leistungsbedarf der Gebäude im Gebiet ist bekannt. Aufgrund unzureichender Daten wurden der Wärmebedarf der nicht definierten Gebäude anhand der Gebäudefläche und Kennzahlen bestimmt. Eine Begehung der ARA Fällanden erfolgte, um die bestehende Wärmeentnahme zu besichtigen und die notwendigen Anpassungen der bestehenden wie auch der geplanten Wärmenahme im Zuge des ARA-Ausbaus vor Ort zu besprechen.

Schritt 2: Analyse und Bestimmung der technischen Rahmenbedingungen der ARA

Die Grundlagen der Abwassermengen und -temperaturen im ausgebauten Zustand werden analysiert. Durch die Auswertung der Daten wird das mögliche Wärmepotential ermittelt, wel-

ches durch die ARA bereitgestellt werden kann. Berücksichtigt wird dabei die schon bestehende Wärmenutzung für Fernwärme des Industriegebiets. Ebenfalls in Betracht gezogen wird die bereits bestehende Abwasserwärmenutzung und bauliche Anpassungen, um die Abwasserwärmenutzung technisch umzusetzen (Pumpensumpf, Pumpenzentrale, etc.).

Schritt 3: Technische Untersuchung des Konzepts

Basierend auf den Rahmenbedingungen der ersten beiden Schritte erfolgt eine Dimensionierung des geplanten Energieverbundes. Durch eine Bewertung der Anschlussdichte aufgrund der Interessensbekundungen wird technisch untersucht, ob die Wärmeversorgung bei den Kunden über eine gemeinsame Heizzentrale oder individuelle Heizung erfolgen soll.

Dabei werden alle notwendigen Anlagenteile auf Erzeuger- sowie Verbraucherseite und die Wärmenetzleitungen grob dimensioniert. Es werden mögliche Leitungsführungen zur Erschliessung der Gebiete ausgearbeitet unter Berücksichtigung mit dem bereits angeschlossenen Industriegebiet. Zusätzlich werden in Abstimmung mit der Gemeinde Ausbauprojekte für die Infrastruktur identifiziert (z.B. anstehende Erneuerungen der Wasserversorgungsleitungen oder andere Tiefbauarbeiten) und soweit möglich Synergien genutzt.

Schritt 4: Wirtschaftliche Kennzahlen und Terminplan

In diesem Schritt wird die wirtschaftliche Bewertung der entwickelten Konzepte untersucht. Hierzu gehört die Kalkulation der Investitionskosten mit einer Zielgenauigkeit von +/- 30% und der Betriebskosten anhand von Unternehmerofferten, Beizug von Experten und Referenzprojekten. Es werden mögliche Förderbeiträge für Abwasserwärmenutzungen ausgewiesen (kantonale Förderungen, Beiträge der Stiftung Klik). Anhand der Kosten wird ein Vorschlag zur Struktur des Wärmelieferungsvertrags mit Leistungs- und Arbeitspreis erstellt und die Wärmekosten für Kunden ausgewiesen. Das erarbeitete Modell soll die langfristige finanzielle Leistungsfähigkeit des Projekts sicherstellen, dass es sowohl technisch als auch wirtschaftlich tragfähig ist.

Zusätzlich wird ein möglicher Terminplan zur Umsetzung und Inbetriebnahme des Fernwärmnetzes erarbeitet. Auf Basis der Informationen (Angaben zum Alter der Heizung) lässt sich die sinnvolle Etappierung des Fernwärmeausbaus ableiten.

Schritt 5: Dokumentation der Ergebnisse

Abschließend werden die Analysen, Konzepte und wirtschaftlichen Kennzahlen in einer klaren und verständlichen Form dokumentiert. Diese Dokumentation dient als Grundlage für die Präsentation der Ergebnisse. Sie beinhaltet auch Empfehlungen für das optimale Konzept, basierend auf den technischen und wirtschaftlichen Bewertungen. Es werden passende Anlagenbeschriebe, Prinzipschemen und Grundrisszeichnungen erstellt und vorgestellt.

2 NIEDERTEMPERATURNETZ

2.1 FUNKTIONSPRINZP

Ein einfaches Funktionsschema ist in Abbildung 1 gezeigt.

Das geplante Niedertemperaturnetz nutzt die Abwärme des gereinigten Abwassers der ARA Bachwis. Diese Wärme wird anhand eines Wärmetauschers in das Verteilnetz des Niedertemperaturnetzes gebracht. Anschliessend wird diese Niedertemperaturwärme über das Verteilnetz an die Verbraucher geliefert. Die Verbraucher entnehmen diese Wärme über ihre Wärmepumpe, welche die Wärme auf Heiztemperatur und zur Warmwasseraufbereitung anhebt.

Das durch die Wärmeentnahme beim Verbraucher abgekühlte Wasser im Verteilnetz gelangt anschliessend durch die Rückführleitungen des Verteilnetzes zurück in die Energiezentrale, wo es durch das gereinigte Abwasser wieder erwärmt wird. Das Verteilnetz ist ein geschlossener Kreislauf und beinhaltet Trinkwasser ohne Zusatzstoffe (wie beispielsweise Glykol).

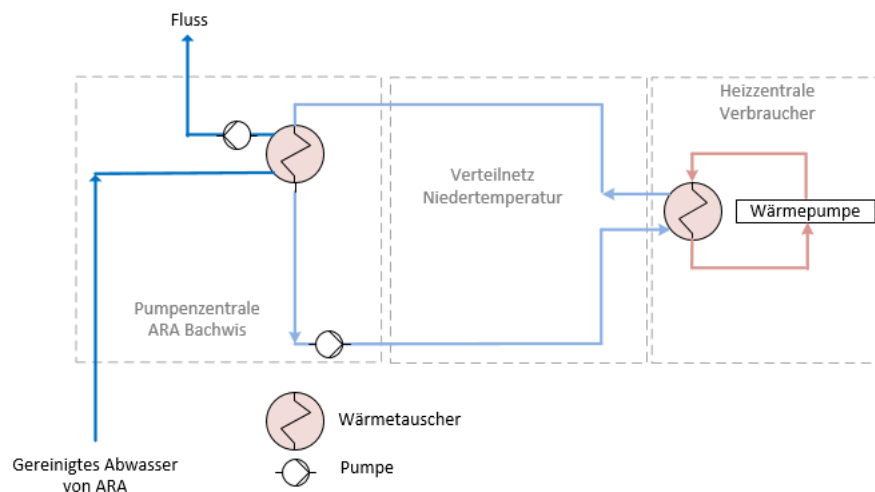


Abbildung 1: Einfaches Funktionsschema Niedertemperaturnetz

2.2 BESTEHENDES NETZ

Es besteht derzeit schon eine Abwasserwärmenutzung auf der ARA Bachwis. Das Wärmenetz ist in Besitz der ewz. Durch das Wärmenetz wird aktuell ein Industriegebiet mit Wärme versorgt. Im Industriegebiet werden 3 Unternehmen versorgt. Die Leistung im Industriegebiet beträgt 600 kW th. Aufgrund des Ausbaus der ARA muss die bestehende Wärmeleitung auf dem Gebiet der ARA neu verlegt werden. Der Entnahmepunkt des gereinigten Abwassers bleibt bestehen.

3 BEDARFSERFASSUNG

3.1 VERSORGUNGSGEBIET

Durch den Auftraggeber wurden Gebiete in der Gemeinde Fällanden identifiziert, welche durch das Niedertemperaturnetz versorgt werden sollen. Diese Gebiete sind in Abbildung 2 abgebildet. Das Industriegebiet wird bereits durch das Wärmenetz mit Wärme versorgt. Das gelbe Gebiet ist das Ausbaugelände Unterdorf, das blaue Gebiet Fällanden Ost.

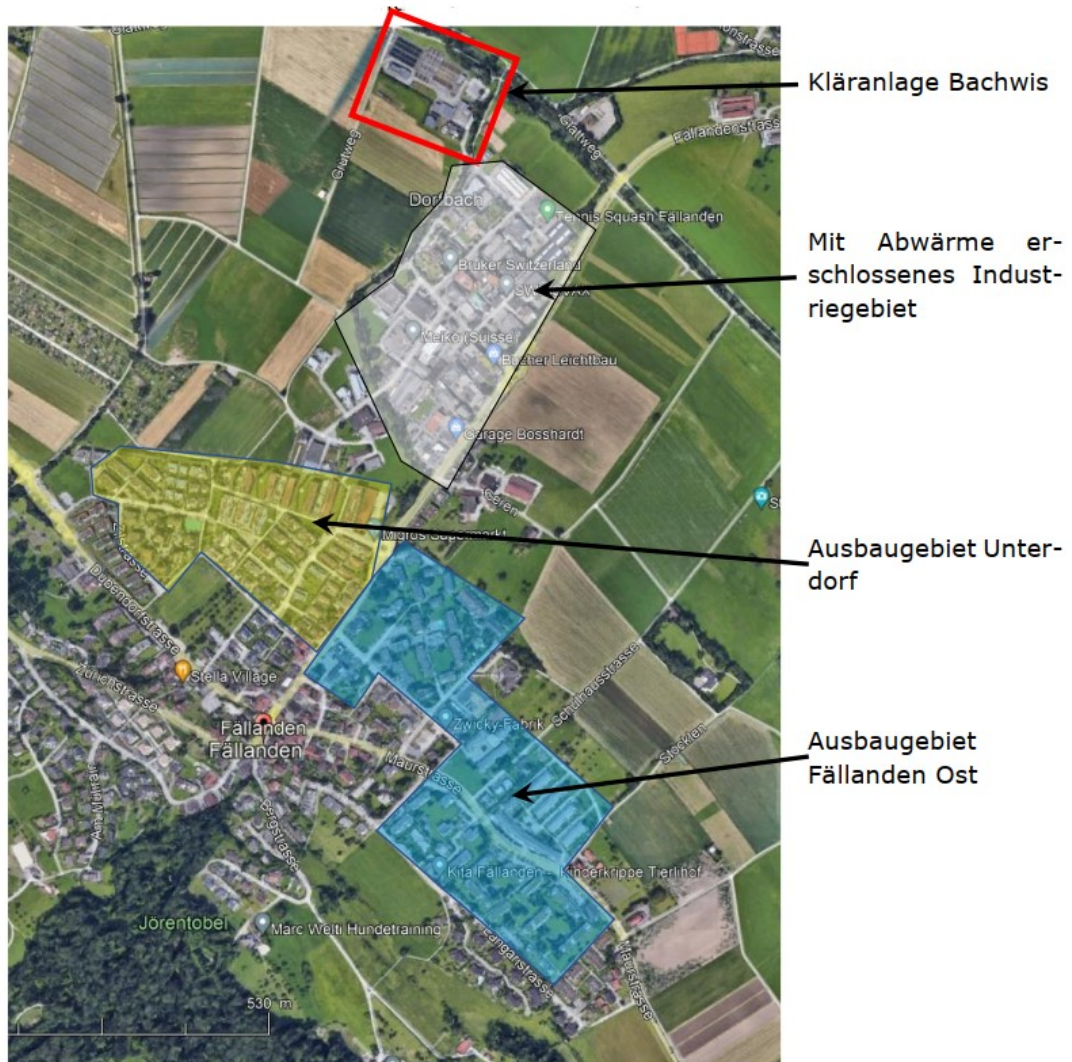


Abbildung 2: Gebiete für die Wärmeversorgung durch Niedertemperaturwärme

3.2 BESTEHENDE BEDARFE

Durch die uns zur Verfügung gestellten Daten zu den Liegenschaften konnte der Wärmebedarf der einzelnen Gebiete ermittelt werden.

3.3 ERMITTLUNG GIS

Der Wärmebedarf der Gebäude, welche nicht durch den Auftraggeber bestimmt wurden,

wurde GIS basiert ermittelt. Dadurch wurde anhand der Grundfläche und der Anzahl Stockwerke die beheizte Nutzfläche abgeschätzt. Durch eine spezifische Heizleistung von $45 \text{ W/m}^2 \cdot \text{a th}$. konnte der Wärmebedarf für jedes Gebäude ermittelt werden.

3.4 BEDARFSERMITTLUNG

Die erfassten Gebäude wurden anschliessend in Abbildung 3 in Gebiete eingeteilt. Das Gebiet gelb und rot befinden sich im Unterdorf. Die Gebiete violett und grün befinden sich im Gebiet Ost. Die blauen Liegenschaften sind durch Erdwärmesonden angeschlossen und werden deshalb nicht weiter betrachtet.



Abbildung 3: Einteilung der Gebiete

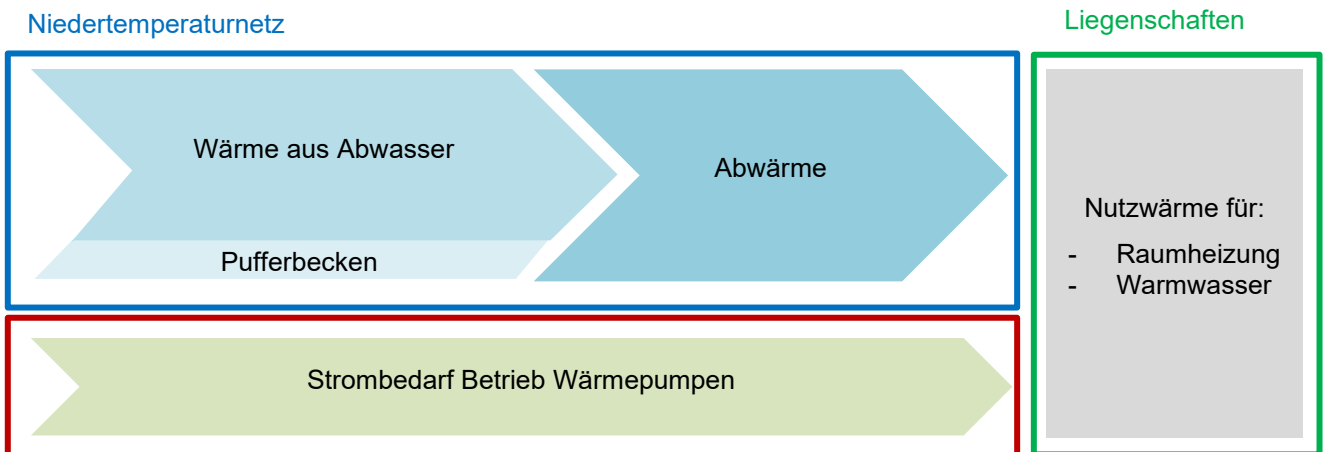
Bei der Ermittlung des Bedarfs durch die Grundflächen wurde der Bedarf für Nutzwärme zur Raumheizung und Warmwasseraufbereitung ausgewiesen. Zusätzlich zu den ermittelten Gebieten wurde noch der bestehende Bedarf des Industriegebiets ausgewiesen.

Zur Ermittlung des Nutzwärmebedarfs wurden folgende Annahmen getroffen:

- COP von 4 für alle Gebäude
- Die Anschlussquote von Einfamilienhäusern mit einer Grundfläche kleiner 100 m² beträgt 70%.
- Die Anschlussquote von Liegenschaften mit einer Grundfläche grösser 100m² beträgt 100%.
- Aufgrund der Anzahl der angeschlossenen Liegenschaften wurde mit einer Gleichzeitigkeit von 75% gerechnet. (75 % der angeschlossenen Gebäude beziehen gleichzeitig die maximale Leistung.)
- 10% der jährlichen Nutzwärmeenergie wird für die Aufbereitung von Warmwasser benötigt. Die restlichen 90% werden für Heizzwecke während der Heizperiode nachgefragt.

Aus der Anschlussquote, dem Gleichzeitigkeitsfaktor und dem gesamten Nutzwärmebedarf wurde der Heizwärme- und Warmwasserbedarf ermittelt. Mit der Annahme von 2'200 Volllaststunden konnte daraus die benötigte Leistung der Gebiete bestimmt werden. Durch den COP der Wärmepumpen wurden Abwärme- und Strombedarf ermittelt. Der COP der Wärmepumpe steht für "Coefficient of Performance" und beschreibt das Verhältnis von Nutzwärme zur aufgewendeten elektrischen Energie. Die Abwärme, ist die Wärme, welche in diesem Fall durch das Wärmenetz zur Verfügung gestellt werden muss.

Die Summe aus der Abwärme und dem Strombedarf ergibt den tatsächlich beim Verbraucher notwendigen Nutzwärmebedarf.



Energiezentrale oder Liegenschaft (bei Einzelanschluss an Niedertemperaturnetz)

Nachfolgend ist der Wärmebedarf der Gebiete aufgelistet.

Tabelle 1: Wärmebedarfsermittlung Energie

Gebiet	Anzahl Liegen- schaften	Heizwärme- und Warmwasser- bedarf [MWh/Jahr th.]	Abwärme [MWh/Jahr]	Strom [MWh/Jahr el.]
Gelb	31	1'880	1'410	470
Rot	46	2'650	1'990	660
Violett	53	5'190	3890	1'300
Grün	144	6'380	4'790	1590
Industriegebiet	3	1'340	1'000	340
Gesamt	277	17'440	13'080	4'360

Anhand des Heizwärmebedarfs und der Annahme von 2'200 Vollaststunden pro Jahr wurde die jeweilige Leistung der verschiedenen Gebiete ermittelt. Werden alle Liegenschaften mit Wärme versorgt, ist eine Wärmeleistung von 6 MW th. notwendig. Diese Wärmeleistung beim Endbezüger besteht bei einem COP von 4 aus 4.5 MW Abwasserwärme und 1.5 MW el. Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpen.

Tabelle 2: Wärmebedarfsermittlung Leistung

Gebiet	Heizwärme- und Warmwasserbedarf [MW th.]	Abwärme [MW]	Strom [MW el.]
Gelb	0.6	0.45	0.15
Rot	0.9	0.68	0.22
Violett	1.8	1.35	0.45
Grün	2.2	1.65	0.55
Industriegebiet	0.5	0.38	0.12
Gesamt	6.0	4.5	1.5

4 ENERGIEPOTENTIAL ARA

4.1 BESTEHENDES NETZ

Der Wärmetauscher ist im EG des Filtrationsgebäudes untergebracht. Dort wird das Abwasser aus dem Reinwasserbecken entnommen und wieder ins gleiche Becken zurückgegeben. Das Reinwasserbecken wird für die Filterspülungen genutzt. Im Normalbetrieb umfasst das Reinwasserbecken ein Wasservolumen von 190m³. Werden die Filter gespült, reduziert sich das Wasservolumen kurzzeitig um 40%.



Abbildung 4: Anlagenteile bestehende Wärmezentrale auf ARA Bachwis

4.2 AUSBAU DER ARA

Die ARA Bachwis wird im Jahr 2029 von aktuell 45'000 EWG auf 90'000 EWG ausgebaut. Durch den Umbau wird auch die ARA Maur angeschlossen und die Abwassermenge erhöht sich um 15%.

Die Umbauten betreffen die bestehende Wärmezentrale fürs bestehende Wärmenetz der ewz nicht. Diese bleibt weiterhin bestehen und wird durch den Umbau nicht beeinträchtigt. Die Filtration wird um 2 Filterzellen erweitert. Dadurch wird ebenfalls das Reinwasserbecken erweitert, wo die bestehende Wärmeentnahme platziert ist. Das Reinwasserbecken hat derzeit eine Grösse von 190m³. Durch die Erweiterung der Filterzellen wird sich das Beckenvolumen auf 250m³ erweitern. Durch die Filterspülungen steht weiterhin nur 60% des Volumens zur Wärmenutzung zur Verfügung. Dadurch können 150m³ für die Wärmenutzung genutzt werden und stehen als Speichervolumen zur Glättung der variierenden Wärmenachfrage zur Verfügung. Im weiteren Planungsverlauf ist zu prüfen, ob das zur Wärmenutzung

auf der ARA zur Verfügung stehende Volumen durch betriebliche Optimierungen bzw. Koordinationen zwischen der Wärmenutzung und den Spülprozessen zeitweise vergrößert werden kann.

4.3 DATENGRUNDLAGE

Das für die Wärmeerzeugung zur Verfügung stehende Wärmepotenzial der ARA hängt von der Zulaufmenge der ARA sowie der Wassertemperatur des Ablaufs ab.

Als Datengrundlage wurden die zur Verfügung gestellten Daten der ARA Bachwis der Jahre 2021, 2022 und 2023 ausgewertet. Diese Daten sind Stundenwerte der Ablaufmenge und der dazugehörigen Temperatur der ARA.

4.4 TEMPERATUR

Abbildung 5 zeigt die Jahresdauerlinie der aufgezeichneten Daten der Jahre 2021, 2022 und 2023. Die Jahresdauerlinie zeigt die Temperaturverteilung sortiert über das Jahr an. Das Temperaturspektrum in beiden Jahren liegt zwischen 7.3°C und 29.2°C.

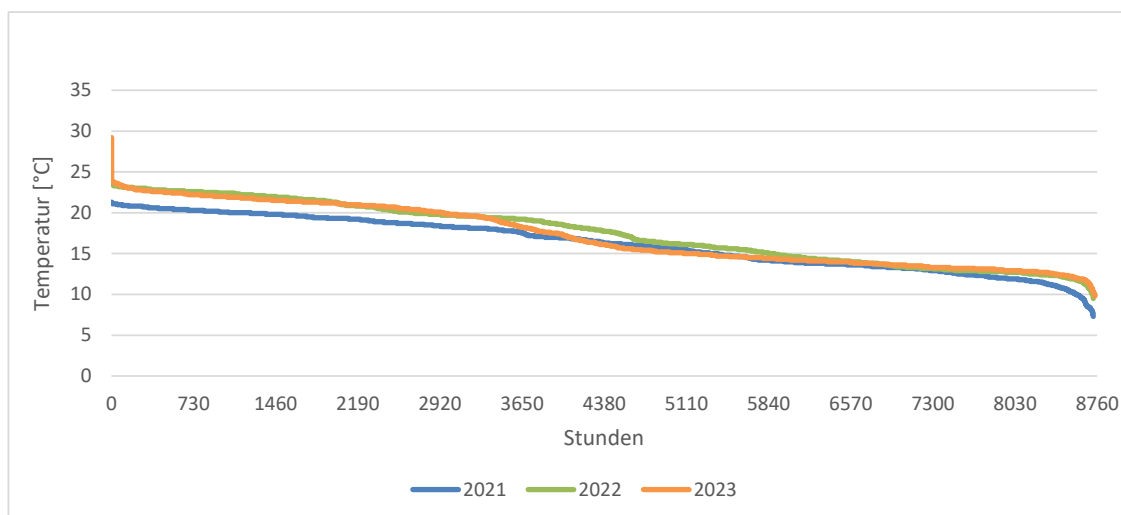


Abbildung 5: Temperaturverlauf Abwasser ARA Bachwis

Es wurde angenommen, dass das energetisch genutzte gereinigte Abwasser mit einer minimalen Temperatur von 4°C in die Glatt zurückgegeben wird. Bei einer Grädigkeit von 1.5°C über den Wärmetauscher bedeutet dies, dass der Rücklauf im Zwischenkreis minimal 2.5°C betragen darf.

Abbildung 6 zeigt den Temperaturbereich des gereinigten Abwassers und dem Zwischenkreis.

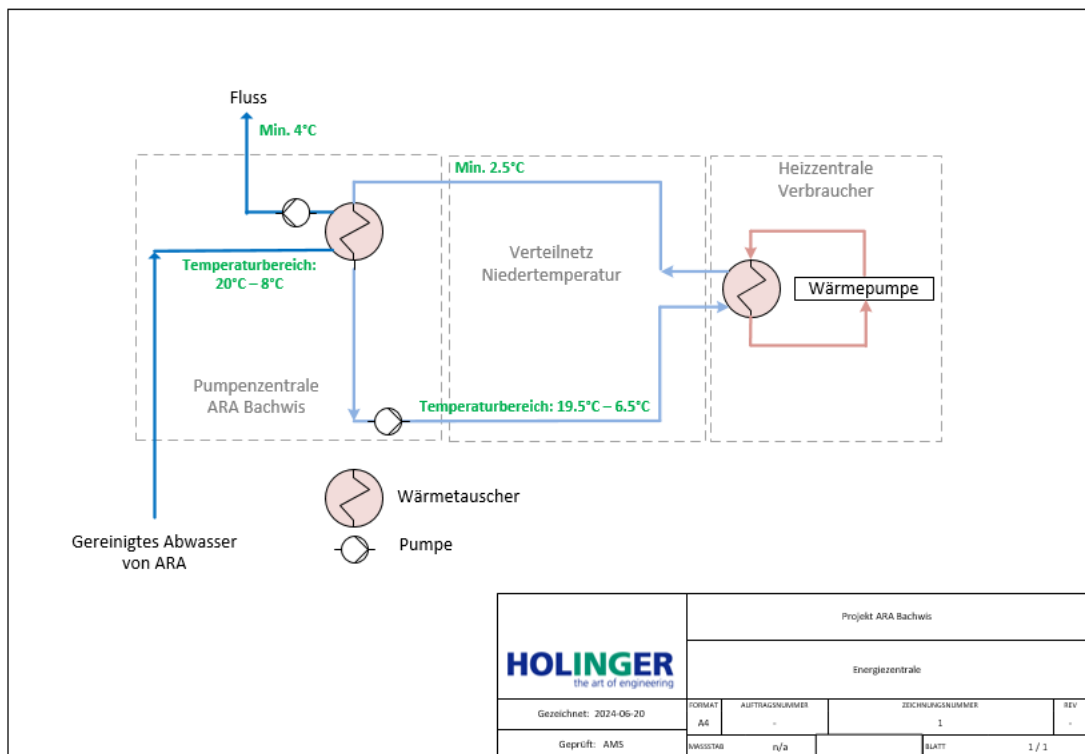


Abbildung 6: Temperaturangaben gereinigtes Abwasser und Zwischenkreis

4.5 DURCHFLUSS

Durch den Ausbau der ARA werden die aktuellen Abwassermengen um 15% erhöht um das zukünftige Potential nach Umbau der ARA auszuweisen. In Abbildung 7 sind die Zulaufdaten der ARA dargestellt. Die Zulaufmengen variieren zwischen 11 l/s und 591 l/s.

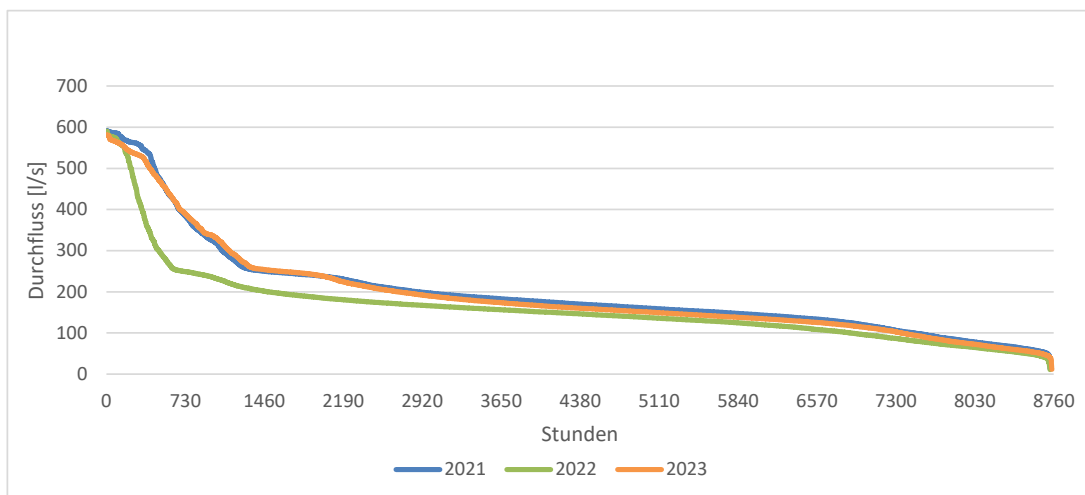


Abbildung 7: Durchfluss Abwasser ARA Bachwis

4.6 POTENTIAL

Mit Hilfe der analysierten Daten konnte ein minimales Wärmepotential von 6 MW th. ermittelt werden. Abbildung 8 zeigt die Heizgradtage (in der Einheit Kelvin Tag pro Monat) in Fällanden, und die im Jahresverlauf gemessene Zulauftemperatur der ARA für die Jahre 2021,

2022 und 2023. Die grösste Anzahl Heizgradtage wird in den Monaten November, Dezember, Januar und Februar erreicht. In diesen Monaten weist das Abwasser seine tiefsten Temperaturen auf. Die Wärmezentrale ist entsprechend auf niedrige Zulauftemperaturen bei gleichzeitig grosser Wärmenachfrage zu optimieren.

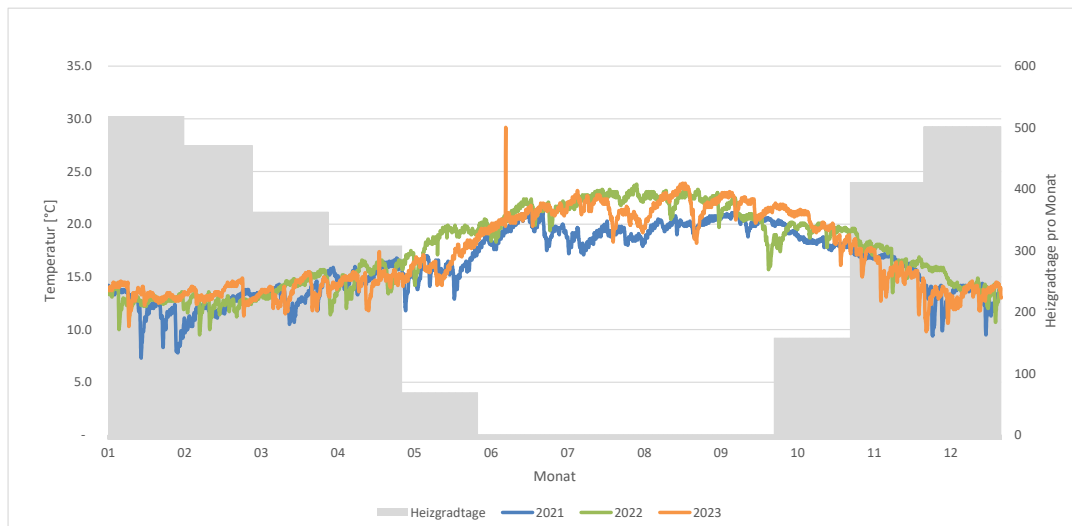


Abbildung 8: Heizgradtage und Zulauftemperaturen Fällanden

Um die in Kapitel 3.4 ermittelte Heizleistung der Liegenschaften an den Jahresverlauf anzupassen, wurde anhand der Aussentemperatur die notwendige Heizleistung bestimmt. Dafür wurde eine obere Heizgrenztemperatur von 15°C und eine untere Heizgrenztemperatur von -11°C angenommen. Durch den linearen Verlauf der Heiztemperatur wurde der Wärmebedarf bestimmt.

Für die ermittelte Leistung der Liegenschaften konnte durch den COP die benötigte Abwärme berechnet werden und mit dem Potential der ARA verglichen werden. Da die Leistung des Industriegebiets bereits besteht und in somit in der Abwassertemperatur bereits berücksichtigt ist, wird diese von der gesamten Leistung abgezogen.

4.6.1 Potential ARA angepasst an Wärmebedarf

Initiale Annahmen:

- 4°C Abkühlung des gereinigtes Abwasser (Gleiche Auslegung wie beim bestehenden Netz der ewz)
- Minimale Abwassertemperatur nach Temperaturabsenkung: 4°C
- Geforderte Deckung des Wärmebedarfs durch das gereinigte Abwasser während der Heizperiode: 95%.

Eine 100%-ige Deckung nicht notwendig, weil

- zukünftig bauliche Anpassungen an Häusern zu weniger Wärmebedarf führen,
- die Möglichkeit für Steuerungsoptimierung und Abstimmung auf den Tagesverlauf des Abwassers besteht, und
- die Wärmeerzeugung durch dezentrale elektrische Zusatzheizungen in den Boilern kurzzeitig unterstützt werden kann.

Durch Untersuchung des Abwasserwärmepotentials der ARA mit dem gegebenen Bedarf

aus Kapitel 3.4 konnte ermittelt werden, dass die Leistung mit der aktuellen Entnahmesituation nicht gedeckt werden kann. In dieser Situation kann die Wärme in 12% der Zeit nicht zur Verfügung gestellt werden. Die maximale Leistung, welche nicht zur Verfügung gestellt werden kann, beträgt 2.8 MW th.

Um die geforderte Leistung zu erbringen wird die Temperaturdifferenz bei der Entnahme des Abwassers von 4°C auf 6°C erhöht. Dadurch kann dem Abwasser mehr Wärme entzogen werden. Zusätzlich zur Erhöhung der Temperaturdifferenz werden noch Speichermöglichkeiten benötigt. Deren Platzierung (kalte/warme Seite), Notwendigkeit und deren effektive Grösse müssen in der anschliessenden Planungsphase (Vorprojekt) noch spezifiziert werden. Nach der Wärmeentnahme durch die Wärmetauscher sollte das Abwasser direkt in den Ablauf geführt werden und wieder in das Becken zurückgegeben werden.

In Abbildung 9 ist das Energiepotential der ARA dargestellt, welches sich durch den Wärmebedarf der Gebiete ergibt.

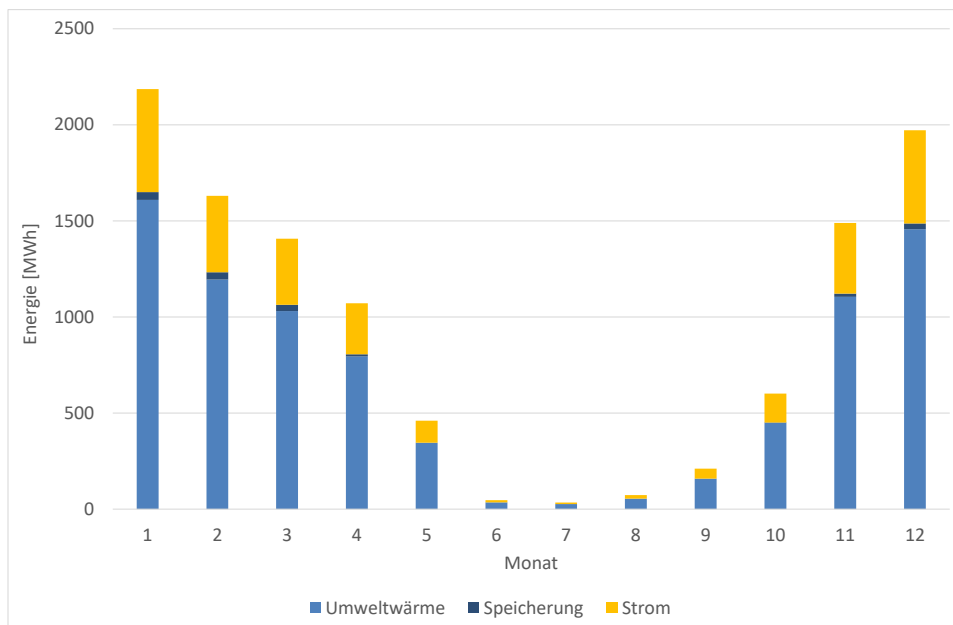


Abbildung 9: Energiepotential ARA Leistung 6 MW (inkl. bestehendes Industriegebiet)

5 WÄRMEVERSORGUNG

5.1 LEITUNGSVERLAUF BESTEHENDES NETZ

Die Leitungen im bestehenden Teil des Wärmenetzes (Abbildung 10) sind mit DN315-DN250 für die Hauptleitungen verlegt.

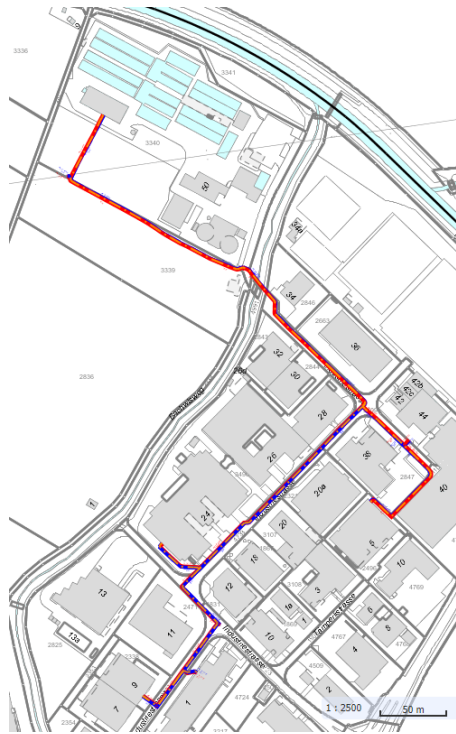


Abbildung 10: Bestehendes Wärmenetz im Besitz der ewz

Durch den Umbau der ARA muss jedoch die Fernwärmeleitung auf dem Gebiet der ARA verlegt werden. In Abbildung 11 ist der aktuelle Verlauf der Wärmeleitung dargestellt und eine mögliche neue Leitungsführung. Die geplante Leitungsführung muss mit dem Planer des Ausbaus der ARA abgesprochen werden.

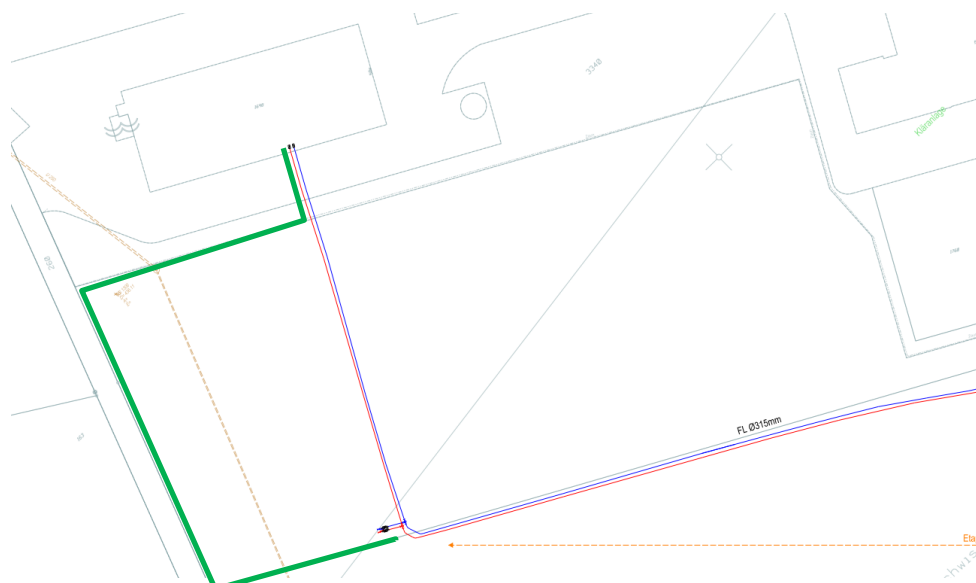


Abbildung 11: Zukünftiger Ausbau der ARA Bachwis (Bestehend: Blau, Rot; Neu: Grün)

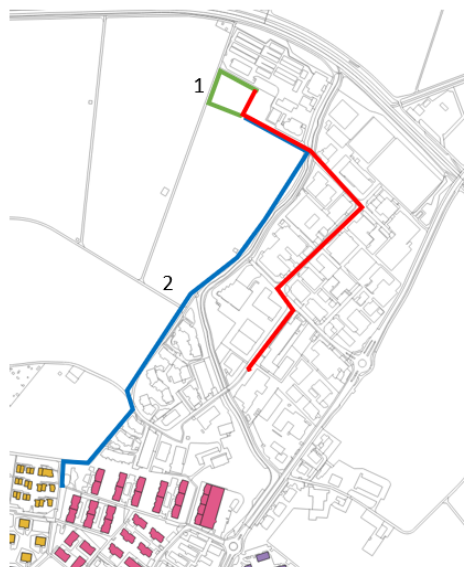
5.2 LEITUNGSVERLAUF NEU

Für die Verteilung der Wärme an die Abnehmer, muss ein Fernwärmenetz erstellt werden. Zu diesem Zweck muss eine Wärmeleitung verlegt werden. Es werden 3 Varianten für den Leitungsverlauf des Fernwärmenetzes in Betracht gezogen. Die konkreten Anschlüsse an die Liegenschaften müssen in der weiteren Projektierung genauer betrachtet werden.

5.2.1 Variante 1: Querung Kernzone

Variante 1 stellt den im Gesamtkontext optimierten Leitungsverlauf dar. Da die Dimension der bestehenden Leitung im Industriegebiet nicht ausreicht, um das komplette Wohngebiet zu versorgen, muss eine neue Hauptleitung gezogen werden. Variante 1 berücksichtigt den nachträglichen Wunsch, Grabarbeiten an der Maurstrasse möglichst zu vermeiden, da diese kürzlich saniert wurde. Auch ist die Anschlussleitung im Anschlussgebiet Gelb (siehe Abbildung 12 und Abbildung 13) gemäss Absprache zur Letzacherstrasse gezogen worden, um die bestehende Wärmzentrale in diesem Gebiet direkt mit der Hauptleitung zu erschliessen. Gemäss GIS-Information bestehen in der Letzacherstrasse bereits viele Werkleitungen. Der konkrete Anschluss und Grabtiefe ist da im Detail zu prüfen. Auch erweist sich die Querung des eingedolten Dorfbachs auf dem Abschnitt Sägiweg / Schwerzenbachstrasse / Wigartenstrasse als potentielle Herausforderung, da hier neben dem Dorfbach auch die Kanalisation und weitere Leitungen verlaufen.

Der Leitungsverlauf zwischen ARA und Wohngebiet wird in Abbildung 12 aufgezeigt, der Leitungsverlauf im Wohngebiet in Abbildung 13. Kennzahlen zum Wärmeabsatz für diese Variante sind in Tabelle 3 aufgelistet.



Rot: bestehendes Wärmenetz DN315-250
Grün: neuer Verlauf aufgrund von ARA Umbau DN355, 230m
Blau: Hauptleitung Gebiete DN355, 930m, davon 800m potentiell nicht unter Strassenbelag (Vermessung bis Ende Abschnitt 2 gemäss Abbildung mit Leitungsverlauf im Wohngebiet)

Abbildung 12: Leitungsverlauf Varianten 1 & 2, Leitungsverlauf zwischen ARA und Wohngebiet

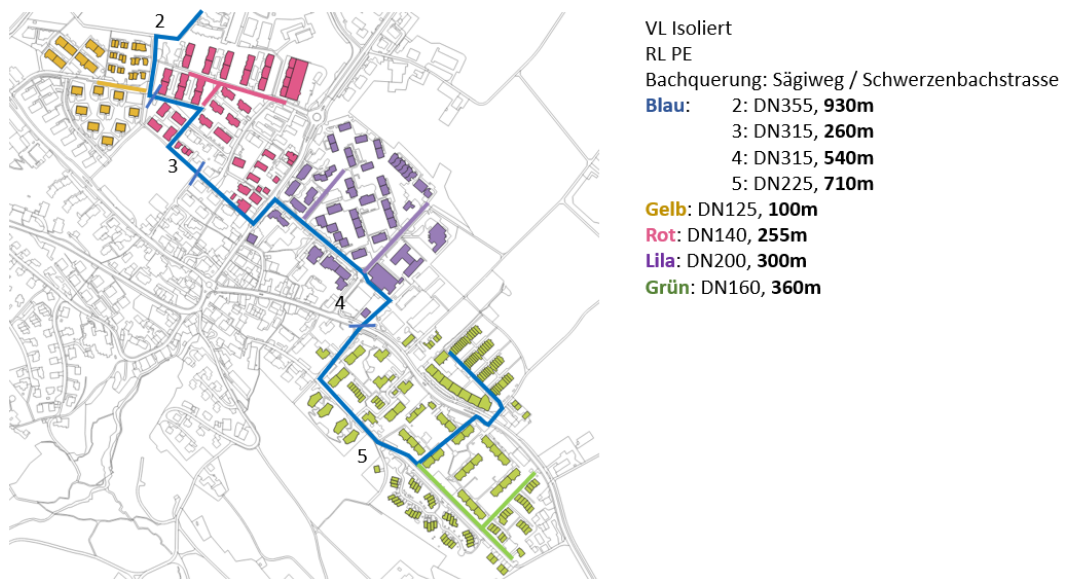


Abbildung 13: Leitungsverlauf Variante 1, Leitungsverlauf im Wohngebiet

Tabelle 3: Versorgungsgebiet Variante 1

Variante 1	Gebiet
Leistung gesamt [MW th.]	5.9
Leistung Strom [MW el.]	1.4
Leistung Abwärme [MW]	4.4
Wärmeabsatz [MWh th.]	17'300
Anzahl angeschlossene Verbraucher	277

5.2.2 Variante 2: Bachquerung unterhalb Unterdorfstrasse / Schwerzenbachstrasse

In der Variante 1 erweist sich der Leitungsverlegung auf Abschnitt Sägiweg / Schwerzenbachstrasse / Wigartenstrasse als schwierig. An dieser zu querenden Stelle verlaufen der eingedolte Dorfbach, die Kanalisation, die Wasserleitung, die Gasleitung, Kabel der Swisscom, und eine EW Rohranlage. Aus diesem Grund wurde die Prüfung einer Variante mit Bachquerung unterhalb der Unterdorfstrasse / Schwerzenbachstrasse angefragt. Aus den für diese Variante in Frage kommenden Leitungsverläufen wird die längste Leitungsführung im Detail geprüft. So wird das Worst-Case Szenario aus Kostensicht abgeschätzt, falls zukünftig entschieden wird, die Bachquerung in der Kernzone (Variante 1) zu vermeiden.

Der Leitungsverlauf zwischen ARA und Wohngebiet bleibt unverändert gegenüber jenem in Abbildung 12. Der Leitungsverlauf im Wohngebiet wird in Abbildung 14 aufgezeigt. Kennzahlen zum Wärmeabsatz für diese Variante sind in Tabelle 3 aufgelistet.

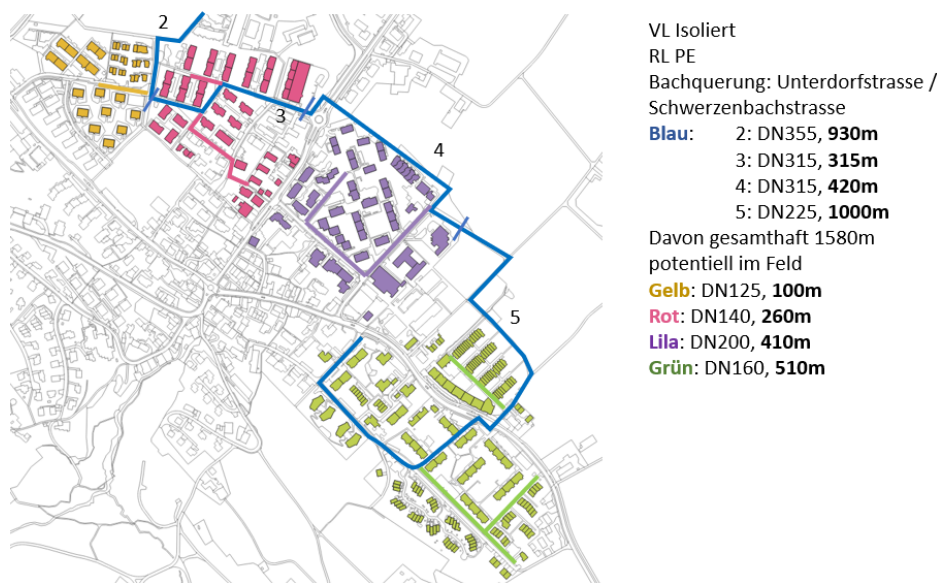


Abbildung 14: Leitungsverlauf Variante 2, Leitungsverlauf im Wohngebiet

Tabelle 4: Versorgungsgebiet Variante 2

Variante 2	Gebiet
Leistung gesamt [MW th.]	5.9
Leistung Strom [MW el.]	1.4
Leistung Abwärme [MW]	4.4
Wärmeabsatz [MWh th.]	17'300
Anzahl angeschlossene Verbraucher	277

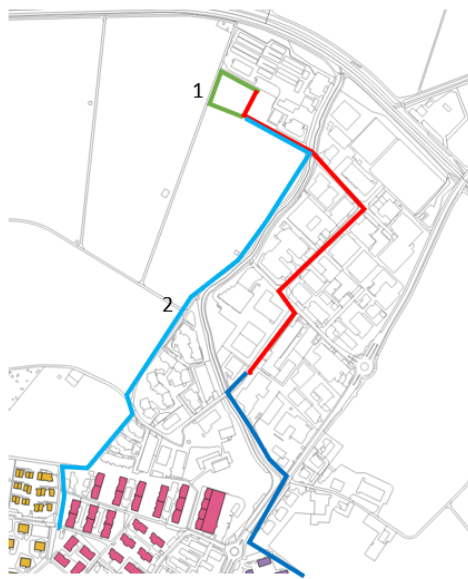
5.2.3 Variante 3: Nutzung bestehendes Netz

In dieser Variante wird die Möglichkeit der Nutzung des bereits bestehenden Netzes der ewz untersucht, um da mögliche Kostensynergien zu nutzen. Die bestehende Leitung DN250 im Industriegebiet wird bis zum Anschlussgebiet Ost gezogen. Durch die bestehende Leitung kann ein Durchfluss von 110 l/s transportiert werden. Mit einer Temperaturdifferenz von 6°C kann daraus 2.7 MW Abwärme entnommen werden. Mit einem COP von 4 kann bei den Verbrauchern eine Heizleistung von 3.6 MW th. zur Verfügung gestellt werden. Bei der Betrachtung muss die Leistung des Industriegebiets weiter betrachtet werden, da die Leitung bereits vor dem Industriegebiet auf DN250 reduziert wird. Durch diese Gegebenheit können 13% des Anschlussgebietes Ost nicht angeschlossen werden (Tabelle 5).

In einem zweiten Schritt wird eine parallele Hauptleitung von der ARA gezogen, um das Anschlussgebiet West zu erschliessen. Der Leitungsverlauf zwischen ARA und Wohngebiet wird für Variante 3 in Abbildung 15 aufgezeigt, der Leitungsverlauf im Wohngebiet in Abbildung 16. Die Gesamt-Wärmeabsatz der Variante 3 nach Erschliessung des Anschlussgebietes West mit der Parallelleitung ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

Tabelle 5: Versorgungsgebiet Variante 3, Etappe 1, Anschluss Ost mit bestehender Leitung

Variante 3	Potential im Gebiet	Umsetzbarkeit mit Weiterzug vom bestehendem Netz
Leistung gesamt [MW th.]	4.1	3.6
Leistung Strom [MW el.]	1.0	0.9
Leistung Abwärme [MW]	3.1	2.7
Wärmeabsatz [MWh th.]	12'100	10'800
Anzahl angeschlossene Verbraucher	200	170



Rot: bestehendes Wärmenetz DN315-250
Grün: neuer Verlauf aufgrund von ARA Umbau DN355, 230m
Blau: Hauptleitung Gebiet Ost DN250, 1690m, davon 780m potentiell nicht unter Strassenbelag
Hellblau: Hauptleitung Gebiet West DN250, 910m, davon 800m potentiell nicht unter Strassenbelag

Abbildung 15: Leitungsverlauf Variante 3, Leitungsverlauf zwischen ARA und Wohngebiet



VL Isoliert
 RL PE
 Querung des Dorfbachs nicht notwendig
Blau: DN250, 1690m
Hellblau: DN250, 910m
Gelb: DN125, 100m
Rot: DN140, 640m
Lila: DN200, 410m
Grün: DN160, 510m

Abbildung 16: Leitungsverlauf Variante 3, Leitungsverlauf im Wohngebiet

Tabelle 6: Versorgungsgebiet Variante 3

Variante 3	Gebiet
Leistung gesamt [MW th.]	5.4
Leistung Strom [MW el.]	1.3
Leistung Abwärme [MW]	4.0
Wärmeabsatz [MWh th.]	16'000
Anzahl angeschlossene Verbraucher	247

6 KOSTENSCHÄTZUNG

Die Kostenschätzung erfolgt auf Stufe Machbarkeitsstudie mit einer Kostenzielgenauigkeit von +/- 30%. Es ist zu berücksichtigen, dass momentan Kostenschätzungen mit erhöhter Unsicherheit behaftet sind, da aufgrund der aktuellen Situation sowohl eine zunehmende Teuerung als auch Rohstoffpreise zu erwarten sind.

Die genaue Listung der Kostenzusammenstellung und Wirtschaftlichkeitsberechnung findet sich im Anhang für die untersuchten Varianten.

6.1 INVESTITIONSKOSTEN

Im Folgenden werden die Investitionskosten mit einer Genauigkeit von +/- 30% für das Fernwärmenetz ausgewiesen. Die Kosten werden jeweils für den Totalausbau angegeben, also dass alle im Gebiet befindlichen Gebäude mit Wärme aus gereinigtem Abwasser versorgt werden.

In Tabelle 7 sind die Investitionskosten für Varianten 1, 2 und 3 des Leitungsverlaufs dargestellt. Die Kosten der Gemeinde setzen sich aus den Kosten der Energiezentrale, des Netzes, der Anpassungen der Spitzenlastabdeckung, dem Unvorhergesehenem, der Honorare und den Baunebenkosten zusammen. Investitionskosten für Energiezentralen sind auf Seite 28 ff des Berichts ausgewiesen.

Für die Kosten wurden folgende Annahmen getroffen:

- Kaltes Netz:
 - Isolierte Leitungen im Vorlauf, nicht isolierte Leitungen im Rücklauf
 - Aufwandschätzung Tiefbau: 1'000 CHF/m in Strassen, 800 CHF/m in Wiesland
 - Temperatur gereinigtes Abwasser: min. 8°C
 - Querung Dorfbach: Kostenschätzungen für Querung der Hauptleitung bei Sägiweg / Schwerzenbachstrasse (eingedolter Abschnitt) oder bei Unterdorfstrasse / Schwerzenbachstrasse (freifliessender Abschnitt) beide bei ca. CHF 50'000.-.
 - Möglicher Aufkauf des bestehenden ewz-Netzes wurde in der Kostenschätzung nicht berücksichtigt.
- Preisbildung:
 - Steuern wurden nicht berücksichtigt.
 - Durchschnittliche jährliche Klickvergütung über die Betrachtungsdauer wurde bei CHF 100'000.- angenommen. Preisbildung ist mit und ohne Berücksichtigung der Annahme zur Klickvergütung ausgewiesen.

Tabelle 7: Investitionskosten; Kostenzielgenauigkeit: ±30%.

Bezeichnung	Variante 1 Kosten [CHF]	Variante 2 Kosten [CHF]	Variante 3 Kosten [CHF]	Kommentare und Annahmen
Pumpzentrale Abwasserkreis	102'000	102'000	102'000	
Pumpzentrale Niedertemperaturnetz	287'000	287'000	287'000	4 Wärmetauscher, je 1'500 kW 3 Pumpen, je 90 kW
Elektro und Steuerungstechnik	100'000	100'000	100'000	
Leitungsnetz -Tiefbauarbeiten	3'432'000	3'775'000	4'046'000	1000 CHF/m in Strassen, 800 CHF/m in Wiesland Querung bei Sägiweg / Schwerzenbach geschätzt auf CHF 50'000.- (Variante 1) Querung bei Unterdorfstrasse / Schwerzenbach geschätzt auf 50'000 CHF (Variante 2)
Leitungsnetz - Leitungsverlegung	1'789'000	1'939'000	1'916'000	VL isoliert, RL nicht isoliert Leitungspreise inkl. Verlegung: - DN315-355 isoliert: 468 CHF/m - DN355 nicht isoliert: 252 CHF/m - DN315 nicht isoliert: 195 CHF/m - DN225 isoliert: 282 CHF/m - DN225 nicht isoliert: 110 CHF/m - DN200 isoliert: 234 CHF/m - DN200 nicht isoliert: 96 CHF/m - DN160 isoliert: 186 CHF/m - DN160 nicht isoliert: 72 CHF/m - DN140 isoliert: 153 CHF/m - DN140 nicht isoliert: 54 CHF/m - DN125 isoliert: 147 CHF/m - DN125 nicht isoliert: 45CHF/m
Diverses und Unvorhergesehenes	1'430'000	1'560'000	1'620'000	pauschal 25% des Zwischentotals geschätzt
Honorare und Bauleitung	1'080'000	1'170'000	1'220'000	pauschal 15% des Zwischentotals geschätzt
Baunebenkosten	720'000	780'000	810'000	pauschal 10% des Zwischentotals geschätzt
Investitionskosten (exkl. MwSt.)	8'940'000 ±30%	9'713'000 ±30%	10'101'000 ±30%	
Investitionskosten (inkl. MwSt.)	9'670'000 ±30%	10'503'000 ±30%	10'921'000 ±30%	

6.2 BETRIEBSKOSTEN

Die Betriebskosten des Wärmenetzes werden berechnet, um den Wärmegestehungspreis abzuschätzen. Der Wärmegestehungspreis (CHF/kWh) gibt an dieser Stelle den Preis wieder, welcher benötigt wird, um das Wärmenetz zu betreiben und den Kunden Niedertemperaturwärme zur Verfügung zu stellen.

Der Abschätzung der Betriebskosten sind folgende Annahmen zu Grunde gelegt:

- Stromkosten für den Pumpenbetrieb: 0.255 CHF/kWh el.
- Jährliche Unterhaltskosten: 0.5% der Investitionskosten
- Für den Betrieb wird eine 10%-Anstellung benötigt. Die Lohnkosten betragen CHF 6'000.- (Bei Vollanstellung CHF 60'000.-). Inspektionskosten von CHF 2'000.- werden der Schätzung dazu addiert.
- Jährliche Versicherungskosten: 0.5% der Investitionskosten (Betriebsversicherung Anlagen, Schutz vor unerwarteten Ausgaben)

Die Betriebskosten sind abhängig von der angeschlossenen Anzahl der Liegenschaften bzw. der damit verbundenen Wärmemenge, die über das Wärmeverteilnetz an die Kunden verkauft werden kann.

Tabelle 8: Jährliche Betriebskosten

Bezeichnung	Variante 1 Kosten [CHF/Jahr]	Variante 2 Kosten [CHF/Jahr]	Variante 3 Kosten [CHF/Jahr]	Kommentare und Annahmen
Pumpenbetrieb	170'000	170'000	170'000	Stromkosten: 25.5 Rp/kWh el. Für Variante 3 wurde die Kostenschätzung der anderen Varianten übernommen und keine Optimierung der Verteilung der Pumpleistungen auf die zwei Heizkreise vorgenommen.
Wartung und Unterhalt	21'000	22'500	23'300	
Personal	8'000	8'000	8'000	
Versicherung	48'400	52'500	54'600	0.5% der Investitionskosten
Jährliche Betriebskosten (exkl. MwSt.)	228'900 ±30%	234'000 ±30%	236'700 ±30%	
Jährliche Betriebskosten (inkl. MwSt.)	247'400 ±30%	253'000 ±30%	255'900 ±30%	

6.3 GESTEHUNGSPREIS

Der Wärmegestehungspreis (CHF/kWh) gibt den Preis wieder, welcher benötigt wird, um das Wärmenetz zu betreiben und den Kunden Niedertemperaturwärme zur Verfügung zu stellen.

Der Gestehungspreis muss die Betriebskosten wie auch die jährliche Amortisation der Investitionskosten abdecken.

Für die Amortisation und Kapitalkosten werden folgende Parameter berücksichtigt:

- Zinssatz: 2.0%
- Inflationsrate: 1.0%
- Betrachtungsdauer: 20 Jahre
- Amortisationsdauer Bau: 50 Jahre
- Amortisationsdauer Anlagentechnik: 20 Jahre

In Tabelle 9 sind die Jahreskosten dargestellt. Die Jahreskosten setzen sich aus den Zinskosten und Betriebskosten zusammen. Die Zinskosten werden mit einem Zinssatz von 2% der Investitionskosten berechnet. Für die Amortisation der Investition werden die Investitionskosten über die Amortisationsdauer für den Bau und Anlagentechnik berücksichtigt.

Tabelle 9: Jahreskosten

Bezeichnung	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Kommentare und Annahmen
Kapitalkosten / Annuität [CHF/Jahr]	535'400	581'500	604'600	Zinssatz: 2.0% Inflationsrate: 1.0% Betrachtungsdauer: 20 J. Zinsfaktor ⁿ : 1.22
Betriebskosten [CHF/Jahr]	247'400	253'000	255'900	
Jahreskosten [CHF/Jahr] (inkl. MwSt.)	782'800 ±30%	834'500 ±30%	860'500 ±30%	
Jahreskosten [CHF/Jahr] (exkl. MwSt.)	539'100 ±30%	587'000 ±30%	611'000 ±30%	

Der Gestehungspreis ist abhängig von der verkauften Wärmemenge und in Tabelle 10 gelistet.

Tabelle 10: Resultierender Gestehungspreis [CHF/kWh]

Bezeichnung	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Absatz Abwärme [MWh/Jahr]	13'080	13'080	12'000
Jahreskosten [CHF/Jahr]	782'800	834'500	860'500
Klik-Vergütung [CHF/Jahr]	-100'000	-100'000	-100'000
Gestehungspreis exkl. MwSt., exkl. Klik-Vergütung [CHF/kWh]	0.060 ±30%	0.064 ±30%	0.071 ±30%
Gestehungspreis exkl. MwSt., inkl. Klik-Vergütung [CHF/kWh]	0.052 ±30%	0.056 ±30%	0.063 ±30%

7 BEISPIEL-ENERGIEZENTRALEN

Es wird der Wärmegestehungspreis für zwei Energiezentralen berechnet: eine Energiezentrale mit 240 kW th. Heizwärmeleistung und eine mit 90 kW th. Heizwärmeleistung. In beiden Fällen handelt es sich um bestehende Energiezentralen – Die Heizung wird ausgebaut und durch eine Wärmepumpe ersetzt. Die Kostenschätzung berücksichtigt den Preis der Wärmepumpe, die Entsorgung der vorhandenen Heizung, sowie neu benötigte Installationen. Es wird davon ausgegangen, dass keine grossen Baumeisterarbeiten benötigt werden und vorhandenen Heizzentralen volumenmässig für die Wärmepumpen ausreichen.

7.1 INVESTITIONSKOSTEN

Im Folgenden werden die Investitionskosten mit einer Genauigkeit von +/- 30% für eine Energiezentrale mit 240 kW th. Heizwärmeleistung und eine mit 90 kW th. Heizwärmeleistung ausgewiesen.

In Tabelle 11 sind die Investitionskosten für beide Energiezentralen dargestellt. Für die Kosten wurden folgende Annahmen getroffen:

- Anschluss Zentrale an kaltes Netz:
 - Aufwandschätzung Tiefbau: 1000 CHF/m
 - Gesamtleitungslänge (Vorlauf + Rücklauf) = 60m
 - Isolierte Leitungen im Vorlauf, nicht Isolierte Leitungen im Rücklauf
- Anschluss Zentrale an Endverbraucher:
 - Verwendung bestehender Leitungen
- Preisbildung:
 - Steuern wurden nicht berücksichtigt.
 - Niedertemperaturwärmekosten aus Variante 1 des Leitungsverlaufs: 5.2 Rp/kWh

Tabelle 11: Investitionskosten; Kostenzielgenauigkeit: ±30%.

Bezeichnung	Energiezentrale mit 240 kW th. Heizleistung [CHF]	Energiezentrale mit 90 kW th. Heizleistung [CHF]	Kommentare und Annahmen
Wärmepumpe	95'000	36'000	
Installationen	255'000	96'000	
Entsorgung alter Anlage	20'000	20'000	
Leitungsverlegung	36'000	36'000	Netz zu Zentrale: 1000 CHF/m Verlegungskosten VL+RL=60m Zentrale zu Endverbraucher: Verwendung bestehender Leitungen
Investitionskosten (inkl. MwSt.)	446'000 ±30%	208'000 ±30%	
Investitionskosten (exkl. MwSt.)	406'000 ±30%	188'000 ±30%	

7.2 BETRIEBSKOSTEN

Die Betriebskosten der Energiezentralen werden berechnet, um den Wärmegestehungspreis abzuschätzen. Die Betriebskosten für beide Energiezentralen sind in Tabelle 12 dargestellt.

Der Abschätzung der Betriebskosten sind folgende Annahmen zu Grunde gelegt:

- Stromkosten für den Pumpenbetrieb: 0.255 CHF/kWh el.
- Jährliche Unterhaltskosten: 1% der Investitionskosten
- Jährliche Versicherungskosten (Elementarschäden Heizzentrale und Heizanlage): 0.5% der Investitionskosten

Die Betriebskosten sind abhängig von der angeschlossenen Anzahl der Liegenschaften bzw. der damit verbundenen Wärmemenge, die über das Wärmeverteilnetz an die Kunden verkauft werden kann.

Tabelle 12: Jährliche Betriebskosten Energiezentralen

Bezeichnung	Energiezentrale mit 240 kW th. Heizleistung [CHF/Jahr]	Energiezentrale mit 90 kW th. Heizleistung [CHF/Jahr]	Kommentare und Annahmen
Strom	34'000	13'000	Stromkosten: 25.5 Rp/kWh el. Für Variante 3 wurde die Kostenschätzung der anderen Varianten übernommen und keine Optimierung der Verteilung der Pumpleistungen auf die zwei Heizkreise vorgenommen.
Wartung und Unterhalt	3'500	1'300	1% Der Kosten der Energiezentrale
Versicherung	2'200	1'100	0.5% der Kosten der Energiezentrale
Jährliche Betriebskosten (inkl. MwSt.)	39'700 ±30%	15'400 ±30%	
Jährliche Betriebskosten (exkl. MwSt.)	36'700 ±30%	14'300 ±30%	

7.3 GESTEHUNGSPREIS

Der Wärmegestehungspreis (CHF/kWh th.) gibt den Preis wieder, welcher benötigt wird, um das Wärmenetz und Heizzentralen zu betreiben und den Kunden Wärme zur Verfügung zu stellen.

Der Gestehungspreis muss die Betriebskosten wie auch die jährliche Amortisation der Investitionskosten abdecken.

Für die Amortisation und Kapitalkosten werden folgende Parameter berücksichtigt:

- Zinssatz: 2.0%
- Inflationsrate: 1.0%
- Betrachtungsdauer: 20 Jahre
- Amortisationsdauer Bau: 50 Jahre
- Amortisationsdauer Anlagentechnik: 20 Jahre

- Keine kantonalen Fördermittel werden berücksichtigt

In Tabelle 13 sind die Jahreskosten für beide Energiezentralen dargestellt. Die Jahreskosten setzen sich aus den Zinskosten, Amortisationskosten, und Betriebskosten (ohne Kosten für den Bezug von Abwärme) zusammen. Die Zinskosten werden mit einem Zinssatz von 2% der Investitionskosten berechnet. Für die Amortisation der Investition werden die Investitionskosten über die Amortisationsdauer für den Bau und Anlagentechnik berücksichtigt.

Der Wärmegestehungspreis für direkt nutzbare Wärme für Heizzwecke und Warmwasseraufbereitung ist in

Tabelle 14 gelistet. Die für den Wärmegestehungspreis berücksichtigte Wärmemenge (MWh/Jahr) wurde über die Heizleistung der Energiezentrale und 2'200 jährlichen Volllaststunden ermittelt. Diese Wärmemenge wird den Bezüglern für Heizzwecke und Warmwasseraufbereitung zur Verfügung gestellt und stellt sich aus der Summe der Abwasserwärme und dem für die Wärmepumpe benötigten Strombedarf zusammen. Zusammenfassend verursacht die Bereitstellung in einer bestehenden aber bisher mit fossilem Brennstoff betriebenen Energiezentrale von 240 kW th. bzw. 90 kW th. Heizleistung durch die geplante Nutzung von Abwasserwärme und dem Betrieb von Wärmepumpen Wärmegestehungskosten von 16 – 17 Rp./kWh th. (Kostenzielgenauigkeit $\pm 30\%$).

Tabelle 13: Jahreskosten Energiezentralen

Bezeichnung	Energiezentrale mit 240 kW th. Heizleistung [CHF/Jahr]	Energiezentrale mit 90 kW th. Heizleistung [CHF/Jahr]
Kapitalkosten / Annuität [CHF/Jahr]	24'700	11'500
Betriebskosten Energiezentrale [CHF/Jahr]	39'600	15'100
Jahreskosten Energiezentrale [CHF/Jahr] (inkl. MwSt.)	64'300 $\pm 30\%$	26'600 $\pm 30\%$
Jahreskosten Energiezentrale [CHF/Jahr] (exkl. MwSt.)	59'500 $\pm 30\%$	24'600 $\pm 30\%$

Tabelle 14: Resultierender Wärmegestehungspreis [CHF/kWh th.] für Heizwärme und Warmwasseraufbereitung

Bezeichnung	Energiezentrale mit 240 kW th. Heizleistung	Energiezentrale mit 90 kW th. Heizleistung
Wärmemenge [MWh/Jahr th.]	528	198
Jahreskosten Energiezentrale [CHF/Jahr]	64'300	26'600
Kosten Bezug Abwasserwärme [CHF/Jahr] (Abwärme Menge * Gestehungspreis Abwärme)	20'600	7'700
Wärmegestehungspreis exkl. MwSt., exkl. Klikvergütung [CHF/kWh th.]	0.17 $\pm 30\%$	0.18 $\pm 30\%$
Wärmegestehungspreis exkl. MwSt., inkl. Klikvergütung [CHF/kWh th.]	0.16 $\pm 30\%$	0.17 $\pm 30\%$

8 BEISPIEL-EINFAMILIENHAUS

Um am Wärmenetz angeschlossen zu werden, benötigen jene Verbraucher, die nicht an eine lokale Heizzentrale angeschlossen werden können, eine eigene Wärmepumpe. Im Folgenden wird der Wärmegestehungspreis für ein Muster-Einfamilienhaus mit eigener Wärmepumpe geschätzt. Folgende Annahmen werden hierbei getroffen:

- Jährlicher Wärmebedarf: 20'000 kWh th.
- COP der Wärmepumpe: 4
- Mögliche kantonale Fördermittel wurden nicht berücksichtigt

8.1 INVESTITIONSKOSTEN

In Tabelle 15 ist eine Schätzung der Investitionskosten für ein Muster-Einfamilienhaus aufgelistet für den Anschluss an das Wärmenetz.

Tabelle 15: Investitionskosten für Muster-Einfamilienhaus inkl. MwSt; Kostenzielgenauigkeit: ±30%.

Bezeichnung	Kosten [CHF]	Kommentare und Annahmen
Wärmepumpe	20'000	
Leitungen	1'200	DN40 Leitungen, Isoliert im VL, nicht isoliert im RL Gesamtleitungslänge: 20m
Hausanschluss	6'000	Grabenlänge: 10m Tiefbau / Leitungsverlegung: 600 CHF/m
Kernbohrungen	1'600	2 Kernbohrungen je 800 CHF
Übergabestation	3'000	
Pumpe	2'000	
Armaturen Hausanschlüsse	1'600	
Verrohrung Haus	3'000	
Elektrische Anpassungen	4'000	
Total Investitionskosten (inkl. MwSt.)	52'400 ±30%	
Total Investitionskosten (exkl. MwSt.)	48'500 ±30%	
Mögliche Fördermittel	-8'000	Broschüre Förderprogramm (mit Bedingungen) (zh.ch)

8.2 BETRIEBSKOSTEN

Die Betriebskosten für das Muster-Einfamilienhaus (Tabelle 16) werden mit einem Niedertemperatur-Wärmepreis von 0.052 CHF/kWh (siehe Tabelle 10) gerechnet. Dies ist der Niedertemperaturwärmepreis, wie er in Sektion 6 für die Variante 1 des Wärmenetz-Leitungsverlaufs beziffert wurde. Variante 1 bot den tiefsten Niedertemperaturwärmepreis.

Für das Muster-Einfamilienhaus wird mit einem Heizbedarf von 20'000 kWh/a th., einem Wärmepumpen COP von 4, und 2200 Volllaststunden gerechnet.

Tabelle 16: Jährliche Betriebskosten für Muster-Einfamilienhaus

Bezeichnung	Kosten [CHF/Jahr]	Kommentare und Annahmen
Strombezug	1'337	Stromkosten: 0.255 CHF/kWh el. Jährlicher Wärmebedarf: 20'000 kWh th. COP Wärmepumpe: 4 Stromverbrauch Pumpenbetrieb: 220 kWh/Jahr el. Standby-Strom: 25 kWh/Jahr el.
Bezug Niedertemperaturwärme	780	Preis Niedertemperaturwärme: 5.2 Rp/kWh
Instandhaltungskosten	336	1% der Initialkosten exkl. Tiefbau
Versicherung	262	0.5% der Investitionskosten inkl. Mehrwertsteuer
Total Betriebskosten	2'720 ±30%	

8.3 WÄRMEPREIS HAUSBESITZER

Der resultierende Wärmepreis (Tabelle 17) ergibt sich aus den Investitionskosten und Betriebskosten. Die Annuität wurde mit einer angenommenen Lebensdauer von 20 Jahren der Wärmepumpe berechnet und einem angenommenen Zinssatz von 2.0% und einer Inflationsrate von 1%.

Tabelle 17: Wärmepreis Hausbesitzer

Bezeichnung	Endverbraucher	Kommentare und Annahmen
Annuität [CHF/Jahr]	2'900	Lebensdauer Wärmepumpe: 20 Jahre Einmaliger Förderbeitrag bei Anschluss an Fernwärmenetz nicht berücksichtigt
Betriebskosten [CHF/Jahr]	2'720	
Total [CHF/Jahr]	5'620 ±30%	
Wärmekosten für Endverbraucher [CHF/kWh th.]	0.28 ±30%	Jährlicher Wärmebedarf: 20'000 kWh Einmaliger Förderbeitrag bei Anschluss an Fernwärmenetz nicht berücksichtigt

Werden Fördermittel in Höhe von 8'000.- CHF berücksichtigt, gemäss im Kanton Zürich ab 2023 geltenden Förderprogramm für den Anschluss an ein Wärmenetz, betragen die Wärmekosten für den Endverbraucher 0.26 ±30% CHF/kWh th. aufgrund entsprechend tiefer ausfallender Annuität.

9 BESTEHENDES NETZ

Der Wert des Bestehenden Netzes im Industrieareal wird auf CHF 1.35 Mio (Kostengenauigkeit: $\pm 30\%$) geschätzt. Die entsprechende Kostenveranlagung ist in Anhang 5 abgelegt.

Leitungsverläufe und Dimensionen wurden aus seitens ewz erhaltenen Unterlagen entnommen. Das Alter des gesamten Netzes wird auf 5 Jahre angenommen, basierend auf dem aus Fotos entnommenen Baujahr des installierten Wärmetauschers auf der ARA (Baujahr 2019). Eine Lebensdauer von 50 Jahren für das Netz annehmend, wird ein Wertverlust von 10% abgezogen. Für die grobe Wertschätzung werden aktuelle Richtwerte für Tiefbauarbeiten und Leitungsverlegung verwendet. Der Wert der Anlagentechnik wurde mit einer Pauschale von CHF 200'000.- in der Schätzung berücksichtigt.

10 TERMINPLAN

In Absprache mit dem Bauherr ist eine Realisierung des Wärmeverbundes in vier Etappen geplant. Die geplante Etappierung aus räumlicher Sicht ist in Abbildung 17 gezeigt. Der Leitungsbau der Etappe 1 versorgt das gelbe und rote Quartier. Die Etappe 1 beinhaltet ebenfalls die Wärmeentnahme auf der ARA Bachwis und den Leitungsbau von der ARA zum gelben und roten Quartier. Mit der anschließende Etappe 2 wird ein Teil des lila Gebietes versorgt. Das restliche lila Gebiet wird mit der Etappe 3 erschlossen. Im Anschluss wird mit der letzten Etappe (Etappe 4) das grüne Gebiet erschlossen.

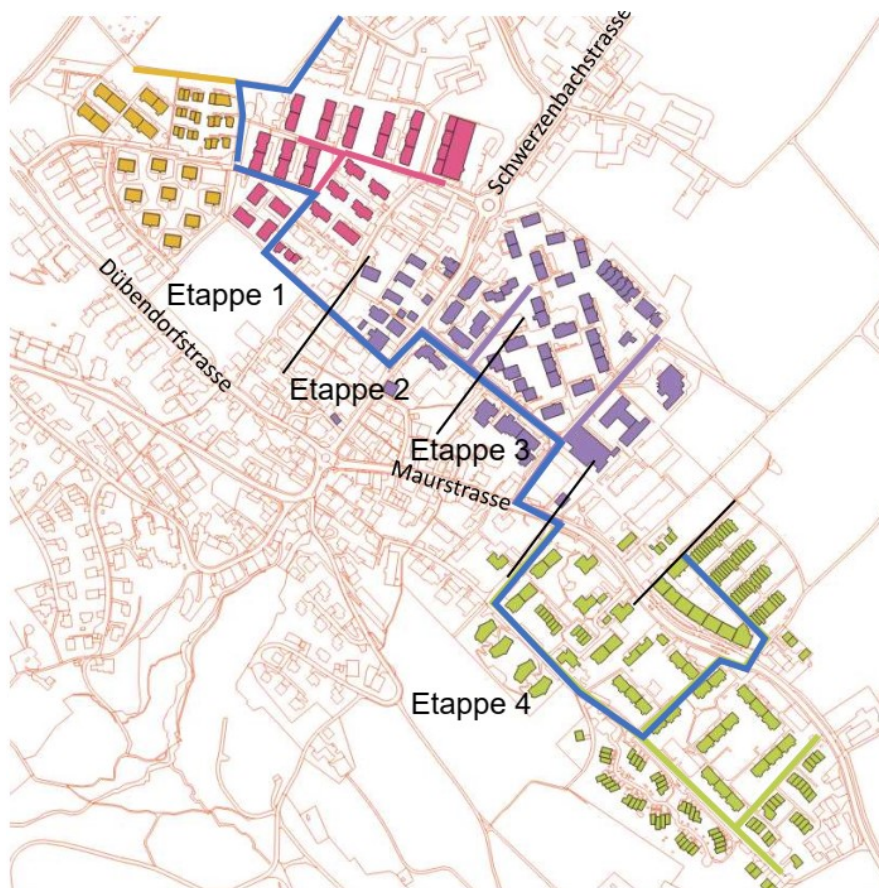


Abbildung 17 Etappierung Wärmeverbund

Die dieser Machbarkeitsstudie folgende Planungsstufe, das Vorprojekt, wird über den gesamten geplanten Wärmeverbund (Etappe 1 bis 4) ausgeführt. Danach erfolgt die Planung und anschließende Realisierung (inkl. Inbetriebnahme des jeweiligen Leitungsabschnittes und den neu zu versorgenden Heizzentralen) entsprechend den geplanten Etappen.

Der Terminplan gliedert nach den in Abbildung 17 gezeigten Etappen und den SIA-Phasen ist in Abbildung 18 abgebildet. Den Terminplan haben wir auf Basis des Zeitbedarfs für den Leitungsbau der Hauptleitungen ermittelt. Der Umbau der Heizzentralen und deren Erschließung mit den Hauptleitungen sind flexibler und richten sich nach der Planung und dem Bau der Hauptleitungen.

		2024		2025				2026				2027				2028				2029				2030			
		Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
SIA 31: Vorprojekt																											
Etappe 1	SIA 32 - 33: Bauprojekt und Bewilligungsverfahren																										
	SIA 41: Ausschreibung																										
	SIA 51: Ausführungsprojekt																										
	SIA 52 - 53: Ausführung und Inbetriebnahme																										
Etappe 2	SIA 32 - 33: Bauprojekt und Bewilligungsverfahren																										
	SIA 41: Ausschreibung																										
	SIA 51: Ausführungsprojekt																										
	SIA 52 - 53: Ausführung und Inbetriebnahme																										
Etappe 3	SIA 32 - 33: Bauprojekt und Bewilligungsverfahren																										
	SIA 41: Ausschreibung																										
	SIA 51: Ausführungsprojekt																										
	SIA 52 - 53: Ausführung und Inbetriebnahme																										
Etappe 4	SIA 32 - 33: Bauprojekt und Bewilligungsverfahren																										
	SIA 41: Ausschreibung																										
	SIA 51: Ausführungsprojekt																										
	SIA 52 - 53: Ausführung und Inbetriebnahme																										

Abbildung 18 Terminplan Planung, Realisierung und Ausbau Wärmeverbund Fällanden

Die zeitliche Abstimmung der Etappierung ist so gewählt, dass immer ein Bauprojekt inkl. Bewilligung abgewartet werden kann, bevor mit dem folgenden Bauprojekt der nächsten Etappe gestartet wird. Dies verringert Fehlplanungen und Extraschlaufen in der Projektierung auf Stufe Bauprojekt.

Das Bauprojekt benötigt pro Etappe rund ein Jahr. Im Vergleich zum Ausführungsprojekt ist dies viel. Unsere Erfahrung hat jedoch deutlich gezeigt, dass im Fernwärmebereich ein ausführliches Bauprojekt sich lohnt, da sonst die Submission unvollständig und bisweilen falsch ist.

Das Ausführungsprojekt kommt mit vergleichsweise wenig Zeit aus. Hier liegt das Augenmerk im Leitungsbau auf der Strassenbauprojektierung, der Logistik und der Provisorien.

Die Ausschreibung (SIA-Phase 41) liegt jeweils in Q4 (1 Monat Ausschreibung, 1 Monat Zeit für Unternehmer, 1 Monat für Vergabe). Damit kann der jeweilige Baustart für den Leitungsbau im Verlauf des Februars erfolgen kann und damit die Wärmelieferung auf die jeweilige Heizperiode ab 1. Oktober sichergestellt ist.

Die Etappen 1 und 4 sind deutlich grösser als Etappen 2 und 3. Wir empfehlen bei diesen grossen Etappen, in der jeweiligen Unternehmenssubmission vorzugeben, dass mit 3 Tiefbauequipen (Gruppen) (an 3 unterschiedlichen geografischen Punkten gem. Programm) gestartet werden muss.

Noch zu beachten und im Vorprojekt zu koordinieren ist der geplante Aus- und Umbau der ARA Bachwis. Der Umbau sollte 2029 abgeschlossen sein.

Generell setzt das Terminprogramm voraus, dass die Bauherrschaft den Ablauf nicht verzögert (Bauverwaltung, Werkkommission, Tiefbauvorsteher, ggf. Volksentscheid) und die anstehenden Vergaben (Ingenieur, Unternehmer, Nebenarbeiten) durch die jeweilige Stelle immer zeitnah erfolgen.

11 SCHLUSSFOLGERUNG

Der Wärmebedarf im betrachteten Anschlussgebiet beträgt 17'440 MWh/Jahr th., unter der Annahme, dass 100% der Mehrfamilienhäuser angeschlossen werden können, 75% der Einfamilienhäuser, und dass 10% der Leistung für Warmwasserproduktion benötigt wird. Um diesen Wärmebedarf vollständig zu decken, ist eine Wärmeleistung von 6 MW th. notwendig.

Das Energiepotential der ARA ist ausreichend, um den Bedarf an 6 MW th. Wärmeleistung über 95% der Zeit zu decken.

Insgesamt wurden 3 Varianten der Leitungsführung des Netzes kostenmässig untersucht. Der kürzeste Leitungsverlauf geht durch die Kernzone von Fällanden und erschliesst mit einer durchgehenden Hauptleitung alle Gebiete. Die Gesamtprojektkosten für diese Variante werden auf CHF 9.0 Mio. \pm 30% Kostengenauigkeit (exkl. MwSt) geschätzt. Diese auf den Gesamtkontext hin optimierte Leitungsführung durchquert den Knotenpunkt Sägiweg / Schwerzenbachstrasse / Wigartenstrasse. Diese Querung ist potentiell schwierig, da hier der eingedolte Dorfbach, Wasserleitungen, Kanalisation, EW Rohranlage, Swisscom Kabelführung, und Gasleitungen verlaufen. Alternativ wurde ein weiterer Leitungsverlauf der Hauptleitung mit Querung unterhalb des Unterdorfstrasse / Schwerzenbachstrasse Kreisels (Umgehung der Kernzonenquerung) geprüft. Diese Variante führt auf Grund der längeren Leitungslänge zu um CHF 0.8 Mio. höheren Kosten.

Eine weitere Variante wurde geprüft, bei der das bestehende Wärmenetz der ewz eingebunden wurde. Konkret versoren in dieser Varianten der Ausbau der bestehenden ewz Leitung den Ostteil mit Wärme und eine zusätzliche neue Leitung ab der ARA Bachwis den Westteil des betrachteten Versorgungsgebietes. Aufgrund der Dimensionierung des bestehenden ewz-Netzes können im Ostteil nur 87% der vorgesehenen Wärmeabsatzes bedient werden. Zudem liegen die erwarteten Kosten exkl. MwSt. um CHF 1.1 Mio. höher als bei der Variante mit Kernzonenquerung.

Auf Basis der geprüften Varianten kommt der Gestehungspreis für die Niedertemperaturwärme zwischen 60 CHF/MWh und 70 CHF/MWh (exkl. MwSt., exkl. Subventionen) zu liegen.

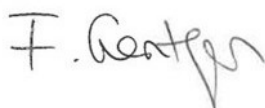
Es wird empfohlen im weiteren Planungsverlauf die Endverbraucher über lokale bestehende Energiezentralen anzubinden. In den untersuchten Fällen resultiert ein Wärmegestehungspreis für den Endverbraucher von rund 180 CHF/MWh th. (Zielgenauigkeit der Kosten \pm 30%, exkl. MwSt. und Subventionen).

Der in der Machbarkeitsabklärung erarbeitete Terminplan sieht eine Etappierung der Realisierung des Wärmeverbundes vor. Erste Wärmelieferungen durch Abwasserwärme an die Wärmebezüger ist realistisch auf die Heizperiode 2027 (1. Oktober 2027).

Baden, im Juni 2024

Verfasser

HOLINGER AG



Franziska Gentgen
Projektingenieurin Energie
franziska.gentgen@holinger.com
+41 56 484 85 19



Dr. Simon Ambühl
Projektleiter Energie
simon.ambuehl@holinger.com
+41 56 484 85 34

ANHANG 1

VARIANTE 1

Kostenschätzung
Variante 1

Kostengenauigkeit $\pm 30\%$

19.04.2023

Bauobjekt / Projekt:
Projektphase

Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden
Machbarkeitsstudie

D10015

Beschrieb / Arbeitsbeschrieb		Kosten Fr.
Investitionskosten für Energielieferant		
BKP	Position	
	Bauprojekt	
0	Anlagentechnik Pumpzentrale	
	Abwasserkreis	101'900.00
	Fernwärmenetz	287'200.00
	Elektro und Steuerung Technik Gebäude	100'000.00
1	Leitungsbau	
	Tiefbau (Leitungsnetz)	3'432'000.00
	Leitungsbau	1'789'200.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken	
	Bauarbeiten Abwasserbecken	0.00
	Zwischentotal	5'710'300.00
	Diverses und Unvorhergesehenes 25.00%	1'430'000.00
	Baukosten	7'140'300.00
	Honorare und Bauleitung 15.00%	1'080'000.00
	Baunebenkosten 10.00%	720'000.00
	Projektkosten	8'940'300.00
	MwSt. gerundet 8.10%	730'000.00
	Projektkosten inkl. NK und MwSt.	9'670'300.00
	Total Projektkosten inkl. NK, MwSt. und Landerwerb	9'670'300.00
Investitionskosten für Beispiel-Einfamilienhaus		
BKP	Position	
	Bauprojekt	
3	Anschluss an einzelnes Eir Anzahl: 1	
	Bau	8'800.00
	Heizkreis Haus	33'600.00
	Zwischentotal	42'400.00
	Diverses und Unvorhergesehenes 0.00%	0.00
	Baukosten	42'400.00
	Honorare und Bauleitung 0.00%	0.00
	Baunebenkosten 0.00%	0.00
	Projektkosten	42'400.00
	MwSt. gerundet 8.10%	10'000.00
	Projektkosten inkl. NK und MwSt.	52'400.00
	Förderprogramm Kanton ZH	-8'000.00
	Total Projektkosten inkl. NK, MwSt. und Förderprogramm	44'400.00

Kostenschätzung Kostengenauigkeit +/-30% 19.04.2024

Variante: Leitungsverlauf Variante 1

Bauobjekt / Projekt: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden D10015

Projektphase Machbarkeitsstudie

BKP / Pos Nr:	Beschrieb / Arbeitsbeschreibung	Einheit	Total	Einheitspreis Fr.	Zwisch.tot. Fr.	Summe Fr.
0	Anlagentechnik Pumpzentrale				496'000.00	
	Abwasserkreis				101'900.00	
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	15	456.00		6'900.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	15	225.00		3'400.00
	Pumpe mit Montage	Stk.	3	30'000.00		90'000.00
	Armaturen (Ventile)	Stk.	9	500.00		4'500.00
	Messtechnik (Sensoren)	Stk.	5	800.00		4'000.00
	Fernwärmenetz				287'200.00	
	Wärmetauscher	Stk.	4	18'200.00		72'800.00
	Montage + Anlieferung Wärmetauscher	Stk.	4	9'100.00		36'400.00
	Pumpe mit Montage	Stk.	3	50'000.00		150'000.00
	Expansionsgefäss	Stk.	1	10'000.00		10'000.00
	Armaturen (Ventile)	Stk.	9	500.00		4'500.00
	Messtechnik (Sensoren)	Stk.	4	800.00		3'200.00
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	15	456.00		6'900.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	15	225.00		3'400.00
	Elektro und Steuerung Technik Gebäude				100'000.00	
	2 Schaltschränke, Hilfsbetriebe	Stk.	1	35'000.00		35'000.00
	SPS Steuerung	Stk.	1	35'000.00		35'000.00
	Elektroinstallationen (Verkabelung, Beleuchtung)	Stk.	1	20'000.00		20'000.00
	Potentialausgleich, Erdung, Personenschutz	Stk.	1	10'000.00		10'000.00
1	Leitungsbau				5'221'200.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	5'221'200.00		0.00
	Tiefbau (Leitungsnetz)				3'432'000.00	
	Tiefbau Wärmenetz, Feld (Verlegung 2 Leitungen)	m	800	800.00		640'000.00
	Tiefbau Wärmenetz, Strasse (Verlegung 2 Leitungen)	m	2655	1'000.00		2'655'000.00
	Bachquerung Säggweg / Schwerzenbachstrasse (Eingedohlt)	Stk.	1	50'000.00		50'000.00
	Kabelzuschächte Signalkabel	Stk.	24	3'000.00		72'000.00
	Kontrollschächte Entlüftung / Absperrung	Stk.	5	3'000.00		15'000.00
	Kabelschutzrohre Signalkabel	m	3455	15.00		0.00
	Leitungsbau				1'789'200.00	
	Leitungen DN355 mit Isolation mit Verlegung	m	930	468.00		435'300.00
	Leitungen DN315 mit Isolation mit Verlegung	m	800	468.00		374'400.00
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	0	456.00		
	Leitungen DN250 mit Isolation mit Verlegung	m	0	369.00		
	Leitungen DN225 mit Isolation mit Verlegung	m	710	282.00		200'300.00
	Leitungen DN200 mit Isolation mit Verlegung	m	300	243.00		72'900.00
	Leitungen DN180 mit Isolation mit Verlegung	m	0	195.00		
	Leitungen DN160 mit Isolation mit Verlegung	m	360	186.00		67'000.00
	Leitungen DN140 mit Isolation mit Verlegung	m	255	153.00		39'100.00
	Leitungen DN125 mit Isolation mit Verlegung	m	100	147.00		14'700.00
	Leitungen DN63 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN50 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN40 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN355 mit Verlegung	m	930	252.00		234'400.00
	Leitungen DN315 mit Verlegung	m	800	195.00		156'000.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	0	225.00		
	Leitungen DN250 mit Verlegung	m	0	181.00		
	Leitungen DN225 mit Verlegung	m	710	96.00		68'200.00
	Leitungen DN200 mit Verlegung	m	300	110.00		33'000.00
	Leitungen DN180 mit Verlegung	m	0	90.00		
	Leitungen DN160 mit Verlegung	m	360	72.00		26'000.00
	Leitungen DN140 mit Verlegung	m	255	54.00		13'800.00
	Leitungen DN125 mit Verlegung	m	100	45.00		4'500.00
	Leitungen DN63 mit Verlegung	m	0	14.00		
	Leitungen DN50 mit Verlegung	m	0	9.00		
	Leitungen DN40 mit Verlegung	m	0	6.00		
	Entlüftungsarmaturen	Stk.	5	2'000.00		10'000.00
	Dichtheitsprüfung	Stk.	1	5'000.00		5'000.00
	Signalkabel	m	3455	10.00		34'600.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken				0.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	0.00		0.00
	Anpassung am Spülbecken					0.00
	Bauarbeiten Abwasserbecken					0.00
	Mess und Steuertechnik					0.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Energielieferant				5'717'200.00	
0	Anlagentechnik Pumpzentrale					496'000.00
1	Leitungsbau					5'221'200.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken					0.00
3	Anschluss an einzelnes Einfamilienhaus				42'400.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	8'800.00		0.00
	Bau				8'800.00	
	Kernbohrungen	Stk.	2	800.00		1'600.00
	Leitungen DN40	m	10	6.00		60.00
	Leitungen DN40 Isoliert	m	10	108.00		1'080.00
	Leitungsverlegung	CHF/m	10	600.00		6'000.00
	Heizkreis Haus				33'600.00	
	Übergabestation	Stk.	1	3'000.00		3'000.00
	Pumpe	Stk.	1	2'000.00		2'000.00
	Verrohrung Haus	Stk.	1	3'000.00		3'000.00
	Wärmepumpe	Stk.	1	20'000.00		20'000.00
	Armaturen Hausanschlüsse	Stk.	2	800.00		1'600.00
	Elektrische Anpassungen	Stk.	1	4'000.00		4'000.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Beispiel-Endverbraucher				42'400.00	
3	Anschluss an einzelnes Einfamilienhaus					42'400.00

Projektbewertung nach der Annuitätenmethode

Variante 1

Projektbezeichnung: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden
 Einheit der Kosten/Erlöse: CHF

Bewertungsdatum: 19.04.2024
 Steuerrechtlicher Sitz: Fällanden (ZH)

Energieversorger: Kapitalkosten					
Finanzierung					
Eigenkapitalzins	2.0%	(nachschüssig gezahlt)		Gewinnsteuersatz	0.0%
Fremdkapitalzins	2.0%	(nachschüssig gezahlt)		WACC nominal	2.0%
Eigenkapitalquote	67%			WACC real	1.0%
Inflationsrate	1.0%			Zinsfaktor	1.010
Betrachtungsdauer	20 Jahre			Zinsfaktor ⁿ	1.218
Anlagenbezeichnung	Kosten (Barwert)	Nutzungsdauer	Jährlicher Wertverlust	Restwert (Buchwert)	Liquidationserlös
Anlagentechnik: Pumpzentrale	0		0	0	0
Abwasserkreis	101'900	20	5'095	0	0
Fernwärmenetz	287'200	20	14'360	0	0
Elektro und Steuerung Technik Get	100'000	20	5'000	0	0
Tiefbau (Leitungsnetz)	3'432'000	50	68'640	2'059'200	2'059'200
Leitungsbau	1'789'200	50	35'784	1'073'520	1'073'520
Abwasserfassung - Ausbau Abwas.	0		0	0	0
Bauarbeiten Abwasserbecken	0	50	0	0	0
Diverses und Unvorhergesehenes	1'430'000	0	0	0	0
Honorare und Bauleitung	1'080'000	50	21'600	648'000	648'000
Baunebenkosten	720'000	50	14'400	432'000	432'000
MwSt. gerundet	730'000	50	14'600	438'000	438'000
Initiale Projektkosten	9'670'300	Reg. Abschreibungen	179'479	Sonderabschreibung	0

Energieversorger: Verbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen					
Kostenart	Menge	Preis (CHF/kWh)	Variable Kosten	Fixkosten	Kosten
Wärmepumpe	0.00	0.26	0	0	0
Pumpe Abwasserkreis	72'600.00	0.26	18'513	0	18'513
Pumpe Fernwärmekreis	594'000.00	0.26	151'470	0	151'470
Pumpe Hausanschluss	0.00	0.26	0	0	0
Standby-Strom	0.00	0.26	0	0	0
Subtotal			169'983	0	169'983

Energieversorger: Instandhaltungskosten (Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Optimierung)					
Planbare Instandhaltungskosten					
Anlagenbezeichnung	Ansatz von Neuwert	Fixkosten	Nicht planbare Kosten (Risiken)	Var. Kosten	Kosten
Bauprojekt		0		0	0
Abwasserkreis	1.00%	1'019	0.10%	102	1'121
Fernwärmenetz	1.00%	2'872	0.10%	287	3'159
Elektro und Steuerung Technik Get	1.00%	1'000	0.10%	100	1'100
Tiefbau (Leitungsnetz)	0.10%	3'432	0.20%	6'864	10'296
Leitungsbau	0.10%	1'789	0.20%	3'578	5'368
Bauarbeiten Abwasserbecken	0.20%	0	0.20%	0	0
Diverses und Unvorhergesehenes	0.00%	0	0.00%	0	0
Honorare und Bauleitung	0.00%	0	0.00%	0	0
Baunebenkosten	0.00%	0	0.00%	0	0
Subtotal		10'112		10'932	21'044

Energieversorger Betriebskosten (Personal, Dienstleistungen Dritter, Mieten/Pachten, Gebühren/Abgaben, Versicherungen etc.)					
Kostenart	Menge	Kosten pro Einheit	Anteil Variabel	Variable Kosten	Jährliche Kosten
Personalkosten (10% Stelle) FTE	0.1	6'000	50%	3'000	6'000
Inspektionkosten	1	2'000	0%	0	2'000
Versicherungen (0.5% Kapitalkoste)	0.005	9'670'300	0%	0	48'352
Subtotal				3'000	56'352

Energieversorger: Preisbildung					
Kostenbasis					
Kapitalkosten (Barwert)	9'670'300	Kapitalkosten (Annuität)	535'349	Steuern	0
Variable Betriebskosten	183'915	Fixe Betriebskosten	63'464	Gemeinkosten	-100'000
Total Jahreskosten	682'727				
Produkt / Kostenträger	Menge (MWh/a)	Kostenanteil	Ziel-Gewinnspanne	Preis pro Einheit (CHF/MWh)	Erlös
Kaltwärme	13'080	100.0%	0.0%	52	682'727
Subtotal		100%			682'727

Beispiel-Einfamilienhaus: Kapitalkosten					
Finanzierung					
Eigenkapitalzins	2.0%	(nachschüssig gezahlt)		Gewinnsteuersatz	0.0%
Fremdkapitalzins	2.0%	(nachschüssig gezahlt)		WACC nominal	2.0%
Eigenkapitalquote	100%			WACC real	1.0%
Inflationsrate	1.0%			Zinsfaktor	1.010
Betrachtungsdauer	20 Jahre			Zinsfaktor ⁿ	1.218
Anlagenbezeichnung	Kosten (Barwert)	Nutzungsdauer	Jährlicher Wertverlust	Restwert (Buchwert)	Liquidationserlös
Bauprojekt	0		0	0	0
Anschluss an einzelnes Einfamilien	0	50	0	0	0
Bau	8'800	50	176	5'280	5'280
Heizkreis Haus	33'600	20	1'680	0	0
Diverses und Unvorhergesehenes	0	0	0	0	0
Honorare und Bauleitung	0	20	0	0	0
Baunebenkosten	0	20	0	0	0
MwSt. gerundet	10'000	20	500	0	0
Förderprogramm Kanton ZH	-8'000	20	-400	0	0
Initiale Projektkosten	44'400	Reg. Abschreibungen	1'956	Sonderabschreibung	0

Beispiel-Einfamilienhaus: Verbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen					
Kostenart	Menge [kWh]	Preis (CHF/kWh)	Variable Kosten	Fixkosten	Kosten
Wärmepumpe	5'000.00	0.26	1'275	0	1'275
Pumpe Hausanschluss	220.00	0.26	56	0	56
Standby-Strom	25.00	0.26	6	0	6
Subtotal			1'337	0	1'337

Beispiel-Einfamilienhaus: Instandhaltungskosten (Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Optimierung)					
Planbare Instandhaltungskosten					
Anlagenbezeichnung	Ansatz von Neuwert	Fixkosten	Nicht planbare Kosten (Risiken)	Var. Kosten	Kosten
Anschluss an einzelnes Einfamilien	0.00%	0	0.00%	0	0
Bau	0.00%	0	0.00%	0	0
Heizkreis Haus	1.00%	336	0.00%	0	336
Diverses und Unvorhergesehenes	0.00%	0	0.00%	0	0
Honorare und Bauleitung	0.00%	0	0.00%	0	0
Baunebenkosten	0.00%	0	0.00%	0	0
Subtotal		336		0	336

Beispiel-Einfamilienhaus: Betriebskosten (Personal, Dienstleistungen Dritter, Mieten/Pachten, Gebühren/Abgaben, Versicherungen etc.)					
Kostenart	Menge	Kosten pro Einheit	Anteil Variabel	Variable Kosten	Jährliche Kosten
Versicherungen (0.5% Kapitalkoste)	0.005	44'400	0%	0	222
Subtotal				0	222

Beispiel-Einfamilienhaus: Preisbildung					
Kostenbasis					
Kapitalkosten (Barwert)	44'400	Kapitalkosten (Annuität)	2'458	Steuern	0
Variable Betriebskosten	1'337	Fixe Betriebskosten	558	Gemeinkosten	0
Total Jahreskosten	4'353				
Produkt / Kostenträger	Wärmebedarf (MWh/a)	Kaltwärmepreis (CHF/MWh)	Strompreis (CHF/MWh)	Preis pro Einheit (CHF/MWh)	Wärmekosten pro Jahr (CHF)
Wärme ohne Annuität	20	52	255	134	2'678
Wärme mit Annuität	20	52	255	257	5'136
Subtotal					5'136

ANHANG 2

VARIANTE 2

Kostenschätzung
Variante 2

Kostengenauigkeit ± 30 %

19.04.2023

Bauobjekt / Projekt:
Projektphase

Abwasserwärmenutzung ARA Fällangen
Machbarkeitsstudie

D10015

Beschrieb / Arbeitsbeschrieb		Kosten Fr.
Investitionskosten für Energielieferant		
BKP Position		
Bauprojekt		
0	Anlagentechnik Pumpzentrale	
	Abwasserkreis	101'900.00
	Fernwärmenetz	287'200.00
	Elektro und Steuerung Technik Gebäude	100'000.00
1	Leitungsbau	
	Tiefbau (Leitungsnetz)	3'775'000.00
	Leitungsbau	1'939'200.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken	
	Bauarbeiten Abwasserbecken	0.00
	Zwischentotal	6'203'300.00
	Diverses und Unvorhergesehenes 25.00%	1'560'000.00
	Baukosten	7'763'300.00
	Honorare und Bauleitung 15.00%	1'170'000.00
	Baunebenkosten 10.00%	780'000.00
	Projektkosten	9'713'300.00
	MwSt. gerundet 8.10%	790'000.00
	Projektkosten inkl. NK und MwSt.	10'503'300.00
	Total Projektkosten inkl. NK, MwSt. und Landerwerb	10'503'300.00

BKP / Pos Nr:	Beschrieb / Arbeitsbeschreibung	Einheit	Total	Einheitspreis Fr.	Zwisch.tot. Fr.	Summe Fr.
0	Anlagentechnik Pumpzentrale				496'000.00	
	Abwasserkreis				101'900.00	
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	15	456.00		6'900.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	15	225.00		3'400.00
	Pumpe mit Montage	Stk.	3	30'000.00		90'000.00
	Armaturen (Ventile)	Stk.	9	500.00		4'500.00
	Messtechnik (Sensoren)	Stk.	5	800.00		4'000.00
	Fernwärmenetz				287'200.00	
	Wärmetauscher	Stk.	4	18'200.00		72'800.00
	Montage + Anlieferung Wärmetauscher	Stk.	4	9'100.00		36'400.00
	Pumpe mit Montage	Stk.	3	50'000.00		150'000.00
	Expansionsgefäß	Stk.	1	10'000.00		10'000.00
	Armaturen (Ventile)	Stk.	9	500.00		4'500.00
	Messtechnik (Sensoren)	Stk.	4	800.00		3'200.00
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	15	456.00		6'900.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	15	225.00		3'400.00
	Elektro und Steuerung Technik Gebäude				100'000.00	
	2 Schaltschränke, Hilfsbetriebe	Stk.	1	35'000.00		35'000.00
	SPS Steuerung	Stk.	1	35'000.00		35'000.00
	Elektroinstallationen (Verkabelung, Beleuchtung)	Stk.	1	20'000.00		20'000.00
	Potentialausgleich, Erdung, Personenschutz	Stk.	1	10'000.00		10'000.00
1	Leitungsbau				5'714'200.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	5'714'200.00		0.00
	Tiefbau (Leitungsnetz)				3'775'000.00	
	Tiefbau Wärmenetz, Feld (Verlegung 2 Leitungen)	m	1580	800.00		1'264'000.00
	Tiefbau Wärmenetz, Strasse (Verlegung 2 Leitungen)	m	2365	1'000.00		2'365'000.00
	Bachquerung Unterdorfstrasse / Schwerzenbachstrasse (Ausgedohlt)	Stk.	1	50'000.00		50'000.00
	Kabelzugschächte Signalkabel	Stk.	27	3'000.00		81'000.00
	Kontrollschächte Entlüftung / Absperrung	Stk.	5	3'000.00		15'000.00
	Kabelschutzrohre Signalkabel	m	3945	15.00		0.00
	Leitungsbau				1'939'200.00	
	Leitungen DN355 mit Isolation mit Verlegung	m	930	468.00		435'300.00
	Leitungen DN315 mit Isolation mit Verlegung	m	735	468.00		344'000.00
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	0	456.00		
	Leitungen DN250 mit Isolation mit Verlegung	m	0	369.00		
	Leitungen DN225 mit Isolation mit Verlegung	m	1000	282.00		282'000.00
	Leitungen DN200 mit Isolation mit Verlegung	m	410	243.00		99'700.00
	Leitungen DN180 mit Isolation mit Verlegung	m	0	195.00		
	Leitungen DN160 mit Isolation mit Verlegung	m	510	186.00		94'900.00
	Leitungen DN140 mit Isolation mit Verlegung	m	260	153.00		39'800.00
	Leitungen DN125 mit Isolation mit Verlegung	m	100	147.00		14'700.00
	Leitungen DN63 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN50 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN40 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN355 mit Verlegung	m	930	252.00		234'400.00
	Leitungen DN315 mit Verlegung	m	735	195.00		143'400.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	0	225.00		
	Leitungen DN250 mit Verlegung	m	0	181.00		
	Leitungen DN225 mit Verlegung	m	1000	96.00		96'000.00
	Leitungen DN200 mit Verlegung	m	410	110.00		45'100.00
	Leitungen DN180 mit Verlegung	m	0	90.00		
	Leitungen DN160 mit Verlegung	m	510	72.00		36'800.00
	Leitungen DN140 mit Verlegung	m	260	54.00		14'100.00
	Leitungen DN125 mit Verlegung	m	100	45.00		4'500.00
	Leitungen DN63 mit Verlegung	m	0	14.00		
	Leitungen DN50 mit Verlegung	m	0	9.00		
	Leitungen DN40 mit Verlegung	m	0	6.00		
	Entlüftungsarmaturen	Stk.	5	2'000.00		10'000.00
	Dichtheitsprüfung	Stk.	1	5'000.00		5'000.00
	Signalkabel	m	3945	10.00		39'500.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken				0.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	0.00		0.00
	Anpassung am Spülbecken					0.00
	Bauarbeiten Abwasserbecken					0.00
	Mess und Steuertechnik					0.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Energielieferant				6'210'200.00	
0	Anlagentechnik Pumpzentrale					496'000.00
1	Leitungsbau					5'714'200.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken					0.00

Projektbewertung nach der Annuitätenmethode

Variante 2

Projektbezeichnung: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden
 Einheit der Kosten/Erlöse: CHF

Bewertungsdatum: 19.04.2024
 Steuerrechtlicher Sitz: Fällanden (ZH)

Energieversorger: Kapitalkosten						
Finanzierung						
Eigenkapitalzins	2.0%	(nachsüssig gezahlt)	Gewinnsteuersatz	0.0%		
Fremdkapitalzins	2.0%	(nachsüssig gezahlt)	WACC nominal	2.0%		
Eigenkapitalquote	67%		WACC real	1.0%		
Inflationsrate	1.0%		Zinsfaktor	1.010		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		Zinsfaktor ⁿ	1.218		
Anlagenbezeichnung	Kosten (Barwert)	Nutzungsdauer	Jährlicher Wertverlust	Restwert (Buchwert)	Liquidationserlös	
Anlagentechnik Pumpzentrale	0		0	0	0	0
Abwasserkreis	101'900	20	5'095	0	0	0
Fernwärmenetz	287'200	20	14'360	0	0	0
Elektro und Steuerung Technik Gel	100'000	20	5'000	0	0	0
Tiefbau (Leitungsnetz)	3'775'000	50	75'500	2'265'000	2'265'000	0
Leitungsbau	1'939'200	50	38'784	1'163'520	1'163'520	0
Abwasserfassung - Ausbau Abwas.	0		0	0	0	0
Bauarbeiten Abwasserbecken	0	50	0	0	0	0
Diverses und Unvorhergesehenes	1'560'000	0	0	0	0	0
Honorare und Bauleitung	1'170'000	50	23'400	702'000	702'000	0
Baunebenkosten	780'000	50	15'600	468'000	468'000	0
MwSt. gerundet	790'000	50	15'800	474'000	474'000	0
Initiale Projektkosten	10'503'300	Reg. Abschreibungen	193'539	Sonderabschreibung	0	0
Energieversorger: Verbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen						
Kostenart	Menge	Preis [CHF/kWh]	Variable Kosten	Fixkosten	Kosten	
Wärmepumpe	0.00	0.26	0	0	0	0
Pumpe Abwasserkreis	72'600.00	0.26	18'513	0	18'513	0
Pumpe Fernwärmekreis	594'000.00	0.26	151'470	0	151'470	0
Pumpe Hausanschluss	0.00	0.26	0	0	0	0
Standby-Strom	0.00	0.26	0	0	0	0
Subtotal			169'983	0	169'983	0
Energieversorger: Instandhaltungskosten (Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Optimierung)						
Anlagenbezeichnung	Planbare Instandhaltungskosten	Fixkosten	Nicht planbare Kosten (Risiken)	Var. Kosten	Kosten	
Bauprojekt	Ansatz von Neuwert		Ansatz von Neuwert			
Abwasserkreis	1.00%	0	0.10%	0	0	0
Fernwärmenetz	1.00%	1'019	0.10%	102	1'121	0
Elektro und Steuerung Technik Gel	1.00%	2'872	0.10%	287	3'159	0
Tiefbau (Leitungsnetz)	1.00%	1'000	0.10%	100	1'100	0
Leitungsbau	0.10%	3'775	0.20%	7'550	11'325	0
Bauarbeiten Abwasserbecken	0.10%	1'939	0.20%	3'878	5'818	0
Diverses und Unvorhergesehenes	0.20%	0	0.20%	0	0	0
Honorare und Bauleitung	0.00%	0	0.00%	0	0	0
Baunebenkosten	0.00%	0	0.00%	0	0	0
Subtotal		10'605		11'918	22'523	0
Energieversorger Betriebskosten (Personal, Dienstleistungen Dritter, Mieten/Pachten, Gebühren/Abgaben, Versicherungen etc.)						
Kostenart	Menge	Kosten pro Einheit	Anteil Variabel	Variable Kosten	Jährliche Kosten	
Personalkosten (10% Stelle) FTE	0.1	60000	50%	3'000	6'000	0
Inspektionskosten	1	2000	0%	0	2'000	0
Versicherungen (0.5% Kapitalkoste)	0.005	10'503'300	0%	0	52'517	0
Subtotal				3'000	60'517	0
Energieversorger: Preisbildung						
Kostenbasis	Kapitalkosten (Barwert)	Kapitalkosten (Annuität)	Steuern	Gemeinkosten	Erlös	
	10'503'300	581'464	0	-100'000	0	
	Variable Betriebskosten	Fixe Betriebskosten				
	184'901	68'122				
	Total Jahreskosten					
	734'486					
Produkt / Kostenträger	Menge (MWh/a)	Kostenanteil	Ziel-Gewinnspanne	Preis pro Einheit (CHF/MWh)	Erlös	
Kaltwärme	13'080	100.0%	0.0%	56	734'486	
Subtotal		100%			734'486	

ANHANG 3

VARIANTE 3

Kostenschätzung
Variante 3

Kostengenauigkeit ± 30 %

19.04.2023

Bauobjekt / Projekt:
Projektphase

Abwasserwärmenutzung ARA Fällangen
Machbarkeitsstudie

D10015

Beschrieb / Arbeitsbeschrieb		Kosten Fr.
Investitionskosten für Energielieferant		
BKP Position		
Bauprojekt		
0	Anlagentechnik Pumpzentrale	
	Abwasserkreis	101'900.00
	Fernwärmenetz	287'200.00
	Elektro und Steuerung Technik Gebäude	100'000.00
1	Leitungsbau	
	Tiefbau (Leitungsnetz)	4'046'000.00
	Leitungsbau	1'915'900.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken	
	Bauarbeiten Abwasserbecken	0.00
	Zwischentotal	6'451'000.00
	Diverses und Unvorhergesehenes 25.00%	1'620'000.00
	Baukosten	8'071'000.00
	Honorare und Bauleitung 15.00%	1'220'000.00
	Baunebenkosten 10.00%	810'000.00
	Projektkosten	10'101'000.00
	MwSt. gerundet 8.10%	820'000.00
	Projektkosten inkl. NK und MwSt.	10'921'000.00
	Total Projektkosten inkl. NK, MwSt. und Landerwerb	10'921'000.00

Kostenschätzung

Kostengenaugigkeit +-30%

19.04.2024

Variante: Leitungsverlauf Variante 3

Bauobjekt / Projekt: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden

D10015

Projektphase: Machbarkeitsstudie

BKP / Pos Nr:	Beschrieb / Arbeitsbeschreibung	Einheit	Total	Einheitspreis Fr.	Zwisch.tot. Fr.	Summe Fr.
0	Anlagentechnik Pumpzentrale				496'000.00	
	Abwasserkreis				101'900.00	
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	15	456.00		6'900.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	15	225.00		3'400.00
	Pumpe mit Montage	Stk.	3	30'000.00		90'000.00
	Armaturen (Ventile)	Stk.	9	500.00		4'500.00
	Messtechnik (Sensoren)	Stk.	5	800.00		4'000.00
	Fernwärmenetz				287'200.00	
	Wärmetauscher	Stk.	4	18'200.00		72'800.00
	Montage + Anlieferung Wärmetauscher	Stk.	4	9'100.00		36'400.00
	Pumpe mit Montage	Stk.	3	50'000.00		150'000.00
	Expansionsgefäß	Stk.	1	10'000.00		10'000.00
	Armaturen (Ventile)	Stk.	9	500.00		4'500.00
	Messtechnik (Sensoren)	Stk.	4	800.00		3'200.00
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	15	456.00		6'900.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	15	225.00		3'400.00
	Elektro und Steuerung Technik Gebäude				100'000.00	
	2 Schaltschränke, Hilfsbetriebe	Stk.	1	35'000.00		35'000.00
	SPS Steuerung	Stk.	1	35'000.00		35'000.00
	Elektroinstallationen (Verkabelung, Beleuchtung)	Stk.	1	20'000.00		20'000.00
	Potentialausgleich, Erdung, Personenschutz	Stk.	1	10'000.00		10'000.00
1	Leitungsbau				5'961'900.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	5'961'900.00		0.00
	Tiefbau (Leitungsnetz)				4'046'000.00	
	Tiefbau Wärmenetz, Feld (Verlegung 2 Leitungen)	m	1580	800.00		1'264'000.00
	Tiefbau Wärmenetz, Strasse (Verlegung 2 Leitungen)	m	2680	1'000.00		2'680'000.00
	Kabelzugschächte Signalkabel	Stk.	29	3'000.00		87'000.00
	Kontrollschächte Entlüftung / Absperrung	Stk.	5	3'000.00		15'000.00
	Kabelschutzrohre Signalkabel	m	4260	15.00		0.00
	Leitungsbau				1'915'900.00	
	Leitungen DN355 mit Isolation mit Verlegung	m	0	468.00		
	Leitungen DN315 mit Isolation mit Verlegung	m	0	468.00		
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	0	456.00		
	Leitungen DN250 mit Isolation mit Verlegung	m	2600	369.00		959'400.00
	Leitungen DN225 mit Isolation mit Verlegung	m	0	282.00		
	Leitungen DN200 mit Isolation mit Verlegung	m	410	243.00		99'700.00
	Leitungen DN180 mit Isolation mit Verlegung	m	0	195.00		
	Leitungen DN160 mit Isolation mit Verlegung	m	510	186.00		94'900.00
	Leitungen DN140 mit Isolation mit Verlegung	m	640	153.00		98'000.00
	Leitungen DN125 mit Isolation mit Verlegung	m	100	147.00		14'700.00
	Leitungen DN63 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN50 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN40 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN355 mit Verlegung	m	0	252.00		
	Leitungen DN315 mit Verlegung	m	0	195.00		
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	0	225.00		
	Leitungen DN250 mit Verlegung	m	2600	181.00		470'600.00
	Leitungen DN225 mit Verlegung	m	0	96.00		
	Leitungen DN200 mit Verlegung	m	410	110.00		45'100.00
	Leitungen DN180 mit Verlegung	m	0	90.00		
	Leitungen DN160 mit Verlegung	m	510	72.00		36'800.00
	Leitungen DN140 mit Verlegung	m	640	54.00		34'600.00
	Leitungen DN125 mit Verlegung	m	100	45.00		4'500.00
	Leitungen DN63 mit Verlegung	m	0	14.00		
	Leitungen DN50 mit Verlegung	m	0	9.00		
	Leitungen DN40 mit Verlegung	m	0	6.00		
	Entlüftungsarmaturen	Stk.	5	2'000.00		10'000.00
	Dichtheitsprüfung	Stk.	1	5'000.00		5'000.00
	Signalkabel	m	4260	10.00		42'600.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken				0.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	0.00		0.00
	Anpassung am Spülbecken					0.00
	Bauarbeiten Abwasserbecken					0.00
	Mess und Steuertechnik					0.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Energielieferant				6'457'900.00	
0	Anlagentechnik Pumpzentrale					496'000.00
1	Leitungsbau					5'961'900.00
2	Abwasserfassung - Ausbau Abwasserbecken					0.00

Projektbewertung nach der Annuitätenmethode

Variante 3

Projektbezeichnung: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden
 Einheit der Kosten/Erlöse: CHF

Bewertungsdatum: 19.04.2024
 Steuerrechtlicher Sitz: Fällanden (ZH)

Energieversorger: Kapitalkosten						
Finanzierung						
Eigenkapitalzins	2.0%	(nachsüssig gezahlt)	Gewinnsteuersatz	0.0%		
Fremdkapitalzins	2.0%	(nachsüssig gezahlt)	WACC nominal	2.0%		
Eigenkapitalquote	67%		WACC real	1.0%		
Inflationsrate	1.0%		Zinsfaktor	1.010		
Betrachtungsdauer	20 Jahre		Zinsfaktor ⁿ	1.218		
Anlagenbezeichnung	Kosten (Barwert)	Nutzungsdauer	Jährlicher Wertverlust	Restwert (Buchwert)	Liquidationserlös	
Anlagentechnik Pumpzentrale	0		0	0	0	
Abwasserkreis	101'900	20	5'095	0	0	
Fernwärmenetz	287'200	20	14'360	0	0	
Elektro und Steuerung Technik Gel	100'000	20	5'000	0	0	
Tiefbau (Leitungsnetz)	4'046'000	50	80'920	2'427'600	2'427'600	
Leitungsbau	1'915'900	50	38'318	1'149'540	1'149'540	
Abwasserfassung - Ausbau Abwas.	0		0	0	0	
Bauarbeiten Abwasserbecken	0	50	0	0	0	
Diverses und Unvorhergesehenes	1'620'000	0	0	0	0	
Honorare und Bauleitung	1'220'000	50	24'400	732'000	732'000	
Baunebenkosten	810'000	50	16'200	486'000	486'000	
MwSt. gerundet	820'000	50	16'400	492'000	492'000	
Initiale Projektkosten	10'921'000	Reg. Abschreibungen	200'693	Sonderabschreibung	0	
Energieversorger: Verbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen						
Kostenart	Menge	Preis [CHF/kWh]	Variable Kosten	Fixkosten	Kosten	
Wärmepumpe	0.00	0.26	0	0	0	
Pumpe Abwasserkreis	72'600.00	0.26	18'513	0	18'513	
Pumpe Fernwärmekreis	594'000.00	0.26	151'470	0	151'470	
Pumpe Hausanschluss	0.00	0.26	0	0	0	
Standby-Strom	0.00	0.26	0	0	0	
Subtotal			169'983	0	169'983	
Energieversorger: Instandhaltungskosten (Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Optimierung)						
Anlagenbezeichnung	Planbare Instandhaltungskosten	Fixkosten	Nicht planbare Kosten (Risiken)	Var. Kosten	Kosten	
Bauprojekt	Ansatz von Neuwert		Ansatz von Neuwert			
Abwasserkreis	1.00%	1'019	0.10%	102	1'121	
Fernwärmenetz	1.00%	2'872	0.10%	287	3'159	
Elektro und Steuerung Technik Gel	1.00%	1'000	0.10%	100	1'100	
Tiefbau (Leitungsnetz)	0.10%	4'046	0.20%	8'092	12'138	
Leitungsbau	0.10%	1'916	0.20%	3'832	5'748	
Bauarbeiten Abwasserbecken	0.20%	0	0.20%	0	0	
Diverses und Unvorhergesehenes	0.00%	0	0.00%	0	0	
Honorare und Bauleitung	0.00%	0	0.00%	0	0	
Baunebenkosten	0.00%	0	0.00%	0	0	
Subtotal		10'853		12'413	23'266	
Energieversorger Betriebskosten (Personal, Dienstleistungen Dritter, Mieten/Pachten, Gebühren/Abgaben, Versicherungen etc.)						
Kostenart	Menge	Kosten pro Einheit	Anteil Variabel	Variable Kosten	Jährliche Kosten	
Personalkosten (10% Stelle) FTE	0.1	60'000	50%	3'000	6'000	
Inspektionskosten	1	2'000	0%	0	2'000	
Versicherungen (0.5% Kapitalkoste)	0.005	10'921'000	0%	0	54'605	
Subtotal				3'000	62'605	
Energieversorger: Preisbildung						
Kostenbasis	Kapitalkosten (Barwert)	Kapitalkosten (Annuität)	604'588	Steuern	0	
	Variable Betriebskosten	Fixe Betriebskosten	70'458	Gemeinkosten	-100'000	
	Total Jahreskosten					
	760'441					
Produkt / Kostenträger	Menge (MWh/a)	Kostenanteil	Ziel-Gewinnspanne	Preis pro Einheit (CHF/MWh)	Erlös	
Kaltwärme	12'000	100.0%	0.0%	63	760'441	
				0	0	
				0	0	
Subtotal		100%			760'441	

ANHANG 4

BEISPIEL-ENERGIEZENTRALEN

Kostenschätzung	Kostengenauigkeit ± 30 %	26.04.2023
Energiezentrale: Variante 1 (240 kW Heizleistung)		
Energiezentrale: Variante 2 (90 kW Heizleistung)		
Baubjekt / Projekt:	Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden	D10015
Projektphase	Machbarkeitsstudie	

Beschrieb / Arbeitsbeschrieb		Kosten Fr.
Investitionskosten: Energiezentrale (240kW Heizleistung)		
BKP	Position	
	Bauprojekt	
1	Energiezentrale 240kW He Anzahl: 1	
	Leitungen	36'200.00
	Energiezentrale	370'000.00
	Zwischentotal	406'200.00
	Diverses und Unvorhergesehenes 0.00%	0.00
	Baukosten	406'200.00
	Honorare und Bauleitung 0.00%	0.00
	Baunebenkosten 0.00%	0.00
	Projektkosten	406'200.00
	MwSt. gerundet 8.10%	40'000.00
	Projektkosten inkl. NK und MwSt.	446'200.00
	Förderprogramm Kanton ZH	0.00
	Total Projektkosten inkl. NK, MwSt. und Förderprogramm	446'200.00
Investitionskosten: Energiezentrale (90 kW Heizleistung)		
BKP	Position	
	Bauprojekt	
1	Energiezentrale 90 kW Hei Anzahl: 1	
	Leitungen	36'200.00
	Energiezentrale	152'000.00
	Zwischentotal	188'200.00
	Diverses und Unvorhergesehenes 0.00%	0.00
	Baukosten	188'200.00
	Honorare und Bauleitung 0.00%	0.00
	Baunebenkosten 0.00%	0.00
	Projektkosten	188'200.00
	MwSt. gerundet 8.10%	20'000.00
	Projektkosten inkl. NK und MwSt.	208'200.00
	Förderprogramm Kanton ZH	0.00
	Total Projektkosten inkl. NK, MwSt. und Förderprogramm	208'200.00

Kostenschätzung

Kostengenauigkeit +-30%

26.04.2024

Variante: Energiezentrale Variante 1 (240 kW Heizleistung)
Energiezentrale Variante 2 (90 kW Heizleistung)

Bauobjekt / Projekt: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden

D10015

Projektphase: Machbarkeitsstudie

BKP / Pos Nr:	Beschrieb / Arbeitsbeschreibung	Einheit	Total	Einheitspreis Fr.	Zwisch.tot. Fr.	Summe Fr.
1	Energiezentrale 240kW Heizleistung				406'200.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	36'200.00		0.00
	Leitungen				36'200.00	
	Kernbohrungen	Stk.	2	800.00		1'600.00
	Leitungen DN80	m	30	24.00		800.00
	Leitungen DN80 Isoliert	m	30	126.00		3'800.00
	Leitungsverlegung	CHF/m	30	1'000.00		30'000.00
	Energiezentrale				370'000.00	
	Wärmepumpe	Stk.	1	95'000.00		95'000.00
	Kosten Installationen Energiezentrale	Stk.	1	255'000.00		255'000.00
	Entsorgung der Alten Anlage	Stk.	1	20'000.00		20'000.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Energiezentrale 240 kW Heizleistung				406'200.00	
1	Energiezentrale 240kW Heizleistung					406'200.00
1	Energiezentrale 90 kW Heizleistung				188'200.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	36'200.00		0.00
	Leitungen				36'200.00	
	Kernbohrungen	Stk.	2	800.00		1'600.00
	Leitungen DN50	m	30	24.00		800.00
	Leitungen DN50 Isoliert	m	30	126.00		3'800.00
	Leitungsverlegung	CHF/m	30	1'000.00		30'000.00
	Energiezentrale				152'000.00	
	Wärmepumpe	Stk.	1	36'000.00		36'000.00
	Kosten Installationen Energiezentrale	Stk.	1	96'000.00		96'000.00
	Entsorgung der alten Anlage	Stk.	1	20'000.00		20'000.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Energiezentrale 90kW Heizleistung				188'200.00	
1	Energiezentrale 90 kW Heizleistung					188'200.00

Projektbewertung nach der Annuitätenmethode

Energiezentrale: Variante 1 (240 kW Heizleistung)

Projektbezeichnung: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden
 Einheit der Kosten/Erlöse: CHF

Bewertungsdatum: 26.04.2024
 Steuerrechtlicher Sitz: Fällanden (ZH)

240 kW Energiezentrale: Kapitalkosten					
Finanzierung					
Eigenkapitalzins	2.0%	(nachschiüssig gezahlt)	Gewinnsteuersatz	0.0%	
Fremdkapitalzins	2.0%	(nachschiüssig gezahlt)	WACC nominal	2.0%	
Eigenkapitalquote	67%		WACC real	1.0%	
Inflationsrate	1.0%		Zinsfaktor	1.010	
Betrachtungsdauer	20 Jahre		Zinsfaktor ⁿ	1.218	
Anlagenbezeichnung	Kosten (Barwert)	Nutzungsdauer	Jährlicher Wertverlust	Restwert (Buchwert)	Liquidationserlös
Leitungen	36'200	50	724	0	0
Energiezentrale	370'000	20	18'500	0	0
Diverses und Unvorhergesehenes	0	0	0	0	0
Honorare und Bauleitung	0	20	0	0	0
Baunebenkosten	0	20	0	0	0
MwSt. gerundet	40'000	20	2'000	0	0
Förderprogramm Kanton ZH	0	20	0	0	0
Initiale Projektkosten	446'200	Reg. Abschreibungen	21'224	Sonderabschreibung	0

240 kW Energiezentrale: Verbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen					
Kostenart	Menge [kWh]	Preis [CHF/kWh]	Variable Kosten	Fixkosten	Kosten
Wärmepumpe	132'000.00	0.26	33'660	0	33'660
Pumpe Hausanschluss	220.00	0.26	56	0	56
Standby-Strom	660.00	0.26	168	0	168
			0	0	0
			0	0	0
Subtotal			33'884	0	33'884

240 kW Energiezentrale: Instandhaltungskosten (Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Optimierung)					
Anlagenbezeichnung	Planbare Instandhaltungskosten	Fixkosten	Nicht planbare Kosten (Risiken)	Var. Kosten	Kosten
	Ansatz von Neuwert		Ansatz von Neuwert		
Leitungen	0.00%	0	0.00%	0	0
Energiezentrale	1.00%	3'500	0.00%	0	3'500
Diverses und Unvorhergesehenes	0.00%	0	0.00%	0	0
Honorare und Bauleitung	0.00%	0	0.00%	0	0
Baunebenkosten	0.00%	0	0.00%	0	0
Subtotal		3'500		0	3'500

240 kW Energiezentrale: Betriebskosten (Personal, Dienstleistungen Dritter, Mieten/Pachten, Gebühren/Abgaben, Versicherungen etc.)					
Kostenart	Menge	Kosten pro Einheit	Anteil Variabel	Variable Kosten	Jährliche Kosten
Versicherungen (0.5% Kapitalkoste)	0.005	446'200	0%	0	2'231
Subtotal				0	2'231

240 kW Energiezentrale: Preisbildung					
Kostenbasis					
Kapitalkosten (Barwert)	446'200	Kapitalkosten (Annuität)	24'702	Steuern	0
Variable Betriebskosten	33'884	Fixe Betriebskosten	5'731	Gemeinkosten	0
Total Jahreskosten	64'317				
Produkt / Kostenträger	Wärmebedarf (MWh/a)	Kaltwärmepreis (CHF/MWh)	Strompreis (CHF/MWh)	Preis pro Einheit (CHF/MWh)	Wärmekosten pro Jahr (CHF)
Wärme ohne Annuität	528	52	255	114	60'207
Wärme mit Annuität	528	52	255	161	84'909
Subtotal					84'909

Projektbewertung nach der Annuitätenmethode

Energiezentrale: Variante 2 (90 kW Heizleistung)

Projektbezeichnung: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden
 Einheit der Kosten/Erlöse: CHF

Bewertungsdatum: 26.04.2024
 Steuerrechtlicher Sitz: Fällanden (ZH)

90 kW Energiezentrale: Kapitalkosten					
Finanzierung					
Eigenkapitalzins	2.0%	(nachschiüssig gezahlt)	Gewinnsteuersatz	0.0%	
Fremdkapitalzins	2.0%	(nachschiüssig gezahlt)	WACC nominal	2.0%	
Eigenkapitalquote	67%		WACC real	1.0%	
Inflationsrate	1.0%		Zinsfaktor	1.010	
Betrachtungsdauer	20 Jahre		Zinsfaktor ⁿ	1.218	
Anlagenbezeichnung	Kosten (Barwert)	Nutzungsdauer	Jährlicher Wertverlust	Restwert (Buchwert)	Liquidationserlös
Leitungen	36'200	50	724	0	0
Energiezentrale	152'000	20	7'600	0	0
Diverses und Unvorhergesehenes	0	0	0	0	0
Honorare und Bauleitung	0	20	0	0	0
Baunebenkosten	0	20	0	0	0
MwSt. gerundet	20'000	20	1'000	0	0
Förderprogramm Kanton ZH	0	20	0	0	0
Initiale Projektkosten	208'200	Reg. Abschreibungen	9'324	Sonderabschreibung	0

90 kW Energiezentrale: Verbrauch an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen					
Kostenart	Menge [kWh]	Preis [CHF/kWh]	Variable Kosten	Fixkosten	Kosten
Wärmepumpe	49'500.00	0.26	12'623	0	12'623
Pumpe Hausanschluss	220.00	0.26	56	0	56
Standby-Strom	247.50	0.26	63	0	63
			0	0	0
			0	0	0
Subtotal			12'742	0	12'742

90 kW Energiezentrale: Instandhaltungskosten (Wartung, Reparatur, Instandsetzung, Optimierung)					
Anlagenbezeichnung	Planbare Instandhaltungskosten	Fixkosten	Nicht planbare Kosten (Risiken)	Var. Kosten	Kosten
	Ansatz von Neuwert		Ansatz von Neuwert		
Leitungen	0.00%	0	0.00%	0	0
Energiezentrale	1.00%	1'320	0.00%	0	1'320
Diverses und Unvorhergesehenes	0.00%	0	0.00%	0	0
Honorare und Bauleitung	0.00%	0	0.00%	0	0
Baunebenkosten	0.00%	0	0.00%	0	0
Subtotal		1'320		0	1'320

90 kW Energiezentrale: Betriebskosten (Personal, Dienstleistungen Dritter, Mieten/Pachten, Gebühren/Abgaben, Versicherungen etc.)					
Kostenart	Menge	Kosten pro Einheit	Anteil Variabel	Variable Kosten	Jährliche Kosten
Versicherungen (0.5% Kapitalkoste)	0.005	208'200	0%	0	1'041
Subtotal				0	1'041

90 kW Energiezentrale: Preisbildung					
Kostenbasis					
Kapitalkosten (Barwert)	208'200	Kapitalkosten (Annuität)	11'526	Steuern	0
Variable Betriebskosten	12'742	Fixe Betriebskosten	2'361	Gemeinkosten	0
Total Jahreskosten	26'629				
Produkt / Kostenträger	Wärmebedarf (MWh/a)	Kaltwärmepreis (CHF/MWh)	Strompreis (CHF/MWh)	Preis pro Einheit (CHF/MWh)	Wärmekosten pro Jahr (CHF)
Wärme ohne Annuität	198	52	255	115	22'825
Wärme mit Annuität	198	52	255	173	34'351
Subtotal					34'351

ANHANG 5

BESTEHENDES NETZ

Kostenschätzung Kostengenauigkeit +-30% 15.05.2024

Variante: Bestehendes Netz im Industriereal

Bauobjekt / Projekt: Abwasserwärmenutzung ARA Fällanden D10015

Projektphase Machbarkeitsstudie

BKP / Pos Nr:	Beschrieb / Arbeitsbeschreibung	Einheit	Total	Einheitspreis Fr.	Zwisch.tot. Fr.	Summe Fr.
0	Anlagentechnik Pumpzentrale				200'000.00	
	Pauschalpreis bestehende Installationen (inkl. Altersentwertung)				200'000.00	
	Wärmetauscher, Pumpen, Leitungen, Elektro- und Steuertechnik	Stk.	1	200'000.00		200'000.00
1	Leitungsbau				1'286'400.00	
	Allgemeine Installation und Regie	%	0%	1'286'400.00		0.00
	Tiefbau (Leitungsnetz)				863'000.00	
	Tiefbau Wärmenetz, Feld (Verlegung 2 Leitungen)	m	200	800.00		160'000.00
	Tiefbau Wärmenetz, Strasse (Verlegung 2 Leitungen)	m	670	1'000.00		670'000.00
	Kabelzugschächte Signalkabel	Stk.	6	3'000.00		18'000.00
	Kontrollschächte Entlüftung / Absperrung	Stk.	5	3'000.00		15'000.00
	Kabelschutzrohre Signalkabel	m	870	15.00		0.00
	Leitungsbau				423'400.00	
	Leitungen DN355 mit Isolation mit Verlegung	m	0	468.00		
	Leitungen DN315 mit Isolation mit Verlegung	m	200	468.00		93'600.00
	Leitungen DN280 mit Isolation mit Verlegung	m	0	456.00		
	Leitungen DN250 mit Isolation mit Verlegung	m	325	369.00		120'000.00
	Leitungen DN225 mit Isolation mit Verlegung	m	0	282.00		
	Leitungen DN200 mit Isolation mit Verlegung	m	70	243.00		17'100.00
	Leitungen DN180 mit Isolation mit Verlegung	m	0	195.00		
	Leitungen DN160 mit Isolation mit Verlegung	m	130	186.00		24'200.00
	Leitungen DN140 mit Isolation mit Verlegung	m	120	153.00		18'400.00
	Leitungen DN125 mit Isolation mit Verlegung	m	25	147.00		3'700.00
	Leitungen DN63 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN50 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN40 mit Isolation mit Verlegung	m	0	108.00		
	Leitungen DN355 mit Verlegung	m	0	252.00		
	Leitungen DN315 mit Verlegung	m	200	195.00		39'000.00
	Leitungen DN280 mit Verlegung	m	0	225.00		
	Leitungen DN250 mit Verlegung	m	325	181.00		58'900.00
	Leitungen DN225 mit Verlegung	m	0	96.00		
	Leitungen DN200 mit Verlegung	m	70	110.00		7'700.00
	Leitungen DN180 mit Verlegung	m	0	90.00		
	Leitungen DN160 mit Verlegung	m	130	72.00		9'400.00
	Leitungen DN140 mit Verlegung	m	120	54.00		6'500.00
	Leitungen DN125 mit Verlegung	m	25	45.00		1'200.00
	Leitungen DN63 mit Verlegung	m	0	14.00		
	Leitungen DN50 mit Verlegung	m	0	9.00		
	Leitungen DN40 mit Verlegung	m	0	6.00		
	Entlüftungsarmaturen	Stk.	5	2'000.00		10'000.00
	Dichtheitsprüfung	Stk.	1	5'000.00		5'000.00
	Signalkabel	m	870	10.00		8'700.00
2	Altersentwertung Leitungsnetz				-128'700.00	
	Altersentwertung Leitungsnetz				-128'700.00	
	Wertverlust für 5-Jähriges Netz	%	10%	-1'286'400.00		-128'700.00
	Zusammenstellung Zwischentotal Energielieferant				1'357'700.00	
0	Anlagentechnik Pumpzentrale					200'000.00
1	Leitungsbau					1'286'400.00
2	Altersentwertung Leitungsnetz					-128'700.00