

PLANAIR SA ingénieurs conseils SIA
info@planair.ch | www.planair.ch
No TVA : CH-109.423.608

PLANAIR
Ingénieurs conseils en énergies et environnement

Machbarkeitsstudie

"Wärmeverbund in Twann - Chlyne Twann"

An:

Verein Wärmeverbund Twann – Chlyne Twann
CH-2513 Twann

SOMMAIRE

1.	Einleitung.....	3
2.	Analyse	3
2.1	Wärmebedarf Dorfzentrum.....	3
2.2	Wärmedichte	4
2.3	Schlussfolgerungen der Bedarfsanalyse	5
3.	Dimensionierung der Infrastruktur	6
3.1	Wärmenetzkonzept	6
3.2	Leitungsführung des Wärmenetzes.....	6
3.3	Holzheizung	7
3.4	Seewassernutzung.....	8
4.	Wirtschaftlichkeit	12
4.1	Annahmen	12
4.2	Ergebnisse	12
4.3	Sensibilitätsanalyse	15
5.	Schlussfolgerung und Empfehlungen	16

Version N°	Datum	Autor	Korrekturleser	Verteilung
01a	28.04.2020	Deschaintre		
01b	04.05.2020		Schaller	Verein Wärmeverbund Twann Chlyne Twann
02	05.06.2020	Deschaintre	Schaller	Verein Wärmeverbund Twann Chlyne Twann

1. Einleitung

Der Verein «Wärmeverbund Twann» hat Planair SA beauftragt, die Machbarkeit eines Fernwärmenetzes in Twann zu evaluieren. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse zusammen, er analysiert den Wärmebedarf von zwei technischen Lösungen für die Wärmeversorgung:

- a) mit Holzheizung
- b) mit Seewasserheizung, zentral oder dezentral.

Die technische und wirtschaftliche Machbarkeit wurde für beide Lösungen überprüft.

2. Analyse

Die Infrastruktur eines Wärmenetzes ist teuer. Die entsprechende Investition lohnt sich nur, wenn genug Bedarf damit gedeckt werden kann. Die Energiedichte des zu versorgenden Gebiets ist für die Wirtschaftlichkeit des Projektes ausschlaggebend. Die Analyse ist daher auf das Gebiet von Chlyne Twann – Dorfkern Twann begrenzt, wo die Energiedichte hoch genug ist.

2.1 Wärmebedarf Dorfzentrum

2.1.1 ANALYSE DER GEBÄUDE- UND WOHNUNGSREGISTER

Die GWR-Daten des eidg. Gebäude- und Wohnungsregisters der Gemeinde Twann wurden analysiert. Daraus ergibt sich ein Wärmebedarf für das betrachtete Gebiet von 8150 MWh pro Jahr und eine Spitzenleistung von 4250 kW.

2.1.2 ERGEBNISSE DER UMFRAGE

Der Verein hatte Ende 2019 die Gelegenheit, einen Fragebogen in das Infoblatt der Gemeinde beizulegen, um das Interesse am Wärmeverbund zu ermitteln. Die Resultate dieser Umfrage zeigen, dass 72 von 77 antwortenden Eigentümern bereit wären, sich anzuschliessen. Davon wohnen 6 leider zu weit entfernt von der Achse «Seepolizei – Schulhaus». 48 haben Interesse an einem Anschluss in 5 Jahren, und 18 in mehr als 10 Jahren.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Umfrage. Rot markiert sind die Gebäude, die sich sofort anschliessen würden, blau die Gebäude, die mittelfristig Interesse haben.

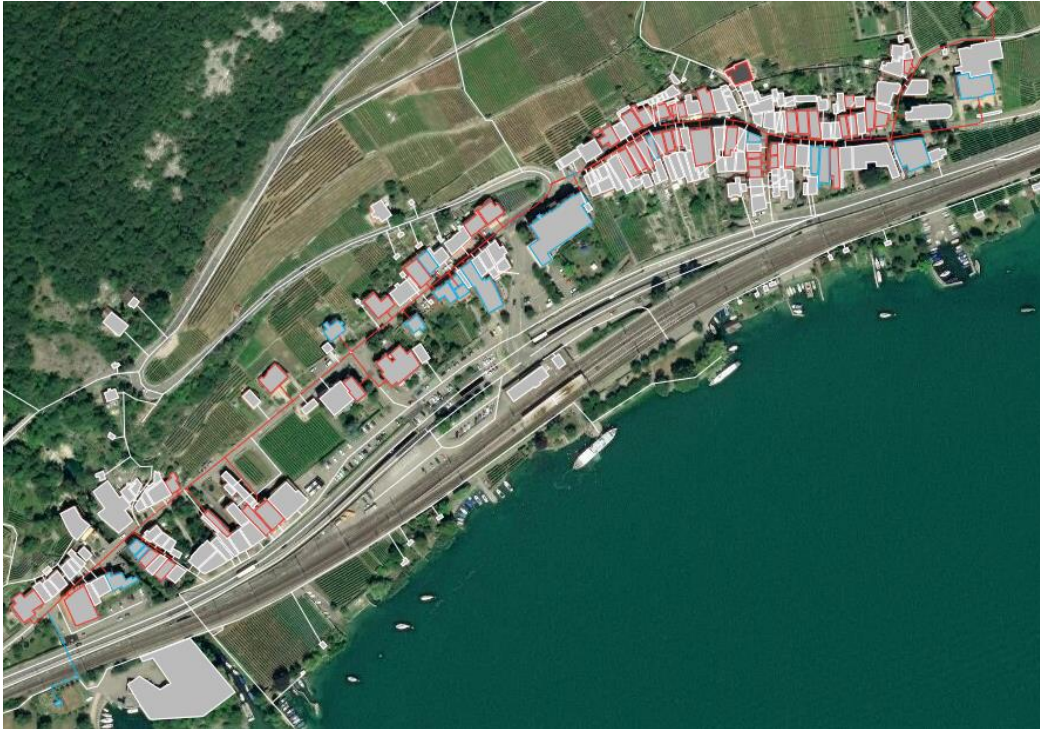


Abbildung 1 : Darstellung der Ergebnisse den Fragebögen

Die Daten der Fragebögen wurden mit der GWR-Datenbank verglichen, und wenn möglich kombiniert, um den Wärmebedarf zu berechnen. Die Daten der Fragebögen und der GWR Datenbank stimmen sehr gut überein. Nur im Hotel Bären muss eine Differenz plausibilisiert werden.

Die Eigentümer, die jetzt schon Interesse haben, machen 30% des totalen Wärmebedarfs aus, mit den Eigentümern, die bereit sind, sich in der zweiten Phase an den Wärmeverbund anzuschliessen, wären 50% erreicht. Als Grossverbraucher spielen die beiden Hotels eine wichtige Rolle: Das Hotel Fontana macht 10% des gesamten Wärmebedarfs der ersten Phase, und das Hotel Bären 20% des gesamten Wärmebedarfs der zweiten Phase aus.

- ⇒ Angesichts der obigen Zahlen empfiehlt Planair, den Wärmebedarf des Hotels Bären genauer zu prüfen. Im Rahmen dieser Studie wurden die Daten des GWR benutzt; diese sind für ein Gebäude dieser Grösse und Alters plausibler.

2.1.3 FAZIT WÄRMEBEDARF

Aus unserer Analyse ergeben sich drei Szenarien für das Wärmenetz:

- **Szenario 30 %:** Nur die Interessenten der ersten Phase schliessen sich an.
- **Szenario 50 %:** Die Interessenten von Phasen 1 und 2 schliessen sich innerhalb von 5 Jahre nach Inbetriebnahme an.
- **Szenario 75 %:** Weil das System zufriedenstellend funktioniert, schliessen sich innerhalb von 5 Jahren nach der Inbetriebnahme weitere Gebäude an, bis ungefähr 75% des gesamten Wärmebedarfs entlang der der Achse «Seepolizei – Schulhaus» gedeckt ist.

2.2 Wärmedichte

Die thermische Dichte entspricht der Wärmemenge pro Längeneinheit des Verteilnetzes (kWh/km). Je höher die Dichte ist, desto rentabler ist das Netz, und desto kleiner sind die Wärmeverluste der Rohrleitungen.

Machbarkeitsstudie "Wärmeverbund in Twann - Chlyne Twann"

Die Trassenlänge variiert zwischen den unterschiedlichen Szenarien kaum. Es wird angenommen, dass die Variante mit Holzheizung keine Erweiterung des Netzes erfordert, und dass die Variante mit Seewasser nur eine Verlängerung nötig macht, die der Entfernung zwischen der aktuellen ARA und der Seepolizei entspricht.

Das Analysetool der Daten des RegBL von Planair berechnet den Wärmebedarf für die Heizung und das Warmwasser für jedes Gebäude (Alter, Art der Nutzung) in kWh/m². Die notwendige Leistung wird dann auf der Basis von 2000 Stunden Volllast pro Jahr errechnet.

Tabelle 1 fasst die Ergebnisse zusammen:

	Jährlicher Heizbedarf [MWh]	Wärmeleistung [kW]	Trassenlänge in [m] - Variante Holzchnitzel	Trassenlänge in [m] - Variante Seewasser	Wärmedichte [MWh/m] – Var. Holzchnitzel	Wärmedichte [MWh/m] – Var. Seewasser
Szenario 1 (30 %)	2185	1184	1260	1342	1.7	1.6
Szenario 2 (50 %)	3906	2143	1345	1427	2.9	2.7
Szenario 3 (75%)	6125	3205	1480	1562	4.1	3.9
Wenn 100% angeschlossen	8167	4273	1480	1562	5.5	5.2

Tabelle 1 : Energiedichte für unterschiedliche Szenarien

Eine Wärmedichte von über 1.4MWh/m wird für die erste Ausbauphase, und 2MWh/m im Endausbau empfohlen, um die Wärmeverluste zu limitieren (Ziel: max. 10%). Dies bedeutet, dass beim Szenario 1, wenn nur 30 % des Wärmebedarfes benützt wird, dies nicht ganz ausreicht, um die Empfehlung einzuhalten. Auch ein Wärmeverbund, der dieses Kriterium nicht ganz einhält, kann trotzdem kostendeckend sein, aber die thermischen Verluste werden wahrscheinlich die 10% Marke überschreiten.

Auf der ganzen Länge des Netzes könnten insgesamt 144 Gebäude angeschlossen werden. Dies entspricht einem Wärmebedarf von 8167 MWh.

2.3 Schlussfolgerungen der Bedarfsanalyse

Die Analyse des Wärmebedarfs im Chlyne Twann und dem Dorfkern Twann zeigt, dass ein Wärmenetz aus technischer Sicht Sinn machen würde. Die Umfrage hat gezeigt, dass ein gewisses Interesse für ein solches Angebot im Dorf besteht.

Sollte das Projekt umgesetzt werden, sollten Eigentümer, die sich noch nicht positiv entschieden haben, proaktiv kontaktiert und informiert werden, damit die Kundenanzahl so schnell wie möglich erweitert wird. Je mehr Abonnenten es gibt, desto günstiger wird die Lösung für alle sein.

Ausserdem wird empfohlen, soweit als möglich die Leitungen des Wärmenetzes bis zur Grundstücksgrenze zu verlegen, damit die Strasse nicht für spätere Anschlüsse wieder geöffnet werden muss, was die Kosten stark erhöhen würde. Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit werden deshalb die Zuleitungen bis zur Grundstücksgrenze berücksichtigt.

Drei Szenarien für die Wärmeproduktion werden in dieser Studie weiter analysiert, um die wirtschaftliche Machbarkeit zu überprüfen.

3. Dimensionierung der Infrastruktur

3.1 Wärmenetzkonzept

Ein Fernwärmenetz umfasst folgende Elemente (Komponenten):

- Eine Zentrale die Wärmeenergie produziert
- Ein Verteilnetz
- In jedem angeschlossenen Gebäude eine Übergabestation für den Transfer der Wärme vom Netz in das Heizsystem des Gebäudes.

Für die drei Szenarien werden unterschiedliche Komponenten benötigt:

	Zentrale	Verteilnetz	Übergabestationen
Holzheizung	Biomassekessel (Holzschnitzel)	Warmes Netz	1 Wärmetauscher pro angeschlossenes Gebäude (oder «Gebäudekomplex»)
Seewasserheizung: zentral	1 Wärmepumpe und Seeleitung	Warmes Netz	1 Wärmetauscher pro angeschlossenes Gebäude (oder «Gebäudekomplex»)
Seewasserheizung: dezentral	Seeleitung	Kaltes Netz	1 Wärmepumpe pro angeschlossenes Gebäude (oder «Gebäudekomplex»)

Tabelle 2 : Technische Elemente der unterschiedlichen Varianten

3.2 Leitungsführung des Wärmenetzes

Die Leitungsführung ist sehr einfach gestaltet: Sie folgt der Hauptachse «Chlyne Twann – Im Moos – Dorfgasse» (siehe Abbildung 1). Die Trassenlänge ist für jede Variante in der Tabelle 1 angegeben. Die Zuleitungen bis zur den Grundstücksgrenzen sind in allen 3 Szenarien einberechnet. Die Dimensionierung der Leitungen (Durchmesser), hängt von der Leistung und der Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf ab. Eine erste Berechnung ergibt folgende Durchmesser:

Szenario	Warmes Netz ($\Delta T = 30 \text{ K}$)	Kaltes Netz ($\Delta T = 5 \text{ K}$)
Szenario 30 %	DN 60	DN 140
Szenario 50 %	DN 80	DN 200
Szenario 75 %	DN 100	DN 200

Tabelle 3 : Dimensionierung der Netzleitungen

Diese Dimensionierung muss in der Planungsphase vor Beginn der Arbeiten detailliert und verfeinert werden.

3.3 Holzheizung

Für die «Variante Holzheizung» wird angenommen, dass die Heizzentrale in ein existierendes Gebäude entlang der Strecke des Wärmenetzes installiert wird. Die Dimensionierung der Anlage wurde nach der Methode der QM Holzheizwerke® berechnet. QM Holzheizwerke® ist ein Qualitäts-Management-System für Holzheizwerke (100% erneuerbare Energie) zur Produktion und Verteilung von Raumwärme, Wärme zur Warmwasserbereitung und Prozesswärme.

Da das System für viele ältere Häuser dimensioniert werden muss, die sehr hohe Heizungstemperaturen erfordern, muss die Vorlauftemperatur im Netz mit 70 oder 80°C entsprechend hoch sein. In jedem Gebäude wird mittels einer Übergabestation mit dieser Temperatur geheizt und mittels eines Wärmetauschers die für die Heizung notwendige Vorlauftemperatur geregelt.

Um den Gesamtwärmebedarf decken zu können, auch mitten im Winter, wurde eine Lösung mit zwei Holzkesseln und einem grossen Wärmespeicher vorgesehen. Die entsprechenden Leistungen und Volumen sind für die drei Szenarien in Tabelle 4 zusammengefasst.

		Szenario 30%	Szenario 50%	Szenario 75%
Leistung Kessel 1	kW	300	600	800
Leistung Kessel 2	kW	700	1200	1700
Wärmespeicher- volumen	m ³	30	65	80
Silo	m ³	120	215	340

Tabelle 4 : Dimensionierung Wärmeerzeugung

Bei der Wahl des Standortes der Heizzentrale sollten folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die Zentrale benötigt viel Volumen. Falls der Platz zu knapp ist, könnte eine Alternativkonfiguration mit einem einzigen Holzkessel, kombiniert mit einem ölgefeuerten Spitzenlastkessel installiert werden. Diese Lösung würde es immer noch erlauben, mehr als 80% der Wärme mit Holz zu produzieren.
- Das Silo ist so dimensioniert, dass es während der Heizperiode einmal wöchentlich aufgefüllt werden muss. Das heisst, dass der Standort der Anlage muss regelmässige und sichere Lieferungen per LKW oder Traktor mit Anhänger ermöglichen.
- Der Kamin muss mindestens 2 Meter höher sein als die umgebenden Gebäude. In unserem Fall handelt es sich um alle Gebäude im Umkreis von 50 bis 60 m des Kamins, unter Berücksichtigung der installierten Leistung. ¹ Es gilt die Bewilligungsfähigkeit bei der Gemeinde und den Schutzorganisationen frühzeitig abzuklären.

¹<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/publikationen-studien/publikationen/mindesthoehe-von-kaminen-ueber-dach.html>

3.4 Seewassernutzung

3.4.1 POTENZIAL

Das Potenzial für die Seewassernutzung des Bielersee wurde in einer Studie von 2016 untersucht. Die zwei Hauptschlussfolgerungen sind

- Optimale Wasserungstiefe: zwischen 20 und 30 m Tiefe für reine Wärmenutzung, in rund 35 m Tiefe für kombinierte Wärme- und Kälteanlagen, wo eine relativ konstante Temperatur von 5 bis 7 °C erwartet werden kann.
- Der Bielersee verfügt mit 655 GWh pro Jahr für die Wärmeerzeugung und 205 GWh für die Kühlung über ein ausreichendes Potenzial.

3.4.2 KONZEPTE

Bei der Seewassernutzung gibt es zwei wichtige Entscheidungen zu treffen.

(i) Art der Einbindung

Die Art der Einbindung ist die erste Entscheidung. Bei direkter Einbindung fliesst das Seewasser direkt zu jedem Verbraucher. Bei indirekter Einbindung wird ein zentraler Wärmetauscher zwischen Seeleitungen und Verteilnetz installiert. Im Fall von Twann, mit vielen kleinen Übergabestationen, ist die indirekte Lösung empfehlenswert. Begründung: Das Programm Thermische Netze² ist zum folgenden Schluss gekommen: «Da jedes angeschlossene Objekt das Risiko für Verunreinigungen des Gewässers erhöht, eignet sich die direkte Verbindung für Systeme mit wenigen grossen, gut überwachten Anschlüssen».

(ii) Zentrale/dezentrale Wärmeerzeugung

Die zweite Entscheidung betrifft die Wärmeerzeugung. Diese kann direkt am See nach dem zentralen Wärmetauscher erfolgen, oder dezentral in jedem einzelnen Gebäude.

Zentralen Wärmeerzeugung (siehe Abbildung 2):

Bei der zentralen Erzeugung ist das Prinzip ähnlich wie bei einer Holzheizung: Der Brenner wird einfach durch eine grosse, leistungsstarke Wärmepumpe am See ersetzt. Die Wärmeverteilung im Netz erfolgt dann mit 70 oder 80°C Vorlauftemperatur. In jedem Gebäude wird mittels einer Übergabestation von dieser Temperatur aus geheizt.

Dezentralen Wärmeerzeugung (siehe Abbildung 3):

Bei der dezentralen Lösung kann das 10°C kalte Wasser, das durch die Fernwärmeleitungen fliesst, auch zur Kühlung verwendet werden. Man spricht hier von einem «kalten Netz». Zum Heizen wird die kleine Übergabestation, die in jedem Haus installiert wird, durch eine kleine, für das Gebäude optimierte Wärmepumpe ergänzt. Diese Lösung ist auch flexibler in Bezug auf die Installation der jeweils notwendigen Heizleistung.

²[Nutzung von Oberflächengewässern für thermische Netze, 27. September 2017 – Programm thermische Netze](#)

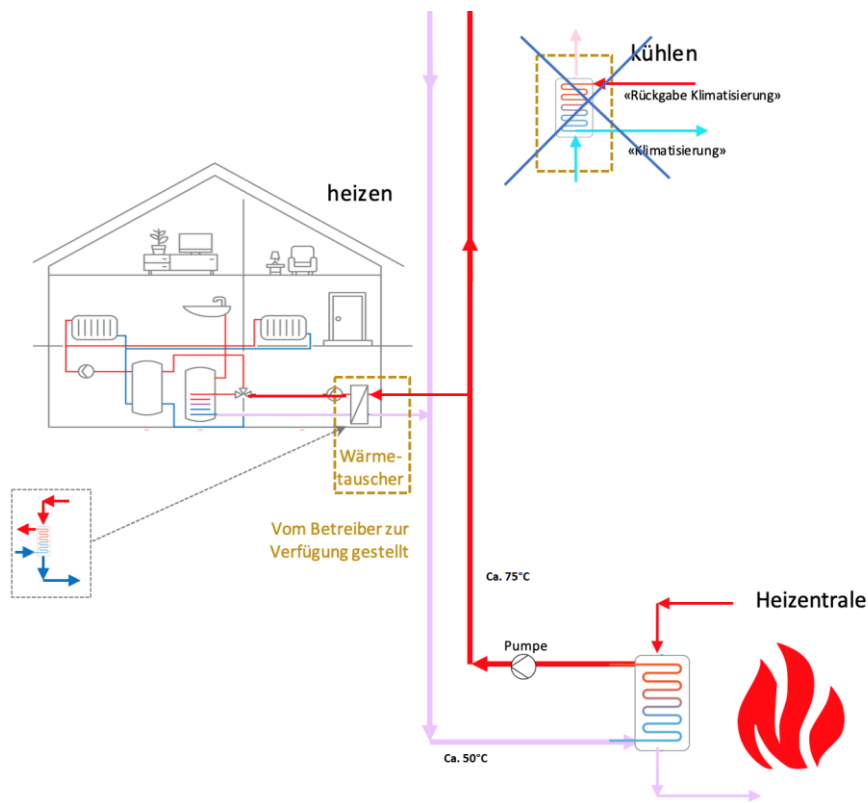


Abbildung 2: zentrale Seewasserheizung - Konzept

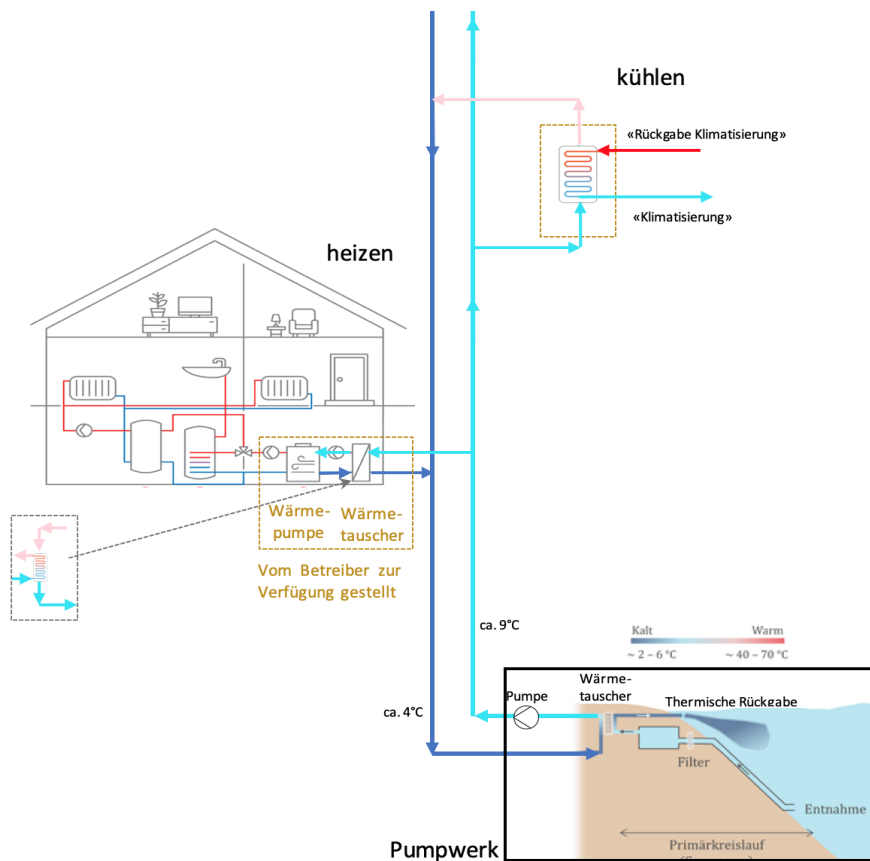


Abbildung 3: dezentrale Seewasserheizung – Konzept

	Zentrale Lösung	Dezentrale Lösung
Vorteile	Nur eine einzige grosse Wärmepumpe, daher weniger komplex. Gleichzeitigkeitsfaktor zur Dimensionierung (siehe weiter unten),	Kühlung möglich Mehr Flexibilität für die Leistung, Optimierung der Wärmepumpe für ein an jedes Gebäude angepasste Vorlauftemperatur (bessere Effizienz). Weniger Wärmeverluste im Netz
Nachteile	Keine Kühlung möglich Mehr Wärmeverluste Grösseres Gebäude (für die zentrale Wärmepumpe)	Mehr Wartungsaufwand Höhere Investitionskosten

Tabelle 5 : Vergleich zentrale und dezentrale Lösung

3.4.3 DIMENSIONIERUNG

Seeleitungen (Entnahme- und Rücklaufleitung)

Aus dem Geoportal des Kantons Bern ergibt sich, dass mit etwa 240 Metern Entnahmeleitung eine Tiefe von 36 Metern erreicht werden kann.

Um eine Tiefe von über 55 m zu erreichen, muss die Leitungslänge ungefähr 950 m weit in den See reichen (siehe **Abbildung 4**).

Gesetzlich darf Temperaturdifferenz zwischen Entnahme und Rückgabe maximal 3°C sein. Daraus ergibt sich ein Leitungsdurchmesser von DN 250 für die Seeleitungen.

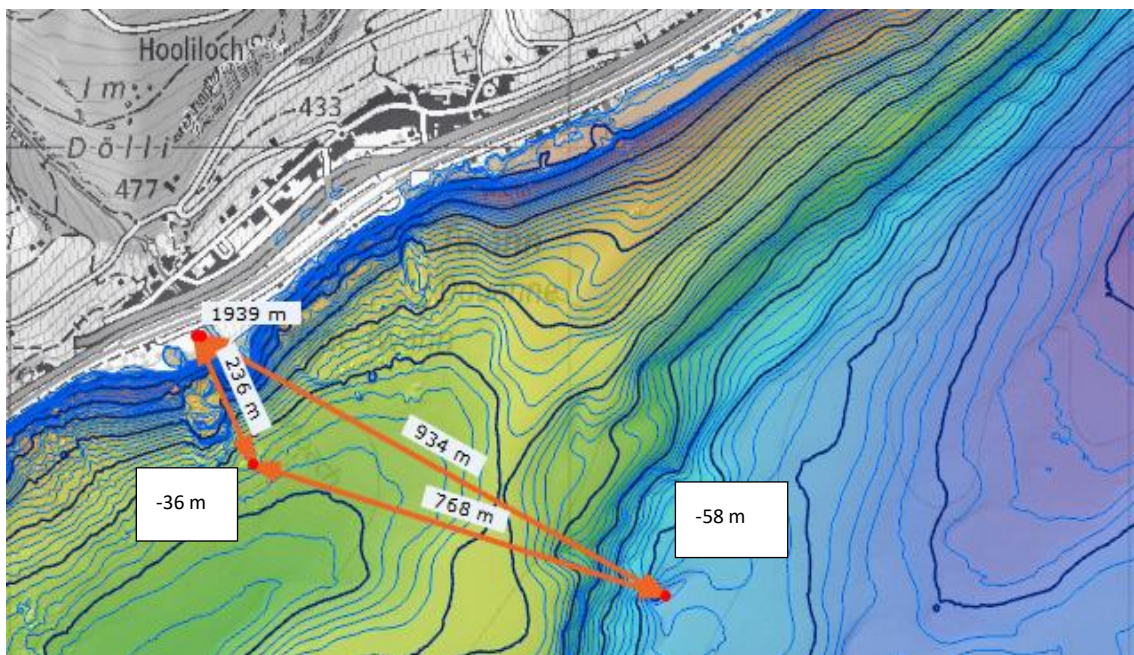


Abbildung 4: Seetiefe in Abhängigkeit der Leitungslänge

Wärmepumpe

Im Fall eines **kalten Netzes mit dezentralen Wärmepumpen** hat jede Wärmepumpe die notwendige, ideale Leistung für das Gebäude, in dem sie installiert ist.

Bei einem zentralen (warmen) Netz muss die Wärmepumpe zentral installiert werden. Für die Dimensionierung der zentralen Wärmepumpe (wie auch einer zentralen Heizzentrale) wird der «Gleichzeitigkeitsfaktor» angewendet. Damit wird berücksichtigt, dass Gebäude nie gleichzeitig die maximale Leistung benötigen.

Erreur ! Source du renvoi introuvable. zeigt die Dimensionierung für jedes Szenario:

Szenario	Leistung zentrale Wärmepumpe
30 %	900
50 %	1550
75 %	1830

Table 6: Leistung zentrale Wärmepumpe

In diesen Leistungsklassen werden Wärmepumpen massgeschneidert gebaut.

Bei Wärmepumpen, zentral oder dezentral, haben die Betriebstemperaturen einen direkten Einfluss auf der Effizienz. Die Temperaturen vom See sind bekannt. Weiter sehr wichtig sind die Temperaturen, die für die Heizsysteme bei den unterschiedlichen Wärmeabnehmern nötig sind. Diese hängen vom Heizsystem ab: Heizkörper brauchen zwischen 60 und 80°C, Fussbodenheizungen eher 35-40°C.

Wir haben derzeit keine Möglichkeit zu wissen, welche Heizsysteme in den Gebäuden installiert sind. Das Alter der Gebäude und die grosse Anzahl an Ölheizungen deuten aber eher auf eine Mehrheit von Systemen, die hohe Temperaturen verwenden.

- ⇒ Daher empfiehlt Planair bei einer zentralen Lösung ein Wärmenetz mit mindestens 75 °C Vorlauftemperatur. Leider ist die Effizienz der Wärmepumpen in diesem Temperaturbereich nicht mehr optimal. Der COP (*Coefficient of Performance*) sinkt von ca. 3.5 für eine Vorlauftemperatur von 60°C, auf ca. 2,5 bei 75°C (bedeutet, dass für jede Kilowattstunde Strom, die die Wärmepumpe verbraucht, 2,5 kWh Wärme ins Netz eingespeist werden).

4. Wirtschaftlichkeit

4.1 Annahmen

Die Wärmegestehungskosten werden für alle drei Szenarien und alle drei technischen Lösungen mit einer Genauigkeit von +/- 20 % berechnet. Die Annahmen werden in **Tabelle 7** gelistet. Bei Kostenelementen mit einer hohen Unsicherheit wird eine Sensibilitätsanalyse durchgeführt.

	Annahme	Kommentar
Kosten Holz	6.5 Rp/kWh	Pro kWh der ins Netz eingespeist wird
Kosten Strom	16 – 22 Rp/kWh	Abhängig von der Variante – Grosskunden oder Privatkundentarif
Zinssatz	3 %	
Lebensdauer der Installationen	gemäss Planungshandbuch ³	
Wartungskosten	gemäss Planungshandbuch	
Förderung	gemäss KLIK ⁴ über 7 Jahre	

Tabelle 7 : Wirtschaftliche Annahmen

Die Förderungen der Stiftung KLIK sind vorteilhafter als die des Kantons, insbesondere in Fällen mit Wärmepumpen, da der Kanton den Teil der Wärme, der mit Strom erzeugt wird, nicht berücksichtigt. Die Anspruchsberechtigung ist in diesem Fall sehr wahrscheinlich und kann einfach über KLIK überprüft werden. Der Förderantrag muss vor Projektbeginn erfolgen.

4.2 Ergebnisse

Abbildung 3 zeigt die Investitionskosten und die Wärmegestehungskosten für jede Variante. Abbildung 4 zeigt die jährlichen Kosten und die Wärmegestehungskosten für jede Variante. Tabellen 8 bis 10 zeigen die genauen Zahlen.

³ [Planungshandbuch Fernwärme, QM Fernwärme, 2017](#)

⁴ www.waermeverbuende.klik.ch

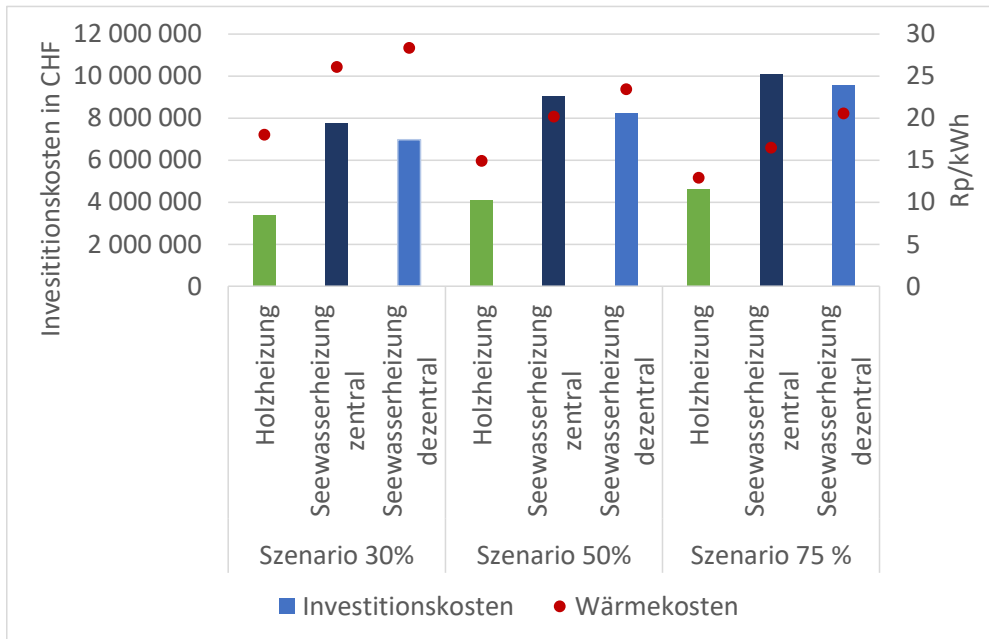


Abbildung 6: Investitionskosten und Wärmegestehungskosten

Um die Varianten vergleichbar zu machen, beinhalten die Wärmegestehungskosten die Stromkosten, die durch den Betrieb der in den Gebäuden installierten dezentralen Wärmepumpen verursacht werden.

Auf Basis des WWF Rechners ⁵ können folgende Vergleichspreise für individuelle Heizungen geschätzt werden:

- Luftwärmepumpe: 20 Rp/kWh
- Pelletheizung: 27 Rp/kWh
- Gas und Solarthermie: 22 Rp/kWh
- Ölheizung: 26 Rp/kWh

Im Vergleich sind folgende Varianten wirtschaftlich:

Szenario 30 %	Szenario 50%	Szenario 75%
<ul style="list-style-type: none"> • Holzbasierter Wärmeverbund 	<ul style="list-style-type: none"> • Holzbasierter Wärmeverbund • Seewasserheizung zentral 	<ul style="list-style-type: none"> • Holzbasierter Wärmeverbund • Seewasserheizung zentral • Seewasserheizung dezentral

Die Holzheizung bleibt in allen Szenarien deutlich wirtschaftlicher. Das liegt unter anderem an der Standardisierung dieser Lösung und an den günstigen Holzpreisen. Die Analyse berücksichtigt aber keine mögliche Erhöhung der Energiepreise (Holz, Strom...) in der Zukunft. Dieser Punkt wird unter Kapitel 4.3 weiter analysiert.

⁵ <https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/gebaudesanierung-und-heizsysteme>

Machbarkeitsstudie "Wärmeverbund in Twann - Chlyne Twann"

Bei der Seewasserlösung, ist die dezentrale Lösung weniger wirtschaftlich als die zentrale, weil die Strompreise stark unterschiedlich sind. Bei der dezentralen Lösung wird der BKW-Privatkundentarif angewendet, bei der zentralen Lösung kommt der «Energiegrossverbraucher» - Tarif zum Zug.

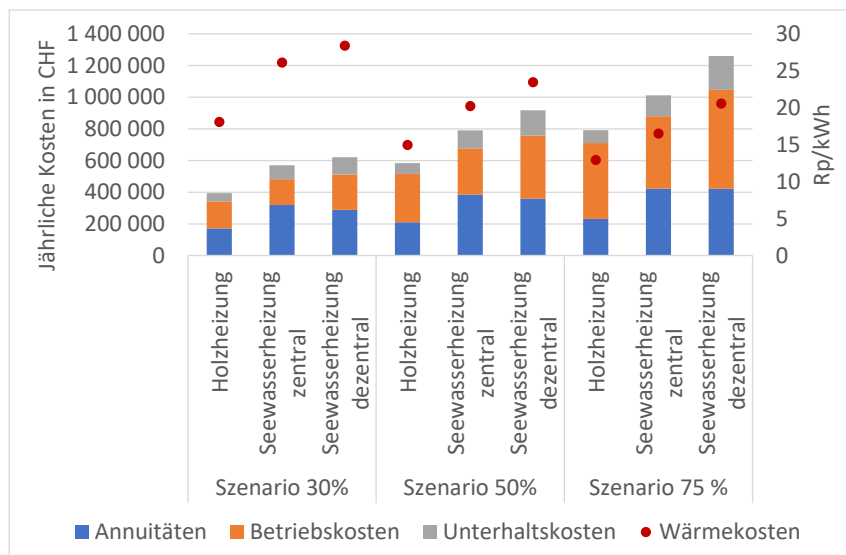


Abbildung 7: Jährliche Kosten und Wärmegestehungskosten

Szenario 30 %			
	Holzheizung	Seewasser zentral	Seewasser dezentral
Investitionskosten in CHF	3 404 117	7 753 593	6 978 998
Annuitäten in CHF/Jahr	171 417	319 039	288 272
Betriebskosten in CHF/Jahr	170 643	163 433	222 863
Unterhaltskosten in CHF/Jahr	52 633	88 161	109 165
Wärmekosten in Rp/kWh	18.1	26.1	28.4

Tabelle 8 : Wärmegestehungskosten - Szenario 30 %

Szenario 50 %			
	Holzheizung	Seewasser zentral	Seewasser dezentral
Investitionskosten in CHF	4 114 003	9 022 828	8 229 518
Annuitäten in CHF/Jahr	210 546	384 917	358 816
Betriebskosten in CHF/Jahr	305 059	292 169	398 413
Unterhaltskosten in CHF/Jahr	68 350	112 603	159 191
Wärmekosten in Rp/kWh	15.0	20.2	23.5

Tabelle 9 : Wärmegestehungskosten - Szenario 50 %

Szenario 75 %			
	Holzheizung	Seewasser zentral	Seewasser dezentral
Investitionskosten in CHF	4 612 028	10 090 528	9 546 136
Annuitäten in CHF/Jahr	231 476	421 763	421 973
Betriebskosten in CHF/Jahr	478 366	458 153	624 754
Unterhaltskosten in CHF/Jahr	82 173	131 661	213 480
Wärmekosten in Rp/kWh	12.9	16.5	20.6

Tabelle 10 : Wärmegestehungskosten - Szenario 75 %

4.3 Sensibilitätsanalyse

Es gibt zwei kritische Punkte die ganz am Anfang des Projektes überprüft werden müssen:

Der Strompreis

Bei der Varianten mit Wärmepumpe spielt der Strompreis eine wichtige Rolle. Der Strombedarf variiert je nach Szenario zwischen 1 GWh und 2,8 GWh. Dieser hohe Verbrauch bedeutet bei der mittleren Variante, dass der Betreiber vom Stromversorger als Grossverbraucher betrachtet wird und Zugang zum freien Markt hat. Es wurde also für die mittlere Variante mit einem Strompreis von 16 Rp/kWh gerechnet, gemäss den aktuellen Marktpreisen. Bei der Variante mit dezentraler Wärmepumpe wird der jedoch Strom in jedem Haushalt verbraucht. Es ist hier abzuklären, ob ein anderer Tarif möglich ist. Eine erste Anfrage bei der BKW würde aber eher darauf hindeuten, dass eine solche Zusammenschluss von individuellen Stromverbräuchen nicht möglich ist. In dieser Studie wurde deshalb der private Strompreis von 24 Rp/kWh benutzt. Um den Einfluss von dieser Annahme auf den Wärmekosten zu zeigen, wurde eine Sensibilitätsanalyse durchgeführt und in Abbildung 7 dargestellt. Rot markiert sind die Preise wie sie in Kapitel 4.2 berechnet wurden.

Die Studie berücksichtigt kein Szenario mit Preisentwicklungen der Energiequelle, weder für Holz, noch für Strom. Das Holzpreis könnte wegen erhöhter Anfrage in den nächsten Jahren steigen. Die Prognosen für Strompreisentwicklungen bei einer Markteröffnung deuten eher auf eine Senkung hin.

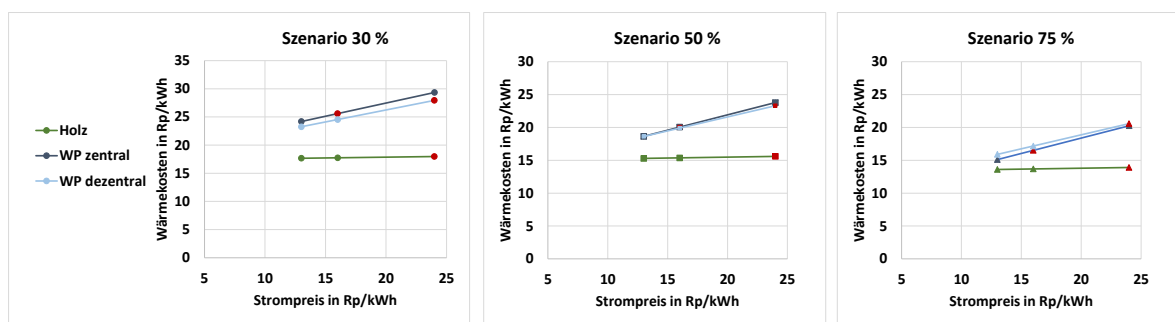


Abbildung 8: Sensitivitätsanalyse Strompreis

Investitionskosten der Entnahme – und Rückflussleitungen

Die Investitionskosten für die Entnahme – und Rückflussleitungen im See, inklusive Pumpwerk, sind viel mehr von den örtlichen Bedingungen abhängig als von der Länge und dem Durchmesser der Leitungen. In dieser Studie wurde eine sehr konservative Annahme gemacht.

Rot markiert sind die Preise wie sie in Kapitel 4.2 berechnet wurden.

- ⇒ Es wird empfohlen, bei einer spezialisierten Firma eine Offerte einzuholen. Um den Einfluss dieser Kosten auf die Wärmegestehungskosten zu zeigen wurde eine Sensibilitätsanalyse durchgeführt und in Abbildung 8 dargestellt.

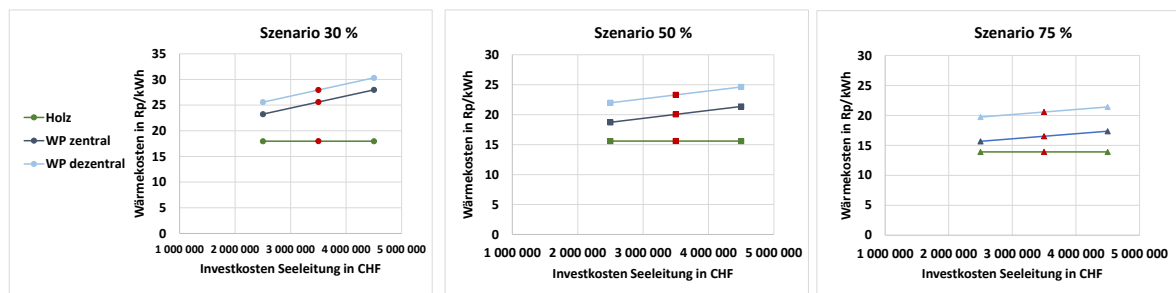


Abbildung 9: Sensitivitätsanalyse der Investitionskosten der Seeleitungen

Betriebskosten

Falls der Wärmeverbund von einer lokalen Firma betrieben wird, werden wahrscheinlich zusätzlich Kosten für die Erstellung der Rechnungen und für die Administration anfallen. Diese jährlichen Kosten werden die Wärmekosten etwas erhöhen.

5. Schlussfolgerung und Empfehlungen

- Bei 50 % Anschlussquote ist die Variante mit Holzheizung wirtschaftlich im Vergleich zu individuellen Heizungen. Bei 75 % ist auch die zentrale Seewasserheizung wirtschaftlich im Vergleich zu individuellen Heizungen.
- Die Anschlussquote hat am meisten Einfluss auf den Wärmepreis. Je mehr Anschlüsse, desto billiger wird die Wärme für alle.
- Die Wärmegestehungskosten in der Studie sind keine Wärmepreise für den Endkunden! Der Betreiber wird eine Marge erheben.
- Ein Vergleich zwischen Netzlösungen und individueller Lösungen pro Gebäude sollte immer mit Vollkostenrechnung erfolgen. Der potenzielle Kunde sollte nicht vergessen, dass er bei individueller Lösung auch Investitionskosten und Wartung zahlen muss, nicht nur Wärmekosten.
- Der Wärmebedarf und das Interesse der grossen Wärmeverbraucher müssen vor Projektbeginn sichergestellt werden.
- Die Entnahme- und Rückflussleitungen und die Verteilungen mit Tiefbau machen einen erheblichen Anteil an den Investitionen aus. Daher lohnt es sich, die langlebigen Werke mit einem langfristigen Fokus zu dimensionieren und alle vorhersehbaren Anschlüsse mitzurechnen. Ausserdem, damit die Strasse nicht mehrmals in kurzer Zeit geöffnet werden muss, sollten soweit möglich alle Anschlüsse schon vorinstalliert werden. Deshalb

- werden bei der Kostenanalyse die gesamten Kosten der Zuleitungen bis zu den Grundstücksgrenzen gezählt.
- Die technische und daraus folgend die wirtschaftliche Effizienz der zentralen Seewasserheizung wird stark durch die notwendige hohe Vorlauftemperatur im Netz begrenzt.
 - Die dezentrale Lösung ist durch die individuellen, höheren Stromtarif (als bei der zentralen Seewasserlösung) benachteiligt. Wenn es möglich wäre, die für den Betrieb der dezentralen Wärmepumpen erforderliche Elektrizität für den gleichen Preis wie bei der zentralen Variante zu bekommen, wäre diese Lösung allerdings wahrscheinlich von Vorteil, weil es die Effizienz, mindestens bei den Gebäuden, die niedrigere Temperaturen brauchen, steigern würde. Falls diese Gebäude einen erheblichen Anteil im Dorf repräsentieren, wäre es sinnvoll, dies weiter zu verfolgen. Zwei Lösungen könnten überprüft werden: Mit den Verteilleitungen könnte ein elektrisches Kabel verlegt werden, das die dezentralen Wärmepumpen aus der Produktionszentrale mit Strom versorgt. Oder: der Stromverbrauch aller dezentralen Wärmepumpen «virtuell» summieren, und mit dem Stromlieferant wird ein Spezialtarif ausgehandelt.
 - Bei Interesse für die Seewasserlösung wird empfohlen, eine Offerte für die Entnahme und Rückgabe des Wassers am gewählten Standort einzuholen.
 - Die Anmeldung beim Förderprogramm KLIK muss vor Projektstart erfolgen.
 - Die Studie berücksichtigt kein Szenario von Preisentwicklungen der Energiequelle, weder für Holz, noch für Strom. Der Holzpreis könnte wegen erhöhter Nachfrage in den nächsten Jahren steigen. Die Prognosen für Strompreisentwicklungen bei Markteröffnung lassen eher auf eine Preisreduktion hoffen. Preisänderungen der Energiequellen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Die Verhandlungen mit potenziellen Lieferanten sollten frühzeitig beginnen.
 - Für die gewählte Variante wird empfohlen, eine Preiskalkulation für mehrere Betriebsjahre des Wärmenetzes zu realisieren. Dabei ist wichtig abzuschätzen, wie sich die Kunden progressiv von Jahr zu Jahr an das Wärmenetz anschliessen werden. Planair schlägt vor, eine weitere Umfrage bei den potentiellen Kunden zu starten, sobald der Preis für die Wärme bekannt ist. Damit wird vermieden, dass die Produktionszentrale über- oder unterdimensioniert gebaut wird.
 - Bei der dezentralen Seewasserheizung, wurde die Herstellung und die möglichen Einnahmen für die Kühlung nicht berücksichtigt, weil die Mengen gegenüber dem Wärmebedarf vernachlässigbar sind. Einzelne Lösungen entlang der Verteilleitung bleiben trotzdem möglich. Mögliche Lösung: Der Kunde übernimmt die Mehrkosten seiner Unterstation damit sie auch Kälte produzieren kann, das dazu notwendige Wasser wird ihm gratis zur Verfügung gestellt.
 - Nachrüstung ist bei allen Varianten möglich. Wenn das Wärmenetz an seine Kapazitätsgrenzen kommt, kann bei der Variante zentral eine zusätzliche Wärmepumpe oder eine zusätzliche Holzheizung installiert werden, sofern genügend Platz vorhanden ist. Bei der Variante dezentral ist die Flexibilität noch grösser, denn die Anzahl der Unterstationen bestimmt die notwendige Wärmeleistung.
