

Energieverbund Altstadt Nord Schaffhausen

Machbarkeitsstudie



Auftraggeber Stadt Schaffhausen
Kirchhofplatz 19
8200 Schaffhausen
Zuständig: Herr Urs Capaul



In Kooperation mit: ETAWATT AG
Mühlentalstrasse 86
8200 Schaffhausen



SHPower
Mühlenstrasse 19
8200 Schaffhausen



Verfasser: E+H Ingenieurbüro für Energie + Haustechnik AG
David Schelker / Samuel Gründler

Version: 1.4 vom 11.09.2018

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	4
1 AUFGABENSTELLUNG	7
1.1 VORGESCHICHTE	7
1.2 AUFGABENSTELLUNG STUDIE	8
2 GRUNDLAGEN	9
2.1 ENERGIESTRATEGIE 2050 BUND UND STADT SCHAFFHAUSEN	9
2.2 ERARBEITETE GRUNDLAGEN FÜR STUDIE	9
2.2.1 UMFRAGE IM ANSCHLUSSPERIMETER	9
2.2.2 AUFNAHMEN SCHLÜSSELKUNDEN	10
2.2.3 PRÜFUNG MACHBARKEIT GRUNDWASSERNUTZUNG (DURCH MAGMA AG)	10
2.2.4 SYNERGIENUTZUNG MIT BESTEHENDEN KONZESSIONEN	10
2.2.5 NUTZUNG EINGEDOLTER GEWÄSSER FÜR WERKLEITUNGEN	10
3 IST-ZUSTAND	12
3.1 WÄRMEERZEUGUNG STÄDTISCHE BAUTEN	12
3.1.1 GEGA	12
3.1.2 ALTERSHEIM KIRCHHOFPLATZ	12
3.1.3 STADTHAUSGEVIERT SCHAFFHAUSEN	12
3.1.4 ALTSTADT SCHAFFHAUSEN	13
4 VARIANTENBESCHRIEB	15
4.1 BESCHRIEB DER WÄRME- UND KÄLTEVERBUNDSNETZE	15
4.1.1 ÜBERSICHT ERSCHLIESSUNGSGEBIET	15
4.1.2 ERSCHLIESSUNG MIT FERNWÄRME «ALTSTADT NORD»	15
4.1.3 ERSCHLIESSUNG MIT FERNKÄLTE «BAHNHOFSTRASSE»	20
4.1.4 ERSCHLIESSUNG MIT FERNKÄLTE «STADTHAUSGEVIERT»	20
4.1.5 SCHNITTSTELLE ENERGIEVERBUND / BEZÜGER	21
4.1.6 BEDEUTUNG DER STÄDTISCHEN BAUTEN	22
4.1.7 BEDEUTUNG DER PRIVATE KUNDEN	22
4.2 TECHNIKZENTRALE GEGA FÜR WÄRME UND KÄLTE	23
4.2.1 VARIANTE MINI	25
4.2.2 VARIANTE MIDI	25
4.2.3 VARIANTE OPTIMA	26
4.2.4 VARIANTE MAXI	27
4.2.5 PERSPEKTIVE WÄRME- / KÄLTEERZEUGUNG ZUKUNFT	27
4.3 ENERGIEVERBUND MIT DIANA-AREAL	29
4.3.1 AUSGANGSLAGE	29
4.3.2 SYNERGIE UND KONZEPT	29
4.3.3 LEITUNGSUMLEGUNG WEGEN HOCHWASSERSCHUTZ	30
5 KOSTEN & WIRTSCHAFTLICHKEIT	31
5.1 WÄRMEVERBUND	31
5.1.1 ANSCHLUSSDICHTER WÄRME	31
5.1.2 INVESTITIONSKOSTEN WÄRME	33
5.2 KÄLTEVERBUND	36

5.2.1	ANSCHLUSSDICHTEN	36
5.2.2	INVESTITIONS- UND JAHRESKOSTEN KÄLTE	36
5.3	ABWÄRME- UND SYNERGIENUTZUNG DIANA-AREAL	38
5.4	FINANZIERUNGSMODELLE	39
6	ÖKOLOGISCHE BEURTEILUNG	40
6.1	ALLGEMEINE BEDEUTUNG DES ENERGIEVERBUNDES	40
6.2	REDUKTION DER CO ₂ -EMISSIONEN UND PRIMÄRENERGIE NICHT ERNEUERBAR	40
7	GESAMTBEURTEILUNG & EMPFEHLUNG	41
ANHANG		43
ANHANG I	AKTENNOTIZ BESPRECHUNG GRUNDWASSERNUTZUNG	44
ANHANG II	STROM- UND GASANSCHUSS, LEITUNGSBAU UND TARIFE	45
ANHANG II	KOSTENSCHÄTZUNG BAUINGENIEUR (WRS)	46
ANHANG IV	GESETZLICHE AUFLAGEN KÄLTEMITTEL (CHEMRRV)	47
ANHANG V	BEURTEILUNG ANSCHLUSS STADTHAUSGEVIERT	48
ANHANG VI	UMFRAGE BEZÜGER	49
ANHANG VII	TABELLE (GEKÜRZT) RÜCKLAUF UMFRAGE	50
ANHANG VIII	GRUNDRISS HEIZZENTRALE FÜR VARIANTE MAXI	51
ANHANG IX	BEISPIEL ÜBERGABESTATION WÄRME	52

Zusammenfassung

Eine nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung ist in der Altstadt für die einzelnen Objekte schwierig zu realisieren. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie sollten die Chancen und Risiken für einen Energieverbund im Perimeter Altstadt Nord mit Fernwärme und Fernkälte evaluiert werden.

Im Rahmen der Studie wurden potentielle Kunden mittels Umfrage evaluiert. Es wurden verschiedene Varianten für die Wärme- und Kälteerzeugung geprüft. Alle Varianten sind Kombinationen aus einer Grundwasser-Wärmepumpen ergänzt mit einem Gaskessel für die Spitzendeckung und für hohe Temperaturniveaus. Dieses System hat den Vorteil, dass die Wärmepumpe über das Jahr rund 70 bis 80% des Energiebedarfs deckt, obwohl die Wärmepumpe nur rund 30% der Gesamtleistung der Zentrale abdecken kann. Damit kann eine wirtschaftliche und dennoch ökologische Wärmeerzeugung sichergestellt werden.

Aufgrund der günstigen Ausgangslage mit einem dringenden Sanierungsbedarf bei den städtischen Objekten GEGA und Altersheim Kirchhofplatz, kann der Grundstein für den Wärmeverbund gelegt werden. Mit der geplanten Umrüstung der VBSH-Busflotte von Diesel- auf Elektroantrieb, der damit einhergehenden Umgestaltung der Bahnhofstrasse und dem Bedarf an Fernkälte könnte der Grundstein für die Fernkälte entlang von diesem Ast gelegt werden. In Kombination mit der zur Verfügung stehenden Zentrale GEGA ist der Zeitpunkt günstig, den Energieverbund Altstadt Nord jetzt zu realisieren.

Die ermittelten Kennzahlen zeigen klar auf, dass ein Energieverbund Altstadt Nord ökonomisch und ökologisch sinnvoll zu realisieren wäre. Grundlage dafür ist ein klares energiepolitisches Bekenntnis zum Energieverbund. Ein Konkurrenzkampf zwischen den beiden leitungsgebundenen Energieversorgungssystemen Erdgas oder Fernwärme soll verhindert werden. Der Zeithorizont für den Auf- und Ausbau eines Wärmeverbundes erstreckt sich über mindestens 5 bis 10 Jahre. Mit dem Energieverbund Altstadt Nord hat der potentielle Netzbetreiber SHPower die Möglichkeit, ein neues Marktfeld zu erschliessen und neue Produkte wie «Fernkälte» anzubieten. Abwärme und Synergien können sinnvoll genutzt werden.

Der Energieverbund Altstadt Nord bietet damit die einmalige Gelegenheit eine zahlbare Alternative zur fossilen Energieversorgung anzubieten und gleichzeitig die CO₂-Emissionen und die nicht erneuerbare Primärenergie im Perimeter um jeweils rund 50% zu reduzieren.

Es wurden verschiedene Varianten des Netzausbaus und der Dimensionierung der Zentrale geprüft. Die Beurteilung erfolgt anhand der spezifischen Energiepreise. Sie basieren auf heutigen Zahlen und Kenntnisstand. Diese Kosten beinhalten sämtliche Kosten:

- Kapitalkosten (inkl. Abschreibung via Annuität mit 2.5% Zins)
- Energiekosten (Strom, Erdgas)
- Betriebs- und Unterhaltskosten für Zentrale und Netz
- Kosten für Akquisition, Administration etc.

Zukünftige Preissteigerungen aufgrund neuer Auflagen (z.B. CO₂-Abgaben, behördliche Auflagen etc.) sind nicht eingerechnet. Insbesondere Preissteigerungen bei den fossilen Energieträgern erhöhen die Wirtschaftlichkeit des Energieverbundes, da er im Vergleich zu fossilen Einzellösungen günstiger wird.

Mit zunehmender Verdichtung im Netz steigt die Wirtschaftlichkeit. Bei der Zentrale Gega ist die maximale Leistung limitiert durch das verfügbare Grundwasservorkommen, welches für die Wärme- und Kälteerzeugung genutzt werden kann und die örtlichen Platzverhältnisse.

Kurz- und mittelfristig wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Erschliessung der Altstadt Nord mittels zwei Hauptsträngen entlang der Bachstrasse und der Bahnhofstrasse mit nachhaltiger Wärme und teilweise Kälte
- Erstellung einer kombinierten Wärme- / Kältezentrale GEGA bestehend aus Grundwasser-Wärmepumpe und Gaskessel zu Spitzendeckung
- Ziel erster Ausbauschnitt: Bau Hauptast Bachstrasse zur Erschliessung vom AH Kirchhofplatz
- Ziel zweiter Ausbauschnitt: Bau Hauptast Bahnhofstrasse bis Hauptpost Schaffhausen
- Ziel dritter Ausbauschnitt Verdichtung im Dreieck GEGA, AH Kirchhofplatz und Kantonalbank Schaffhausen inklusive Bahnhofstrasse

Mittel- und langfristig sind folgende Perspektiven, abhängig vom Erfolg des EV Altstadt Nord möglich:

- Weitere Verdichtung des Im Bereich Vordergasse, Repfergasse etc.
- Eventuell Kombination mit möglichem Wärmeverbund «Stadthausgeviert»
- Neue, zusätzliche Holzheizzentrale zur Erhöhung der verfügbaren Heizleistung und / oder Substitution des fossilen Erdgas (z.B. im Aral Güterbahnhof). Damit sind weitere Netzausbauten erst möglich.

Machbarkeit Energieverbund Altstadt Nord SH

- Erweiterung Kälteerzeugung mit zusätzlicher Grundwassererschliessung oder Lufrückkühlern zur Sicherstellung der Kälteleistung für weitere Verdichtung Kältenetz


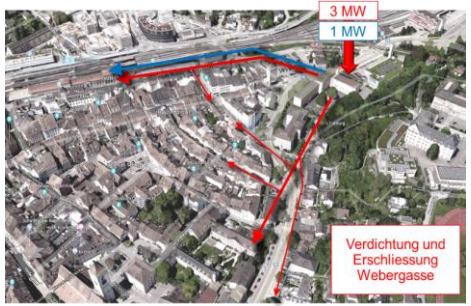
Die wichtigsten Argumente für einen Energieverbund Altstadt Nord:

- Aktuell grosser Bedarf für nachhaltig produzierte Wärme in den städtischen Objekten
- Mittelfristig Bedarf an Fernkälte für Umrüstung VBSH-Flotte auf Elektroantrieb
- Sanierungsbedürftige Technikzentrale im GEGA mit Reservekapazitäten
- Konzept mit Grundwasser-Wärmepumpe und Gaskesselanlage ermöglicht eine wirtschaftliche und nachhaltige Wärme- und Kälteerzeugung
- Dank relativ hohen Anschlussdichten im Altstadtbereich ist ein wirtschaftlicher Verbund möglich
- Synergienutzung aus Wärme, Kälte und Abwärme möglich
- Synergienutzung beim Leitungsbau im Bereich Bahnhofstrasse und weiteren anstehenden Bauprojekten
- Attraktives Angebot für Liegenschafteneigentümer zur nachhaltige Energieversorgung unter Einhaltung der MuKen 2014 (Mindestanteil erneuerbare Energie)
- Massive Senkung der CO₂-Emissionen und der nicht erneuerbaren Primärenergie im Perimeter (gem. Vorgabe Energiegesetz / Energiestrategie 2050)

Machbarkeit Energieverbund Altstadt Nord SH

Tabelle 1

Zusammenfassung der wichtigsten Varianten Ausbau des Energieverbundes (Netz) und der Zentrale Gega (Wärme- / Kälteerzeugung) hinsichtlich Kennzahlen, Investitionen und spezifische Preise..

	AUSBAUVARIANTEN			SOLL 1a	SOLL 3	SOLL 3
	ZENTRALENVARIANTE			MINI	MIDI	OPTIMA
BESCHREIB	Übersichtsplan					
	Kurzbeschreibung			Wärmeverbund entlang Bachstrasse für Gega, Bach und Altersheim Kirchhofplatz (primär öffentliche Bauten)	Wärmeverbund entlang Bachstrasse und Bahnhofstrasse mit Verdichtung Schützengraben, Webergasse etc. (öffentliche und private Bauten)	Wärme- und Kälteverbund entlang Bachstrasse und Bahnhofstrasse mit Verdichtung Schützengraben, Webergasse etc. (öffentliche und private Bauten)
KENNZAHLEN	Anschlussleistung	Wärme	kW	1'300	3'500	3'500
	Anschlussleistung	Kälte	kW			680
	Energieabsatz	Wärme	MWh/a	2'600	7'100	7'100
	Energieabsatz	Kälte	MWh/a			1'200
	Trassemeter	Wärme	Trm	265	985	985
	Trassemeter	Kälte	Trm			400
	Kennwerte Anschlussdichte Wärme MWh/a/Trm			9.8	7.2	7.2
	Kennwerte Anschlussdichte Kälte MWh/a/Trm					3.0
INVESTITIONEN	Investitionen Baukörper	Wärme	Mo. Fr.	0.37	0.51	0.51
	Investitionen Technik	Wärme	Mo. Fr.	1.25	2.01	2.01
	Investitionen Verbundnetz	Wärme	Mo. Fr.	1.32	5.00	5.00
	Investitionskosten ohne Fördergelder exkl. MwSt. Kostengenauigkeit +/-25%	Wärme	Mio. Fr.	2.94	7.52	7.52
	Investitionskosten ohne Fördergelder exkl. MwSt. Kostengenauigkeit +/-25%	Kälte	Mio. Fr.			2.34
SPEZ. KOSTEN	Spezifischer Wärmepreis ohne Fördergelder exkl. MwSt. Kostengenauigkeit +/-25%	Wärme	Rp./kWh	15.4	13.9	13.9
	Spezifischer Kältepreis ohne Fördergelder exkl. MwSt. Kostengenauigkeit +/-25%	Kälte	Rp./kWh			14.3
UMWELT	CO2-Emissionen*		to/a	-450	-1'224	-1'224
	Relative Einsparung CO2-Emissionen			-21%	-58%	-58%
	Primärenergie nicht erneuerbar*		MWh/a	-1'389	-3'779	-3'779
	Relative Einsparung Primärenergie			-18%	-50%	-50%

* Annahme: Strom = Wasserkraft mit 0.02 to CO2/MWh resp. Faktor 0.03 gem. Vorgabe Urs Capaul

1 Aufgabenstellung

1.1 Vorgeschichte

Die Heizzentralen im Schulhaus Gelbhausgarten (GEGA) und Altersheim Kirchhofplatz müssen altersbedingt dringend saniert werden. Bei beiden erfolgt die Wärmeerzeugung zu 100% fossil, wobei beim Altersheim für die Warmwassererzeugung im Sommer verschiedene dezentrale thermische Solaranlagen in Betrieb sind. Als Energiestadt und generell wegen der gesetzlichen vorgegebenen Vorbildfunktion ist die Stadt Schaffhausen als öffentliche Hand verpflichtet bei der Sanierung den Fokus auf erneuerbare Energien zu legen („Gebäudestandard 2015 Energiestadt, Massstäbe für energie- und umweltgerechte Bauten“, Energiegesetz etc.).

Für das GEGA wurden in den vergangenen Jahren bereits diverse Studien und Vorarbeiten im direkten Auftrag der Stadt erstellt:

- Machbarkeit Sanierung Blockheizkraftwerk (E+H 2011)
- Machbarkeit Grundwasser-Wärmepumpe für Schulen GEGA, Emmersberg und Kantonsschule (Oeko cool und E+H 2012)
- Vorprojekt Sanierung mit Grundwasser-Wärmepumpe und Gas nur für Schule GEGA (E+H 2017)

Ein Ergebnis des Vorprojekts GEGA war die Erkenntnis, dass im Umfeld Synergien durch Vernetzung von Liegenschaften genutzt werden könnten:

- Altersheim Kirchhofplatz durch Verbindung der Heizzentralen mittels Fernwärmeleitung (als Konzeptidee mit kostengünstigem Leitungsbau innerhalb Gerberbach, da bereits von anderen Werkleitungen genutzt)
- Bürogebäude Diana durch Verbindung mit Anergieleitung zur Nutzung von Abwärme und Erhöhung der Energieausbeute aus dem Grundwasserstrom durch Nutzung der bestehenden überdimensionierten Sickergallerie. (Das Diana weist aufgrund von Umnutzung der Räumlichkeiten einen deutlich höheren Kälte- als Wärmebedarf auf und kann die bestehende Grundwasserkonzession nicht erfüllen. Es besteht Sanierungsbedarf.)

Parallel hat die Firma ETAWATT im Auftrag der KOMENG eine Studie für einen möglichen Wärmeverbund erstellt, welcher auf der Nutzung der Heizzentrale GEGA basiert hat:

- Potentialstudie Energieverbund Altstadt Nord (ETAWATT 2016) zur Umsetzung des Energierichtplans

E+H hatte bis zum Herbst 2017 keine Kenntnisse von den parallel laufenden Abklärungen der Firma ETAWATT, kam jedoch zu einem ähnlichen Fazit. Die Projektphase für die Sanierung GEGA wurde deshalb im Dezember 2017 gestoppt und ein gemeinsames Vorgehen der involvierten Organisation beschlossen:

- Erarbeitung der vorliegenden Machbarkeitsstudie «Energieverbund Altstadt Nord» durch Firma E+H in Zusammenarbeit mit Firma ETAWATT als spätere Betreiberin der Zentrale und Firma SHPower als Erbauerin des Energieverbundes.

1.2 Aufgabenstellung Studie

Im GEGA ist die Planung der Sanierung der Wärmeerzeugung bereits vorangeschritten. Die Sanierung der Heizzentrale GEGA mit einer Grundwasser-Wärmepumpe und einer Gaskesselanlage war auf Sommer 2018 geplant.

Mit der neu entwickelten Idee eines Energieverbundes Altstadt Nord mit Technikzentrale im GEGA sind vertiefte Abklären zur technischen Realisierbarkeit nötig, da die Leistung massiv ausgebaut werden soll. Ziel ist eine bivalente Anlage zur Substitution von fossilen Energieträgern. Dank bivalenter Wärmepumpe – Gaskesselanlage soll eine wirtschaftlich attraktive Alternative angeboten werden. Als Zusatz kann Kälte für Klimatisierung zur Verfügung gestellt werden. Mögliche Synergien mit bestehenden Grundwassernutzungen im näheren Umfeld werden ebenfalls berücksichtigt.

Damit der Energieverbund möglichst rasch realisiert werden kann, wird folgender Projektperimeter vorgeschlagen:

- Basis: Schulanlage GEGA Bestand
- SOLL 1a: WV ergänzt mit Anschluss AH Kirchacker
- SOLL 1b: WV ergänzt mit Anschluss AH Kirchacker und Stadthausgeviert
- SOLL 2a WV ergänzt mit öffentlichen Bauten entlang Ast Schützengraben
- SOLL 2b WV ergänzt mit diversen Kunden entlang Schützengraben (gem. Umfrage)
- SOLL 3 WV ergänzt mit diversen Kunden entlang Bachstrasse / Webergasse etc. (gem. Umfrage)

Ziel muss sein, mit den stadteigenen Bauten die Grundlage für den Energieverbund im Jahr 2019 zu legen. Dank unterschiedlicher Nutzung gegenüber öffentlichen und privaten Kunden (z.B. SHKB mit Wärme und Kältebedarf) ergeben sich Synergien für den späteren Ausbau. Die Varianten können gem. Rücklauf der Umfrage angepasst werden.

Aufgabenteilung:

- Studienausarbeitung und Gesamtkoordination durch Firma E+H
- Unterstützung bei der Umfrage, einbringen Erfahrung und Anforderungen als späteren Betreiber durch Firma ETAWATT
- Kostenermittlung für Tiefbau der Fernwärmeleitung als Stadtwerk mit jahrelanger Erfahrung durch Firma SHPower
- Machbarkeitsstudie Grundwassernutzung / Geologie durch Firma Magma
- Begleitung, Schnittstelle zur Förderstellen und Politik durch Stadtrat und Stadtökologe Urs Capaul

Resultate

- Machbarkeitsstudie mit verschiedenen Varianten bezüglich Ausbauumfang und Verkauf von Wärme und/oder Kälte
- Technische Machbarkeit Wärmeverbund mit neuen Bezügern
- Wirtschaftliche Machbarkeit (Investitionsvolumen, spezifische Energiekosten)
- Untersuchung verschiedener Varianten mit Auflistung Vor- und Nachteile (Kosten, Potentiale, Energiefälle, etc.)
- Rechtliche Aspekte (Bewilligungen, usw.)
- Weiteres Vorgehen (Empfehlungen)

2 Grundlagen

2.1 Energiestrategie 2050 Bund und Stadt Schaffhausen

Mit der MuKen 2014, müssen 10% des Heizwärmebedarfs mit erneuerbaren Energien gedeckt werden. Diese Forderung ist im Bereich der Altstadt nur schwer umzusetzen, da Wärmepumpen und Holzheizungen nur schwer zu realisieren sind. Eine attraktive Alternative wäre Fernwärme, welche zusätzliche Synergien ermöglicht. Um dieser Forderung Rechnung zu tragen und erneuerbare Energie in der Altstadt bereitzustellen ist im Energierichtplan der Stadt Schaffhausen ein Wärmeverbund im Bereich Altstadt Nord vorgesehen.

Im Bericht vom 13. September 2012 zum ersten Massnahmenpaket der Energiestrategie 2050 ist der Auftrag an die Kantone vermerkt, mit Förderprogrammen Anreize für den Anschluss an ein Fernwärmenetz sowie für den Neu- resp. Ausbau zu schaffen. Dies wird im Kanton Schaffhausen mit dem aktuell gültigen Förderprogramm vom 05.01.2018 umgesetzt.

Für die Stadt Schaffhausen als öffentliche Hand gelten besonders strenge Vorgaben bezüglich Nachhaltigkeit. Die Vorbildfunktion muss wahrgenommen werden und als Energiestadt sind die Vorgaben gem. „Gebäudestandard 2015 Energiestadt, Massstäbe für energie- und umweltgerechte Bauten“ einzuhalten:

- Der Wärmebedarf wird mit Abwärme oder Energie aus erneuerbaren Ressourcen oder Abfall gedeckt. Mögliche Abweichung: Spitzenlastdeckung oder Redundanz mit nicht erneuerbaren Energien.

Für öffentliche Gebäude gilt gem. MuKen 2014, dass diese ab spätestens 2050 ohne fossile Energie versorgt werden.

Des Weiteren sind geltende Gesetze und Verordnungen einzuhalten:

Auszug „Kantonales Baugesetz 1997“:

§ 3a *Kanton, Gemeinden sowie andere Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechtes verhalten sich in ihrem Bereich bezüglich der effizienten Nutzung und dem Einsatz erneuerbarer Energie vorbildlich.*

Auszug „Verordnung über den Energiehaushalt in Gebäuden und Anlagen (Energiehaushaltverordnung, EHV) vom 15. Februar 2005“:

§ 26d *Eigentümer von fossilen Feuerungsanlagen mit mehr als 500 kW Leistung und mehr als 15 Betriebsjahren haben bei Ersatz der Anlage nachzuweisen, wie der CO₂-Ausstoss innerhalb von 5 Jahren um 40 Prozent reduziert werden kann.*

2.2 Erarbeitete Grundlagen für Studie

2.2.1 Umfrage im Anschlussperimeter

Allen Eigentümern im ausgewählten Perimeter wurde eine Umfrage zugestellt zur Klärung:

- Interesse an Energieverbund (Wärme / Kälte)
- Ermittlung des effektiven Leistungs- und Energiebedarfs
- Ermittlung des möglichen Anschlusszeitpunktes

Neben der Beschaffung der Grundlagen für einen möglichen Energieverbund dient die Umfrage auch einer ersten Grobinformation der Bezüger. Dringende Sanierungsmassnahmen der bestehenden Heizungsanlagen können erkannt werden, um im Idealfall gestoppt oder auf einen späteren Anschluss hin optimiert werden.

Das Gebiet umfasst Schützengraben, Teile der Vorstadt, Teile der Webergasse und Teile der Bachstrasse sowie das Schlagbaumareal inkl. Brühlmannareal (Im Anhang findet sich ein detaillierter Übersichtsplan). Die Umfrage umfasste ein Informationsschreiben sowie einen Fragebogen mit den wichtigsten technischen Angaben zu Heizung und Kühlung. Versand sowie telefonisches Nachhaken erfolgte durch Fa. ETAWATT AG.

- Versand: 83 Fragebögen
- Rücklauf: 48 Fragebögen, davon 33 mit Interesse

Bei den städtischen Bauten sowie bei Schlüsselkunden mit einer Leistung von mehr 100 kW wurden vor Ort durch E+H Aufnahmen gemacht.

Aufgrund der erhobenen Daten von Interessenten an einem Anschluss konnte eine potentielle Wärmeleistung im Umfragegebiet von ca. 3'800 kW ermittelt werden.

2.2.2 Aufnahmen Schlüsselskunden

Folgende Objekten mit einer Leistung von mehr als 100 kW wurden mit Aufnahmen vor Ort verifiziert:

Städtische Bauten

- Altersheim Kirchhofplatz
- Schulhaus Gelbhausgarten (bestehender Kleinwärmeverbund)
- Kantonbank
- Zollverwaltungsgebäude
- Bach-Turnhalle
- Agnesenschütte
- Kirchhofsulhaus

Private Bauten

- Bachstrasse 38
- Vorstadt 40 / 42
- Vorstadt 66
- Vorstadt 67/69

Die Zusammenstellung der gesammelten Daten ist auf dem Übersichtsplan im Anhang angegeben.

2.2.3 Prüfung Machbarkeit Grundwassernutzung (durch MAGMA AG)

Zusammenfassung des Berichts vom 06.04.2018 (vollständiger Bericht im Anhang):

- Vermuteter Grundwasserabfluss im Bereich des Schulhauses 3'000 lt./min
- Maximale Grundwasserentnahme mit einem Entnahmehrunnen 1'200 lt./min
- Maximale Grundwasserentnahme mit zwei Entnahmehrunnen 1'500 lt./min
- Abstand zur Versickerungsanlage mindestens 110 m
- Wirksame Temperaturdifferenz (zeitweise $\Delta T = -8$ K möglich) +/- 3.5 K

2.2.4 Synergienutzung mit bestehenden Konzessionen

Zusammenfassung der Aktennotiz vom 12.06.2018 (vollständiger Bericht im Anhang):

- Eine Verbindung der Anlagen ist möglich. Die bestehende Konzession DIANA muss nicht angepasst werden und bezieht sich primär auf die Grundwasserfassung.
- Für die Abkühlung des Grundwassers sind die (rechnerischen) Bedingungen 100 m stromabwärts des Rückgabebauwerks ausschlaggebend. Es ist davon auszugehen, dass im Jahresmittel 4.0 bis 4.5 K Temperaturabsenkung bei der Rückgabe realistisch sind. Muss durch einen Geologen rechnerisch verifiziert werden.
-

2.2.5 Nutzung eingedolter Gewässer für Werkleitungen

Die ursprüngliche Projektidee sah die Verlegung von einem Teil der Fernwärmeleitungen in die Kanäle des Gerberbachs sowie Durachkanals vor. Zuständig für die eingedolten Gewässer ist das kantonale Tiefbauamt. Die Antwort vom Zuständigen Roland Schwarz auf Anfrage ergab folgendes (Gem. Mail vom 29.6.18):

„Die Aussage von Herr Birnbreier ist absolut richtig, Werkleitungen gehören nicht in ein Gewässer. Von diesem Grundsatz könnte unter gewissen Voraussetzungen abgewichen werden. **Diese sind aber im vorliegenden Fall nicht vorhanden.**

Hier noch eine kurze Erklärung über die Zuständigkeiten für deine Anfrage. Die Stadt Schaffhausen ist Eigentümerin der Bauwerke Gerberbach und Hochwasser-Entlastungskanal (HWE) Durach. Grundwasser, offene und eingedolte Oberflächengewässer stehen unter der Hoheit des Kantons, vertreten durch Tiefbau Schaffhausen. Das heisst für eine Nutzung der Eindolungen müssen die Stadt Schaffhausen und der Kanton ihre Einwilligung geben.

Hochwasserentlastungskanal / HWE-Kanal der Durach

Dieser dient zum einen zur Entlastung der Durach und zum anderen zur Aufnahme von Oberflächenabfluss. Die genaue Wassermenge ist schwierig zu ermitteln, weil bei einer Verklausung der Durach im Mühltal das Wasser, das dann über die Mühltalstrasse abfließt, im unteren Bereich dieser Strasse über 11

grosse Öffnungen in den Entlastungskanal eingeleitet wird. Der Entlastungskanal ist für die HW-Sicherheit der Stadt Schaffhausen enorm wichtig. Jegliche Einbauten führen zu einer Verschlechterung der Abflussleistung und können deshalb nicht bewilligt werden. Dies bedeutet im Umkehrschluss auch, dass bestehende Installationen über kurz oder lang rückgebaut werden müssen.

Gerberbach

Seit dem Bau der eingedolten Durach und des Gerberbachs haben sich die Einzugsgebiete markant verändert und die Starkniederschläge zugenommen. Aus diesem Grund sind keine Kapazitätsreserven im Gerberbach mit der Umlegung der Durach in den Fäsenstautunnel entstanden. Es bestehen heute schon Abflussengpässe im Gerberbach, so dass die Spitzenabflüsse der Fulach von 26.0 bzw. 36 m³/s (HQ100 / HQ300) nicht ohne Einstau abgeführt werden können. Zusätzlich werden durch die HWE der Durach mind. 10 m³/s eingeleitet. Das HW-Schutzziel für die Stadt Schaffhausen entspricht einem HQ100 resp. für das Schulhaus und Altersheim einem HQ 300. Das heisst, der Gerberbach hat keine Querschnittsreserven für die Aufnahme der Fernwärmeleitung.“

3 IST-Zustand

3.1 Wärmeerzeugung städtische Bauten

3.1.1 GEGA

Wärmeerzeugung erfolgt zu 100 % fossil mit Gas/Oel.

Die Warmwassererzeugung erfolgt dezentral mit zahlreichen Elektroboilern. Teilweise sind Wärmepumpenboiler installiert.

- Sanierungsprojekt WP-Gas liegt vor
- CHF 0.7 Mio für Wärmeerzeugung (ca. 450 kW)

3.1.2 Altersheim Kirchhofplatz

Wärmeerzeugung erfolgt zu 100 % fossil mit Gas/Oel.

Die Warmwassererzeugung erfolgt im Sommer teilweise via 2 thermische Solaranlagen. Eine detaillierte Auswertung liegt nicht vor.

Teilweise werden Gebäudeteile in den nächsten Jahren abgebrochen und durch Neubauten (evt. im Baurecht) ersetzt. Zusätzlich an die gemeinsam Wärmeerzeugung angeschlossen werden soll das Schulhaus Kirchhofplatz.

- Dringender Sanierungsbedarf / noch kein Projekt
- CHF 1.5 Mio für Wärmeerzeugung (ca. 750 kW)

3.1.3 Stadthausgeviert Schaffhausen

Sanierungsprojekt mit teilweise öffentlichen Bauten, teilweise Abgabe im Baurecht in Planung. Angedacht ist eine eigenständige Wärme-/ Kälteversorgung mit Grundwasserwärmepumpe (Amstein & Walthert AG). Zur Kostenoptimierung hat ETAWATT Erweiterung Projektperimeter durch Erschliessung von Nachbarliegenschaften angedacht. Das Projekt steckt noch in der Planung genaue Kostenangaben liegen zurzeit noch nicht vor.

- Sanierungs- / Ausbauprojekt in Erarbeitung
- CHF 1.0 Mio für Wärmeerzeugung (ca. 250 kW) (Grobkostenschätzung)

Ob eine Erschliessung via Energieverbund Altstadt Nord oder eine eigenständige Wärme-/ Kälteerzeugung erstellt wird kann wirtschaftlich aktuell nicht abschliessend beurteilt werden. Siehe unten. Aktuell sind immer noch beide Varianten möglich.

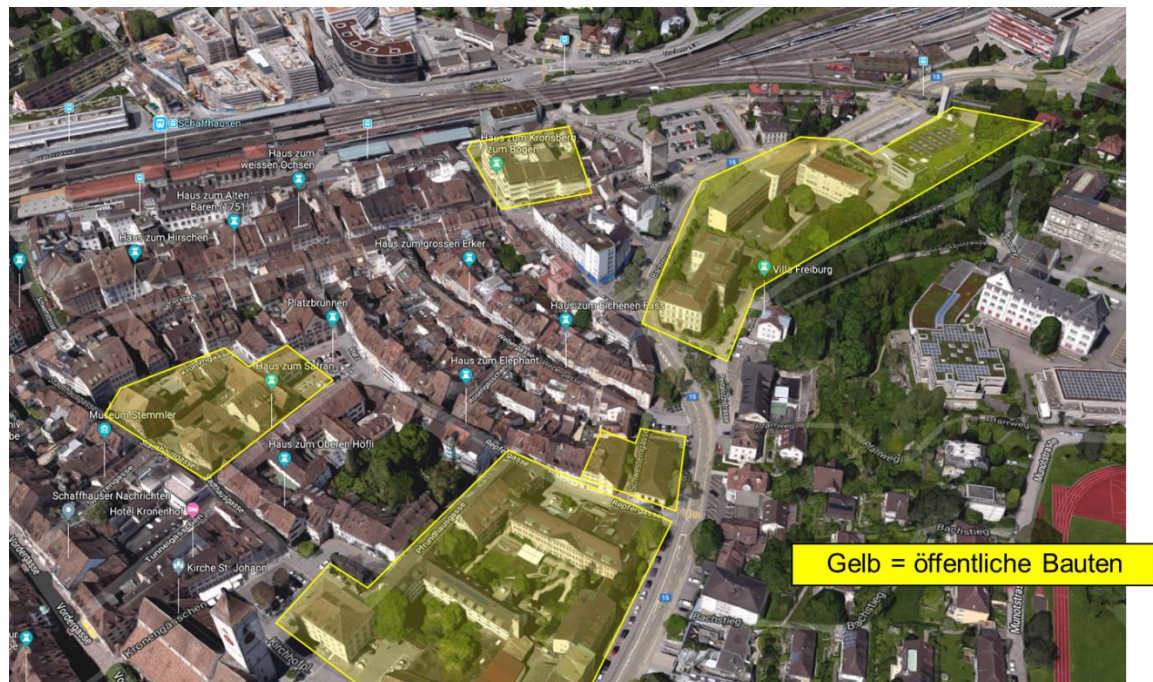


Abbildung 1
Übersicht der grossen öffentlichen Gebäude (gelb) inklusive Schaffhauser Kantonalbank im Perimeter.

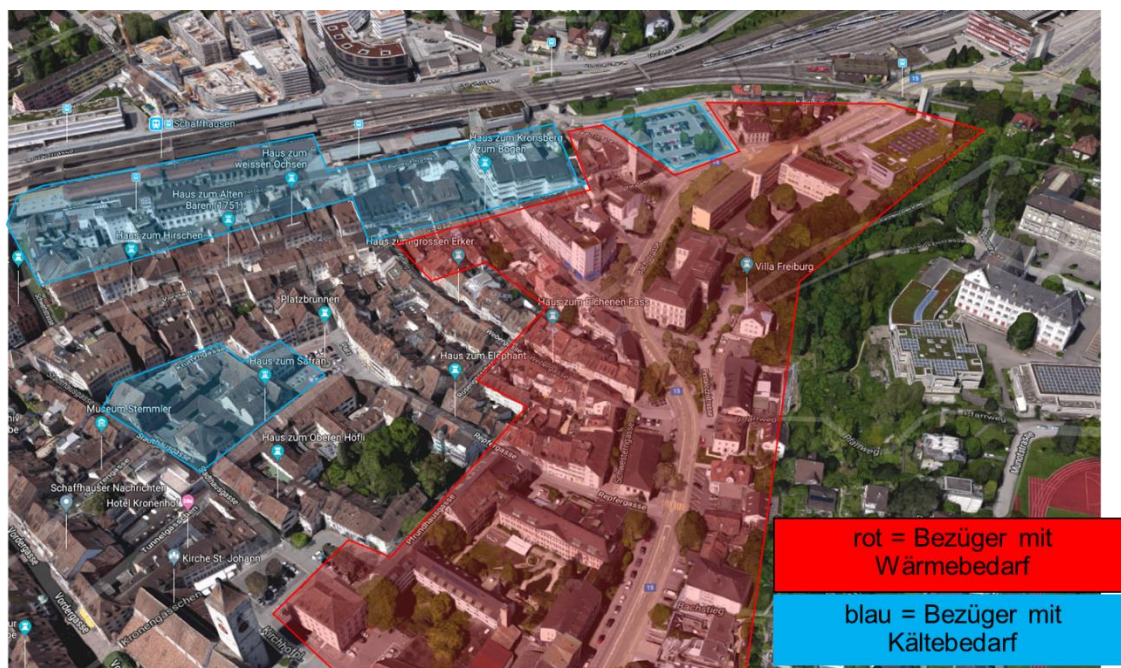


Abbildung 4

Basierend auf der Umfrage kann das Perimetergebiet unterteilt werden in Gebiete mit Wärmebedarf (rot) und Gebiete mit Wärme und Kältebedarf (blau).

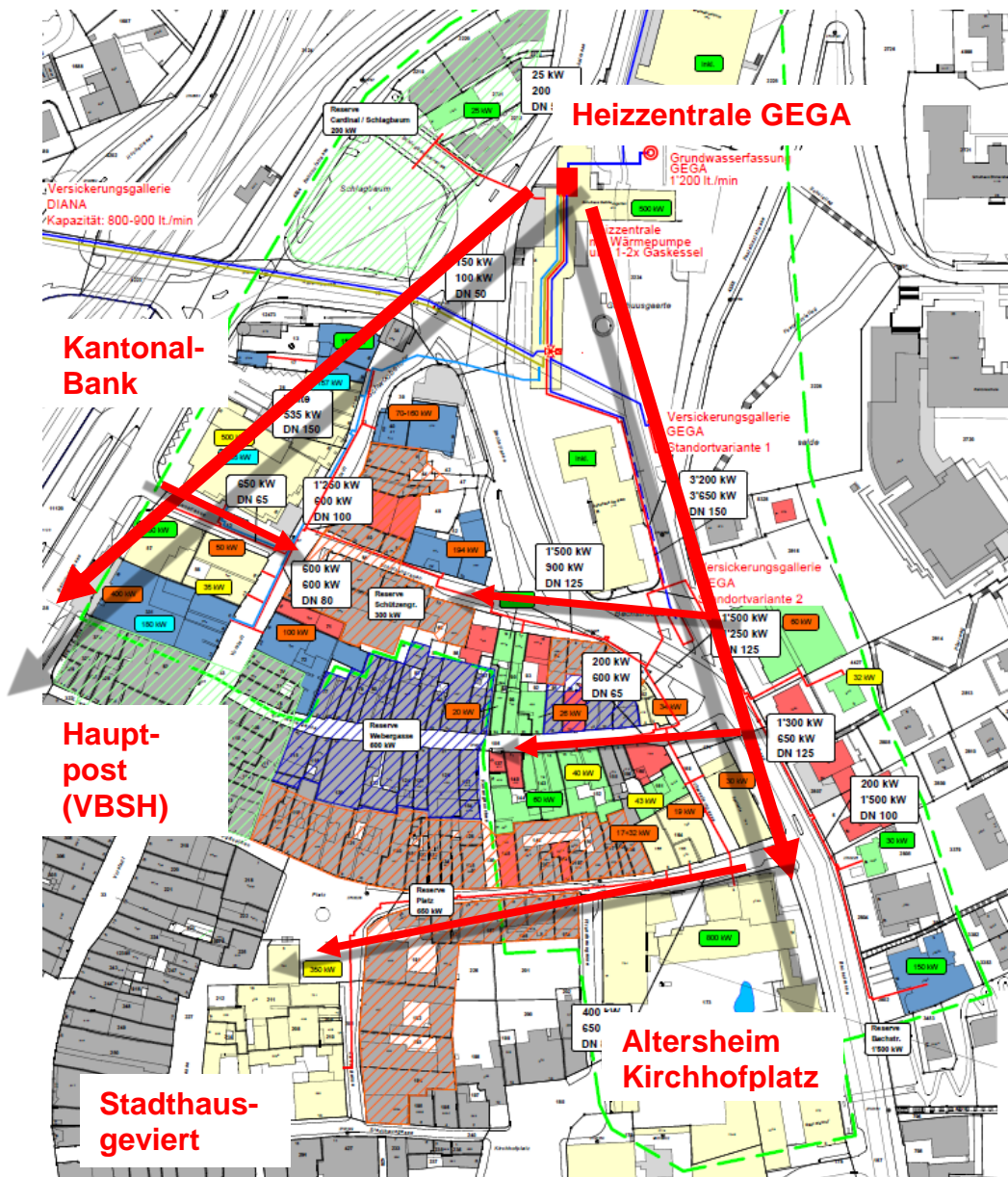


Abbildung 6

Erschließung des Umfrageperimeters soll via zwei Hauptleitungen «Bachstrasse» und «Bahnhofstrasse» erfolgen. Objekte mit positiver Rückmeldung gem. Umfrage sind farbig ausgefüllt. Öffentliche Bauten sind gelb. Schlüsselkunden >100 kW sind blau. Weitere Interessenten sind grün. Objekte (aktuell) ohne Interesse sind rot.

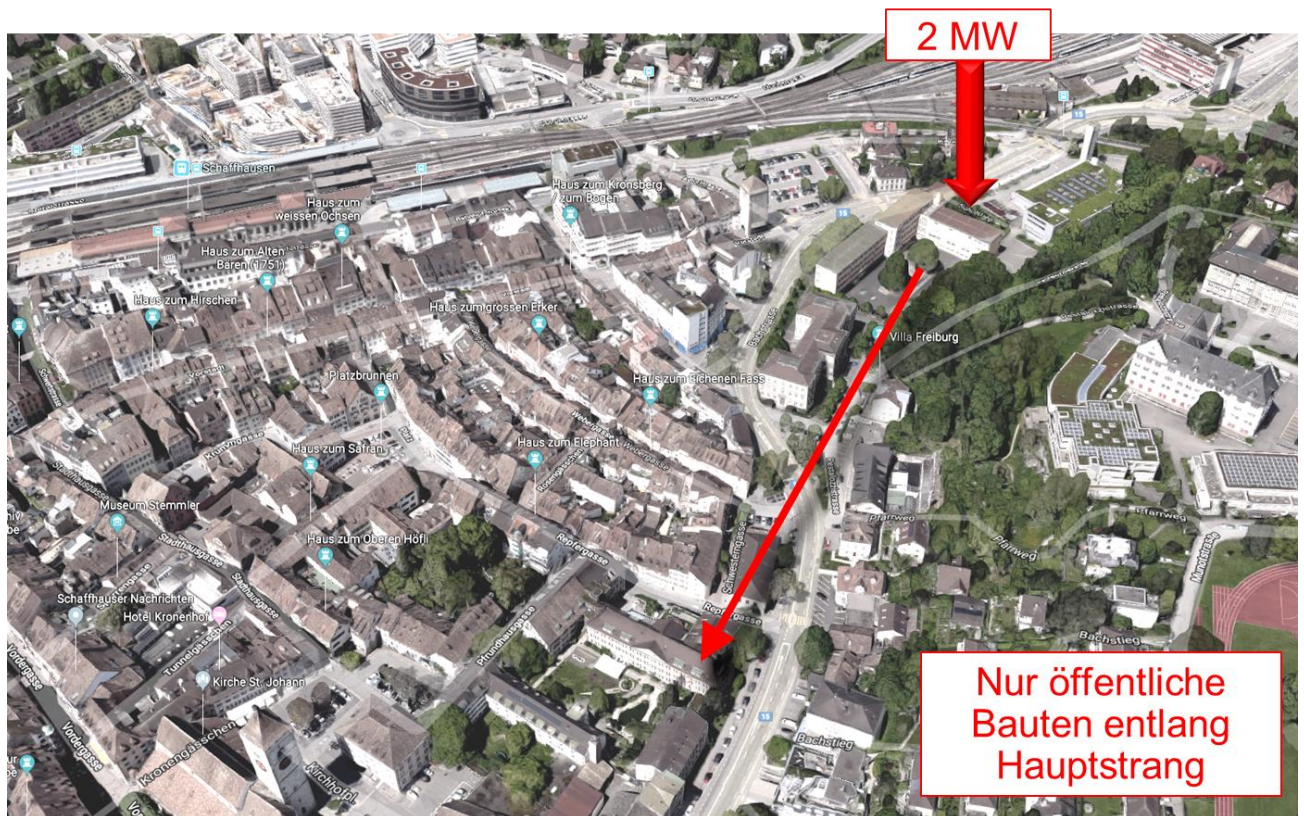


Abbildung 7
Erschliessungsperimeter SOLL 1a

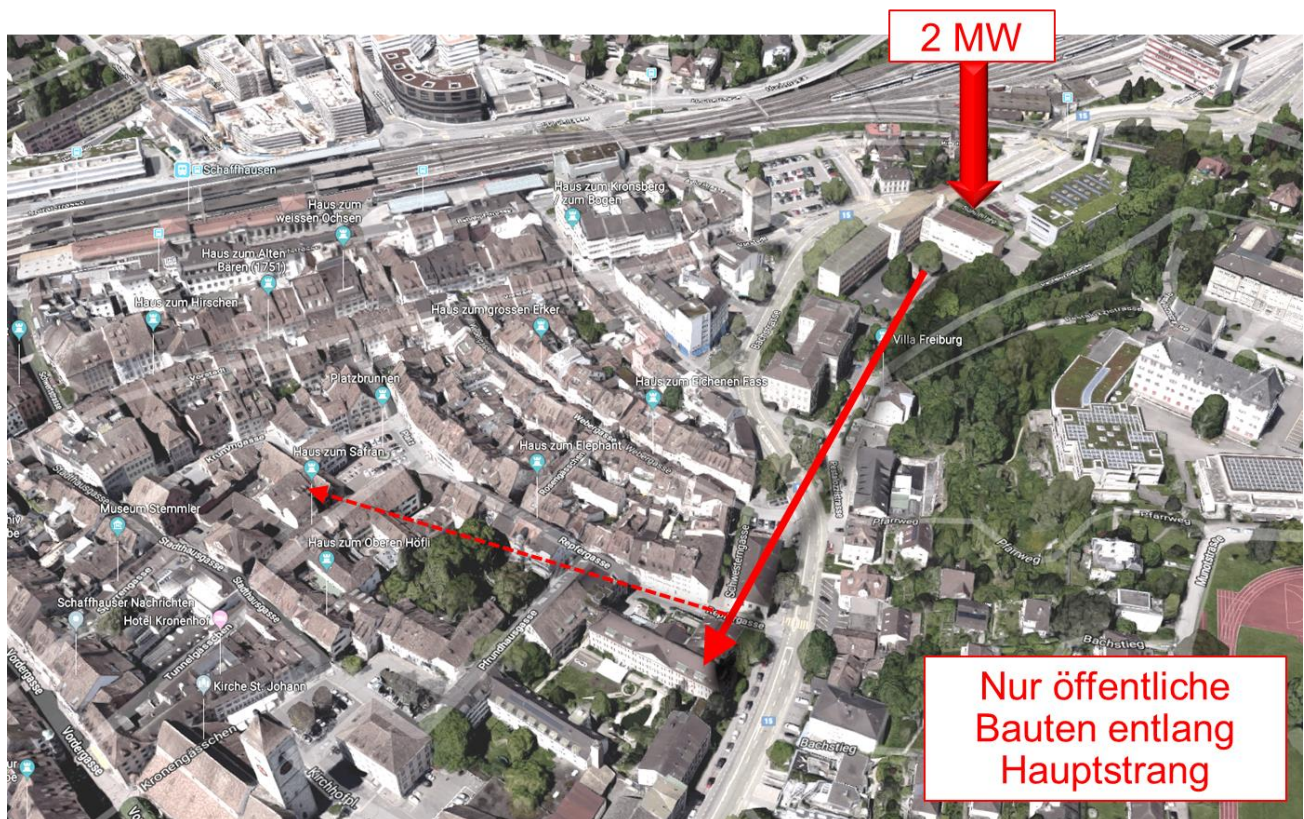


Abbildung 8
Erschliessungsperimeter SOLL 1b

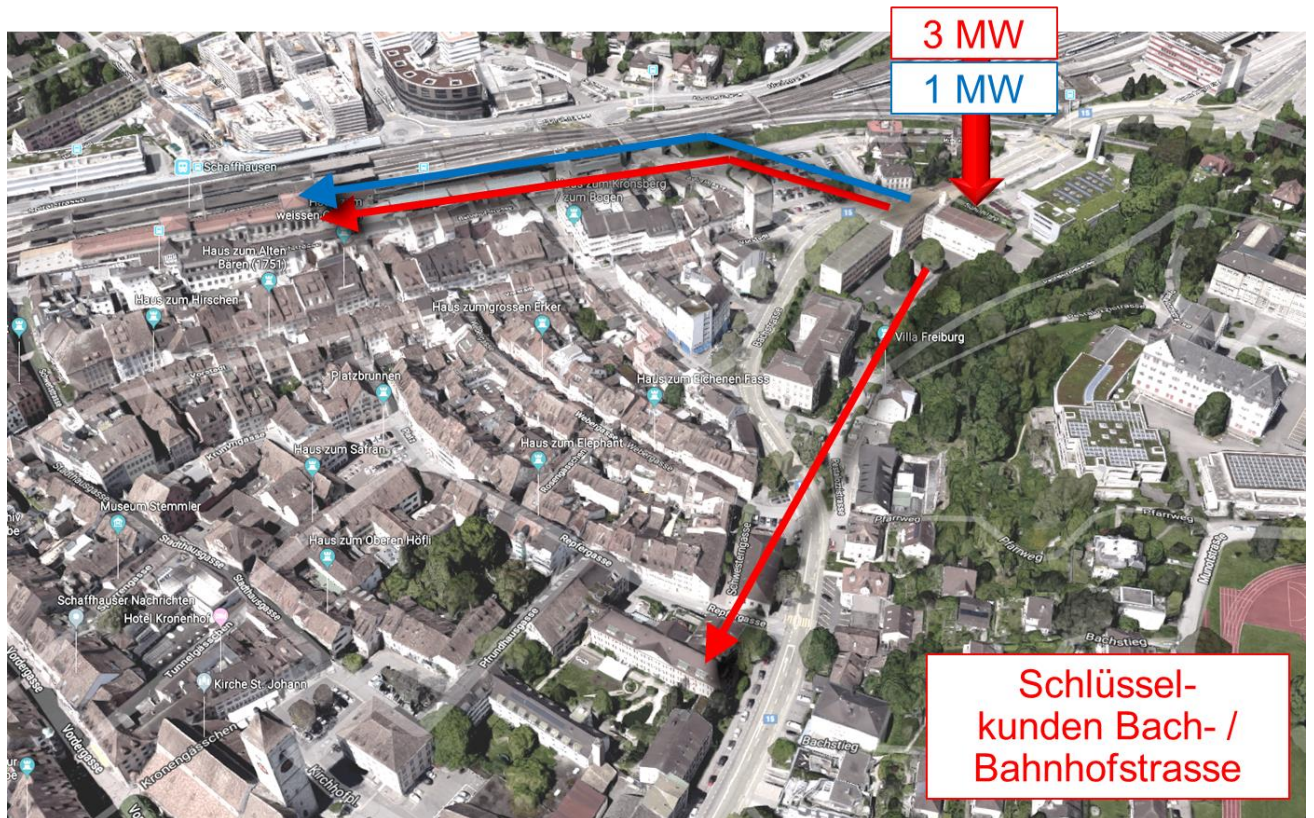


Abbildung 9
Erschliessungsperimeter SOLL 2a

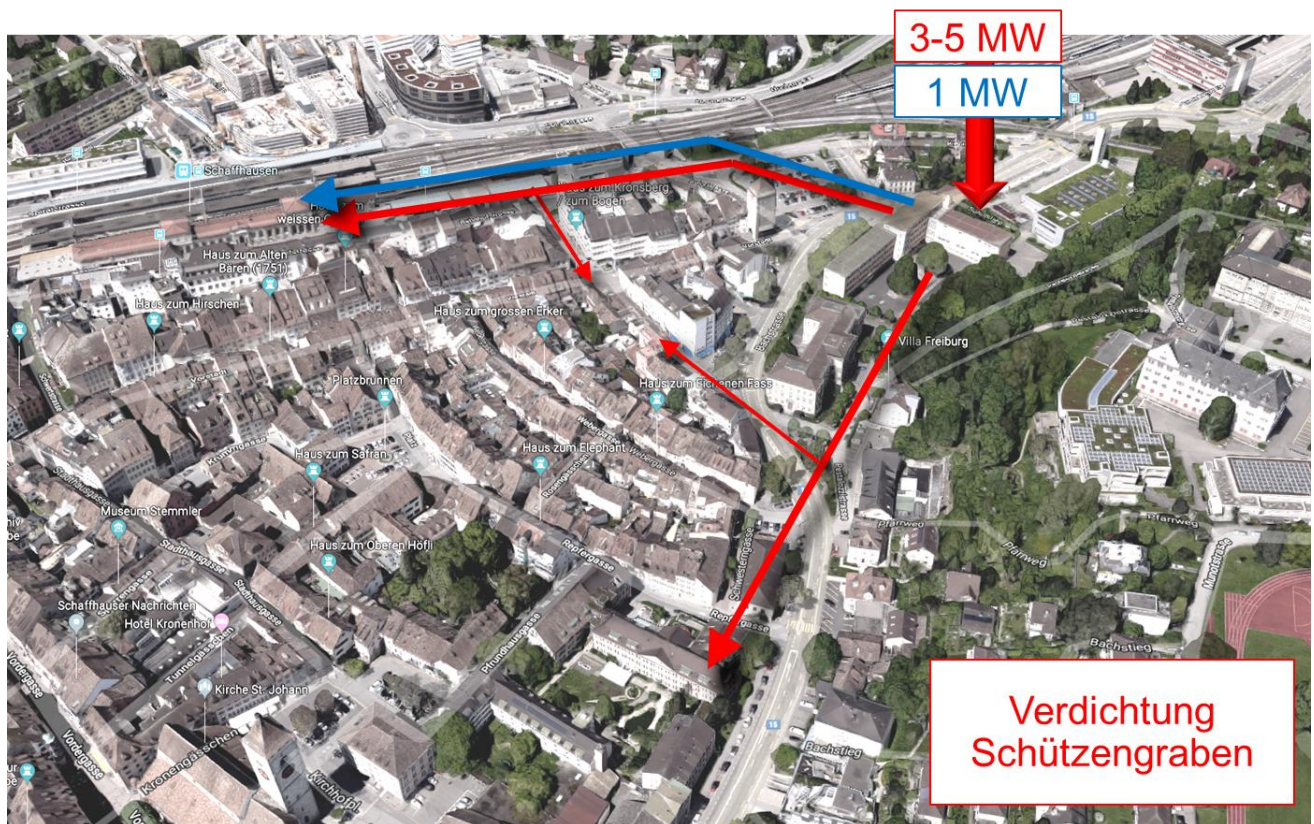


Abbildung 10
Erschliessungsperimeter SOLL 2b

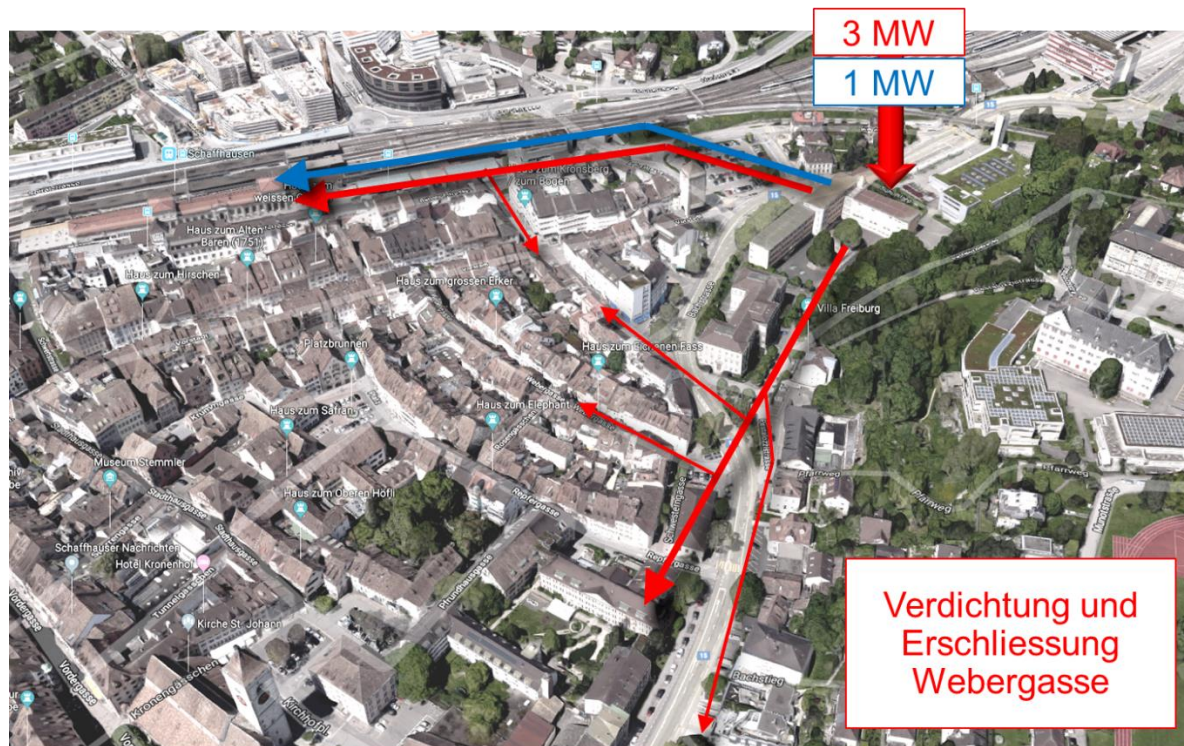
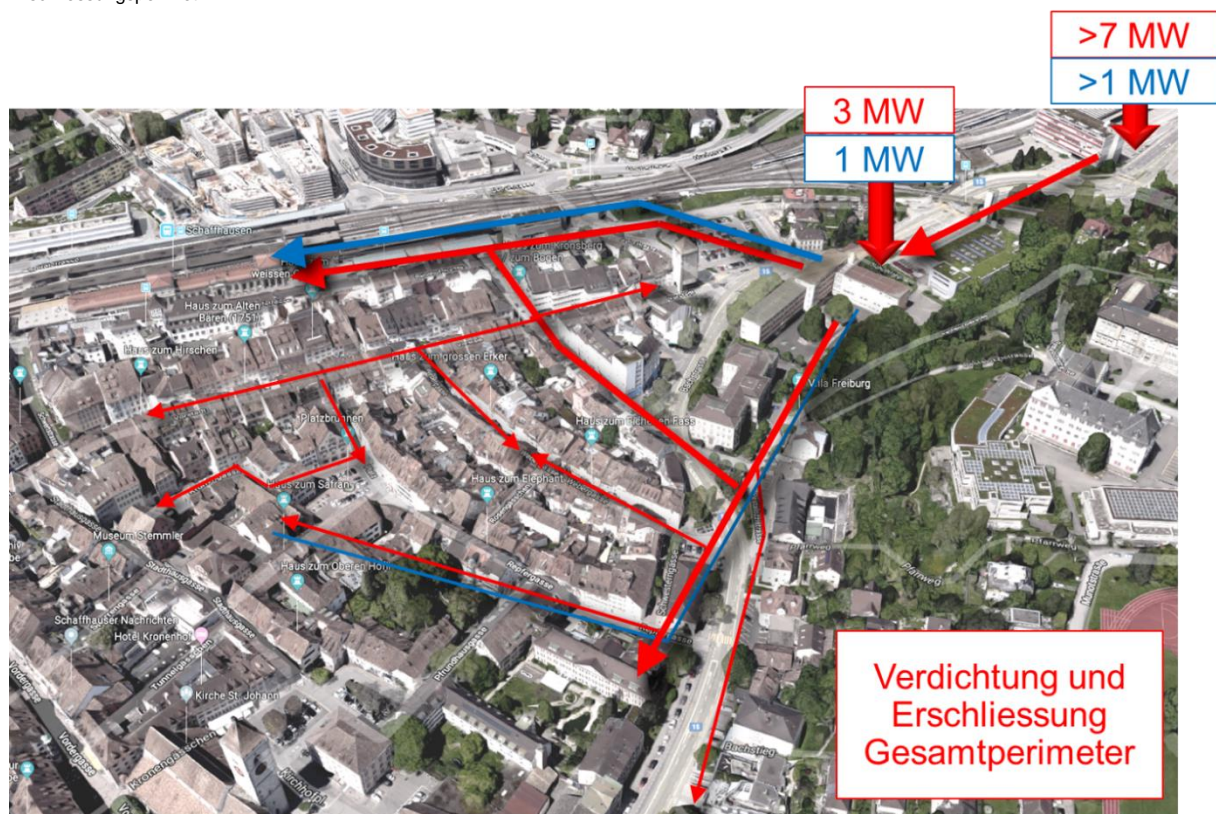


Abbildung 11
Erschliessungsperimet



er SOLL 3

Abbildung 12
Erschliessungsperimeter SOLL 4. Diese Variante ist nicht weiter spezifiziert, da eine weitere Verdichtung und Ausbau zwingend auch eine zusätzliche Zentrale für die Wärme- und Kälteversorgung erforderlich macht.

4.1.3 Erschliessung mit Fernkälte «Bahnhofstrasse»

Der Bedarf für Kälte war in der Umfrage sehr gering. Entlang der Bahnhofstrasse insbesondere auch ausserhalb des Umfrageperimeters konnte jedoch ein grösseres Potential für Fernkälte evaluiert werden. Der Fokus bei der Bedarfsermittlung lag dabei auf der Kälte, wobei gleichzeitig auch die Fernwärme gebaut werden soll.

Die Fernkälteleitung kann voraussichtlich mittels unisolierten PE-Rohren verlegt werden. Damit können die Kosten tief gehalten werden.

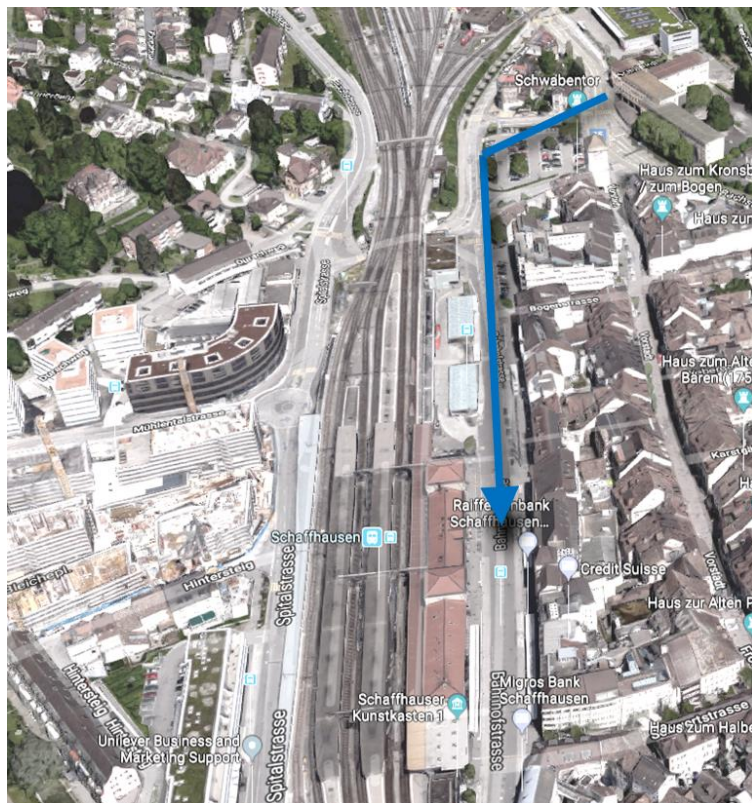


Abbildung 13
Blau markiert der angedachte Hauptast «Bahnhofstrasse mit Wärme und Kälte. Da er sich mehrheitlich ausserhalb des Umfrageperimeter befindet, liegen keine konkreten Zahlen zum Wärmepotential vor.

Für die Umstellung der VBSH-Busflotte von Diesel auf Strom muss die Bahnhofstrasse komplett umgebaut werden, was sehr grosse Synergieeffekte für den Fernwärme und Fernkältebau bedeutet. Aktuell ist der Einbau der Ladeinfrastruktur in der Hauptpost vorgesehen. Für die erste Phase könnte die Abwärme via bestehende Kälteinfrastruktur abgeführt werden. Da dort für den Endausbau die Kältekapazitäten nicht ausreichen, muss zwingend Fernkälte vorhanden sein.

Tabelle 2
Übersichtstabelle der potentiellen Kältebezügern. Für die spätere Berechnung wurden nur die blau hinterlegten Bezüger eingerechnet. Ein späterer Ausbau ist jedoch angedacht und muss beim Leitungsbau entsprechend berücksichtigt werden.

Objekt	Nutzung	kW	MWh/a	Anschlusszeitpunkt
SH Kantonalbank	Klima + Server	350	300	Mittelfristig
SH Kantonalbank	Server	150	140	Mittelfristig (entfällt eventuell)
Migros	Klima	180	150	Mittelfristig
Hauptpost VBSH (neu)	Technik	150	750	2023
Hauptpost (Bestand)	Klima	150	150	Mittelfristig
Diverse Banken (Annahme)	Klima	200	200	Mittelfristig
Total		1180	1690	

4.1.4 Erschliessung mit Fernkälte «Stadthausgeviert»

Aktuell ist kein weiterer, konkreter Kältebedarf im Umfrageperimeter mit Ausnahme des Stadthausgeviertes vorhanden. Eine Erschliessung ab der Bahnhofstrasse ist aufgrund des aufwändigen Leitungsbaus nicht zu empfehlen. Sollte keine eigenständige Wärme- und Kälteversorgung im Stadthausgeviert realisiert werden

können, kann der Kältebedarf mit einer eigenen Grundwasserfassung gedeckt werden. Das Grundwasser würde im Stadthausgeviert direkt für die Kälte genutzt werden (Freecooling) oder im Bedarfsfall mit einer zusätzlichen kleinen Kältemaschine auf das entsprechende Niveau abgesenkt werden. Das Grundwasser könnte dann via erdverlegte Leitung in die Technikzentrale GEGA (Synergienutzung mit Fernwärmeleitungsbau) transportiert werden. Dort könnte die Abwärme genutzt oder das Wasser via Sickergallerie in den Untergrund zurückgeführt werden. Mit dieser Variante, könnte auch eine aufwändige Sickergallerie oder Schluckbrunnen im Herzen der Altstadt verzichtet werden.

Diese Variante wurde in der Machbarkeit nicht vertieft analysiert und bewertet. Aufgrund der Synergieeffekte mit einem allfälligen Wärmeanschluss, ist davon auszugehen, dass die Kälteleitung realisierbar und tragbar ist. Die Ausführungen dienen primär einer ganzheitlichen Betrachtung und können im Bedarfsfall detailliert untersucht werden.

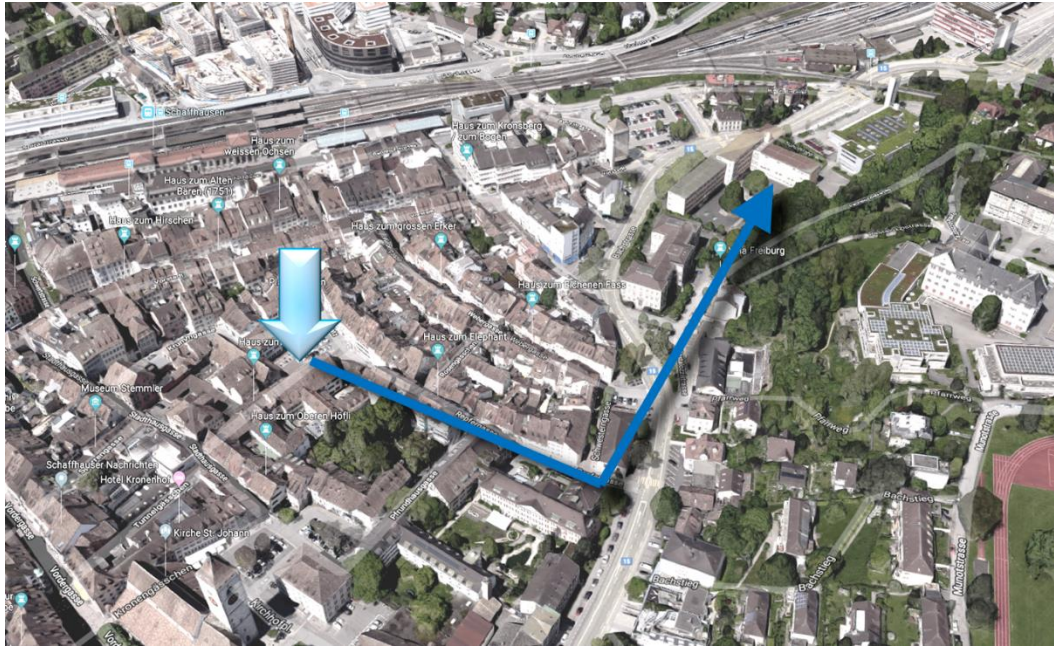


Abbildung 14

Hellblau mit Pfeil markiert ein möglicher Grundwasserbrunnen für die Kälteversorgungen des Stadthausgevierts. Das aufgewärmte Grundwasser könnte via Fernkälteleitung in die Technikzentrale GEGA geführt werden und im Anschluss via die dort vorhandenen Sickergallerien zurück geführt werden.

4.1.5 Schnittstelle Energieverbund / Bezüger

Die untenstehenden Ausführungen sind als Diskussionsgrundlage für die genaue Schnittstellenprüfung zu verstehen. In der Kostenberechnung für die Wirtschaftlichkeit sind die Kosten gemäss dieser Schnittstelle eingeflossen.

Der Energieverbund erstellt und betreibt die Technikzentrale mit der gesamten Wärme- und Kälteproduktionsanlage sowie dem notwendigen Fernwärme- und Fernkälteleitungsnetz mit Haupt- und Anschlussleitungen (Versorgungsnetz) zu den einzelnen Gebäuden der Bezüger und legt die Lage der Hauseinführungen entsprechend der Linienführung der Hauptleitung fest. Im Lieferumfang enthalten sein soll auch die Übergabestation bestehend aus Hausabsperrearmaturen, Wärmezähler, Druckmengenbegrenzer und Wärmetauscher für die Netztrennung Verbund-Nutzer.

Der Bezüger erstellt die Leitungen ab Hauseintritt und verbaut die bauseits gelieferte Übergabestation. Die hausinternen Installationen sind Sache des Bezügers gemäss Vorschriften des Wärmelieferanten. Der Fokus muss dabei auf einen tiefen Rücklauf gelegt werden. Sämtliche Installationen, welche eine Aufwärmung des Rücklaufwassers bewirken sind verboten.

Die Kosten für die Haupt- und Anschlussleitung bis und mit Hauseintritt gehen zulasten des Wärmelieferanten. Die Kosten der Kellerleitungen sowie der Hausstation und der Hausinstallationen gehen zulasten der Bezüger. Im Übrigen werden die Kosten für Wärme- und / oder Kältelieferung in einem entsprechenden Vertrag geregelt.

Die bestehenden Heizungsverteiler in den einzelnen Gebäuden sind den neuen Gegebenheiten anzupassen. Das Nahwärmesystem ist mit den Wärmebezüger via Unterstation verbunden. Mit einem geeichten Wärmezähler wird die bezogene Wärmemenge pro Hausgruppe separat gemessen und abgerechnet.

Schnittstelle sinngemäss auch für Kälte.

4.1.6 Bedeutung der städtischen Bauten

Das Ziel ist es mit den städtischen Bauten die wirtschaftliche Grundlage für den Wärmeverbund zu legen, welcher mit privaten Kunden stetig erweitert werden kann. Die Hauptäste sind gegeben durch den unmittelbaren Sanierungsbedarf im Altersheim Kirchhofplatz (Ast «Bachstrasse») und Hauptpost Schaffhausen aufgrund des Projekts Abwärme VBSH (Ast «Bahnhofstrasse» mit Kälte):

- Bachstrasse: Altersheim Kirchhofplatz und mittelfristig Agnesenschütte und Bachturhalle
- Bahnhofstrasse/Schützengraben/Vorstadt: Zollverwaltung und mittelfristig die Kantonalbank
- Repfergasse/Platz: Stadthaus-Geviert.

Die städtischen Bauten weisen eine hohe Anschlussleistung auf und sind für die Wirtschaftlichkeit des ganzen Wärmeverbundes von entscheidender Bedeutung.



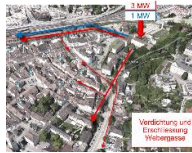

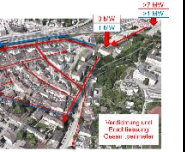
4.1.7 Bedeutung der Private Kunden

Die privaten Kunden entlang der Versorgungsleitungen zwischen den städtischen Bauten erhöhen die Wirtschaftlichkeit des gesamten Verbundes. Im Rahmen dieser Studie wurde eine Umfrage im Anschlussperimeter durchgeführt sowie Aufnahmen bei einigen grösseren Objekten gemacht. Die Gespräche zeigten, dass grundsätzlich Interesse an einem Fernwärmenetz besteht und auch die eingereichten Umfragebögen zeigen mehrheitlich ein positives Feedback.

Vor und während der effektiven Umsetzung ist eine aufwändige Akquisition mit direkter Beratung aller potentiellen Kunden durchzuführen. Nur so kann das volle Potential im Wärmeverbund Perimeter erschlossen werden.

Tabelle 3

Übersichtstabelle der gewählten Varianten für den Verbund. Ein Ausbau in Etappen ist möglich und wird empfohlen.

Variante Netz	SOLL 1a / 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3	SOLL 4
Übersicht					
Anschluss-perimeter	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schule GEGA/Bach ▪ Altersheim Kirchhofplatz ▪ Stadthausgeviert (nur bei SOLL 1b) 	Erweiterung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ast Bahnhofstrasse 	Erweiterung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verdichtung Schützengraben 	Erweiterung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verdichtung Webergasse 	Erweiterung: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verdichtung und Erschliessung Gesamtperimeter (ausserhalb Umfrageperimeter)
Beschrieb	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Öffentliche Gebäude entlang Hauptleitung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Öffentliche Gebäude entlang Hauptleitung ▪ Synergienutzung Bahnhofstrasse 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verdichtung gem. Umfrage ▪ Synergienutzung Belagsarbeiten Vorstadt (vor SHKB) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verdichtung gem. Umfrage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eventuell mit Verbindung Zentrale Stadthausgeviert (falls bislang individuell)
Produkt	Nur Fernwärme	Fernwärme und Fernkälte	Fernwärme und Fernkälte	Fernwärme und Fernkälte	Fernwärme und Fernkälte
Anschlussleistung Wärme	1300 kW resp. 1650 kW	2035 kW	3265 kW	3265 kW	> 7000 kW
Anschlussleistung Kälte	Nicht möglich	500-1000 kW	500-1000 kW	500-1000 kW	> 2000 kW
Zentrale Standort + mögliche Varianten	GEGA «Mini» «Midi» «Optima» «Maxi»	GEGA «Mini» «Midi» «Optima» «Maxi»	GEGA «Midi» «Optima» «Maxi»	GEGA «Midi» «Optima» «Maxi»	GEGA + Holzheizzentrale «Midi» «Optima» «Maxi»

Realisierung	Ab 2019	Ab 2019	Ab 2019	Ab 2019	Abhängig von Akquisition ab ca. 2025
--------------	---------	---------	---------	---------	--------------------------------------

4.2 Technikzentrale GEGA für Wärme und Kälte

Die Heizzentrale für den Wärmeverbund ist in der bestehenden Heizzentrale vom Schulhaus GEGA ange-dacht, da hier Synergien in der bestehenden Zentrale / Technik genutzt werden können.

Je nach Variante ist ein Ausbau der bestehenden Zentrale nötig. Alle vorgestellten Varianten bestehen aus einer bivalenten Wärmeerzeugung mit Grundwasser-Wärmepumpe und Gaskessel. Die Wärmeerzeuger werden so ausgelegt, dass ein Deckungsgrad bei der gelieferten Energie von 70-80% durch die Wärme-pumpe erreicht wird. Bei den Varianten mit Kälte wird die gleiche Wärmepumpe auch als Kältemaschine genutzt. Es sind lediglich zusätzliche Installationen (Wärmetauscher, Speicher etc. erforderlich).

Für die Varianten MINI und MIDI ist die Disposition in der Heizzentrale vergleichbar, weshalb diese nur für die Variante MIDI erstellt wurde. Die Zugangssituation und Räumlichkeiten für die bestehende Zentrale blei-ben in allen Varianten bestehen. Das bestehende Zwischengeschoss in der Heizzentrale soll auf ein Mini-mum reduziert werden, um mehr Platz in der bestehenden Zentrale zu gewinnen. Je nach Variante ist ein neuer Kamin an der Fassade auf der Ostseite des Schulhauses zu installieren. Für die Varianten Optima und MAXI wird ein Erweiterungsbau benötigt.

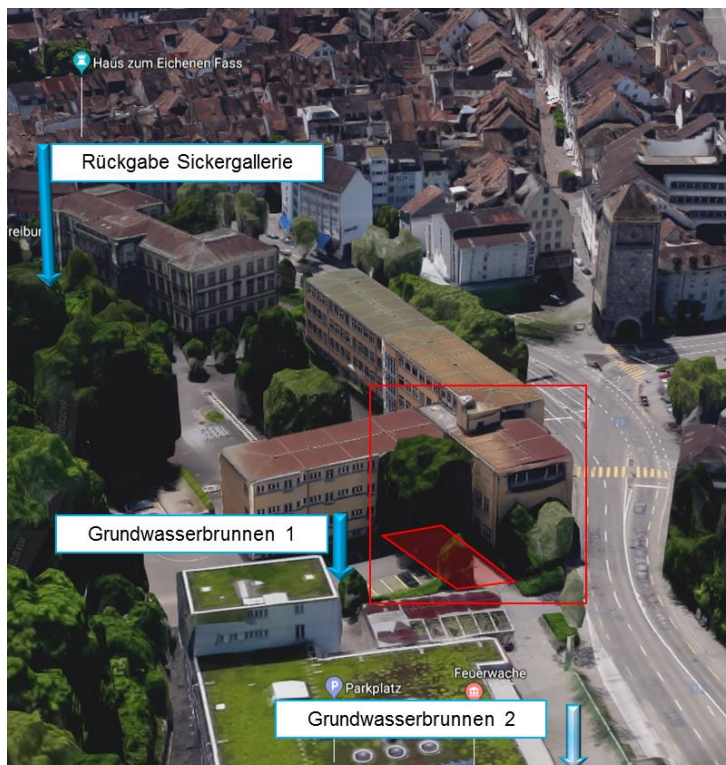


Abbildung 15

Überblick über die Zentrale GEGA: Rot markiert der Bereich eines möglichen Erweiterungsbaus im Erdreich (komplett unterirdisch). Für die Grundwasserfassung sind je nach Variante ein oder zwei Brunnen erforderlich. Die Sickergalerie wird Stromabwärts beim Bachschulhaus oder unter den Veloparkplätzen erstellt.

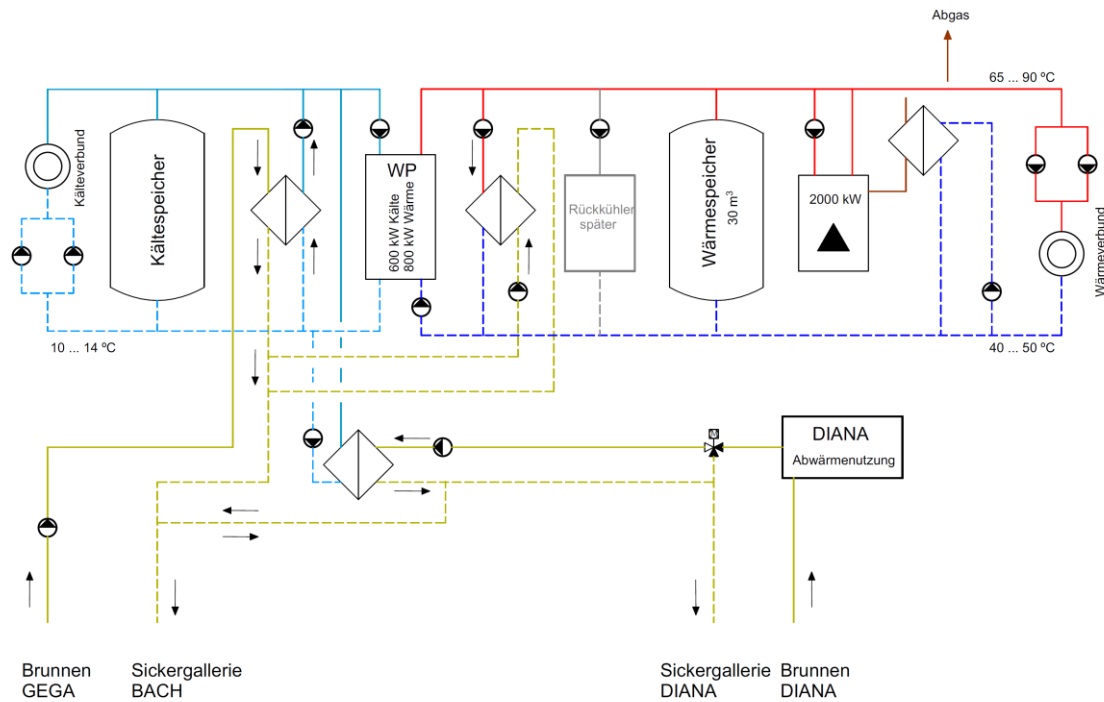


Abbildung 16
Konzeptschema der kombinierten Wärme- und Kälteerzeugung inklusive Synergienutzung Diana-Areal.

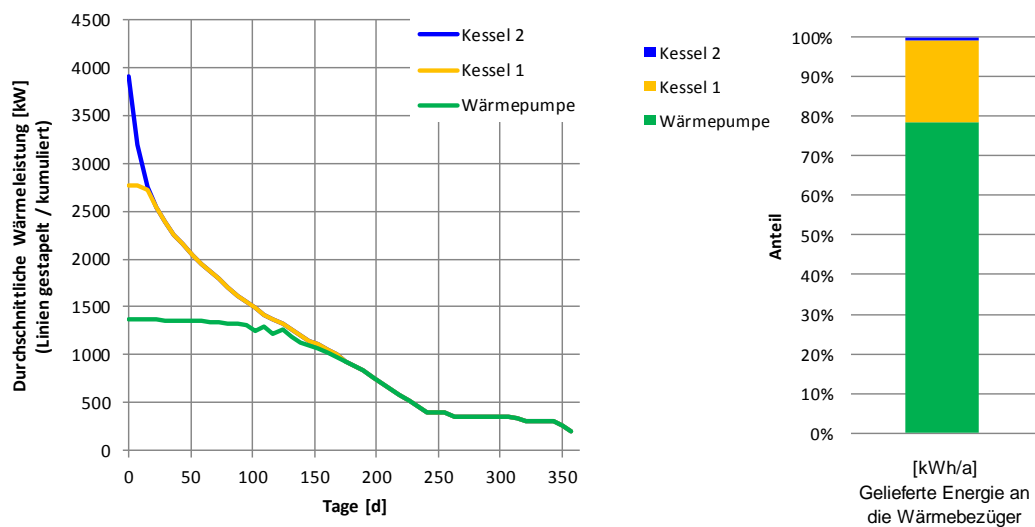


Abbildung 17
Links: Wärmeleistung über das Jahr mit einer bivalenten Wärmepumpen-Gaskesselanlage. Rechts: Aufschlüsselung der Wärmeleistung über das Jahr mit einer bivalenten Wärmepumpen-Gaskesselanlage. Dank hohen Laufzeiten liefert die Wärmepumpe über das Jahr rund 70 bis 80% der Wärmeenergie.

4.2.1 Variante MINI

Allgemeines

Die gesamte Technik wird in der bestehenden Zentrale untergebracht. Die Grundwasserfassung befindet sich an der Ostseite des Schulhauses vor der Heizzentrale. Die Wärmepumpe kann gem. ChemRRV mit dem klassischen Kältemittel R134a gebaut werden. Es sind keine speziellen Sicherheitsvorkehrungen notwendig.

Wärmeerzeugung

- 1x Grundwasser-Wärmepumpe mit 400 kW Kälteleistung, JAZ 2.6
- Gaskessel mit 1'400 kW und Abwärmenutzung der Abgase
- Die bestehenden Wärmespeicher werden weiterverwendet.
- Maximale Anschlussleistung ohne Redundanz ca. 2'000 kW

Kälteerzeugung

- Nicht möglich, da zu wenig Platz

Bauliche Massnahmen

- Eine Grundwasserfassung und Versickerungsgalerie inkl. Umfeld und Zuleitung.
- Neuer Gasanschluss und neuer Stromanschluss.
- Abbruch und Reduktion Zwischengeschoss.
- Kernbohrungen und kleinere Durchbrüche (z.B. beim Kamin).

Hinweis Kältemittel:

- Die aktuellen Berechnungen basieren auf der gültigen ChemRRV vom November 2017
- Das Kältemittel R134a wird jedoch zunehmend hinterfragt. Bei einer nachträglichen Sanierungsverfügung ist beim Wechsel des Kältemittels mit zusätzlichem Platzbedarf zu rechnen, welchem in der bestehenden Zentrale schwierig gerecht werden kann.
- .

4.2.2 Variante MIDI

Allgemeines

Die gesamte Technik wird in der bestehenden Zentrale untergebracht. Diese Variante entspricht der maximal möglichen Leistung innerhalb der bestehenden Heizzentrale. Die Grundwasserfassung befindet sich an der Ostseite des Schulhauses vor der Heizzentrale. Die Wärmepumpe kann gem. ChemRRV mit dem klassischen Kältemittel R134a gebaut werden. Es sind keine speziellen Sicherheitsvorkehrungen notwendig.

Die maximale Kälteleistung der Wärmepumpe liegt bei 600 kW.

Wärmeerzeugung

- 1x Grundwasser-Wärmepumpe mit 600 kW Kälteleistung, JAZ 2.6
- Gaskessel mit 2'200 kW und Abwärmenutzung der Abgase
- Die bestehenden Wärmespeicher werden weiterverwendet.
- Maximale Anschlussleistung ohne Redundanz ca. 3'500 kW

Kälteerzeugung

- Nicht möglich, da zu wenig Platz

Bauliche Massnahmen

- Eine Grundwasserfassung und Versickerungsgalerie inkl. Umfeld und Zuleitung.
- Neuer Gasanschluss und neuer Stromanschluss.
- Abbruch und Reduktion Zwischengeschoss.
- Kernbohrungen und kleinere Durchbrüche (z.B. beim Kamin)

Hinweis Kältemittel:

- Die aktuellen Berechnungen basieren auf der gültigen ChemRRV vom November 2017
- Das Kältemittel R134a wird jedoch zunehmend hinterfragt. Bei einer nachträglichen Sanierungsverfügung ist beim Wechsel des Kältemittels mit zusätzlichem Platzbedarf zu rechnen, welchem in der bestehenden Zentrale schwierig gerecht werden kann.

Varianten Zentrale: «Mini», «Midi»

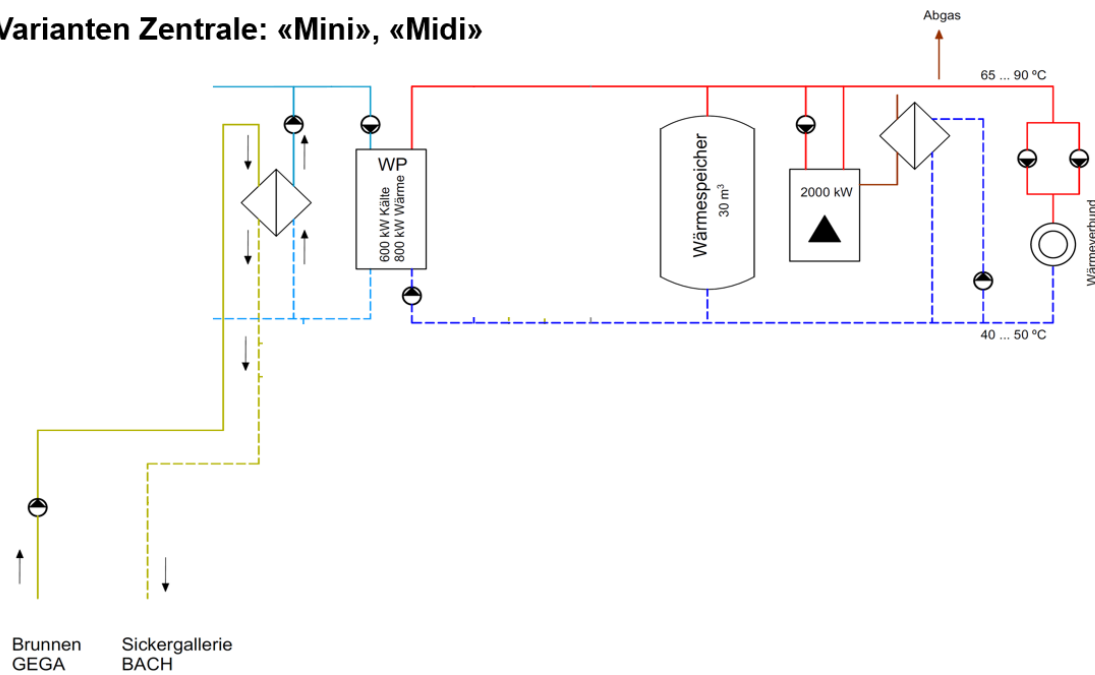


Abbildung 18
Konzeptschema der Wärmeerzeugung für die Variante «Midi» (Variante «Mini» konzeptionell identisch.)

4.2.3 Variante OPTIMA

Allgemeines

Diese Variante umfasst einen unterirdischen Erweiterungsbau zwischen Fulachkanal und Schulhaus unter dem bestehenden Parkplatz für die Unterbringung der Wärmepumpe. Dank dem Neubau ist die Installation der zusätzlichen Komponenten für die Kälteerzeugung möglich (v.a. Kältespeicher). In der bestehenden Zentrale wird die Gaskesselanlage aufgestellt. Die Wärmepumpe kann gem. ChemRRV mit dem klassischen Kältemittel R134a gebaut werden. Es sind keine speziellen Sicherheitsvorkehrungen notwendig. Aus Kostengründen wird die Kälteleistung der Wärmepumpe auf maximal 600 kW limitiert. Eine Etappierung des Bauvorhabens z.B. Gas und Wärmepumpe gestaffelt ist möglich.

Wärmeerzeugung

- Grundwasser-Wärmepumpe mit 600 kW Kälteleistung, JAZ 2.7
- Gaskessel mit 2'200 kW und Abwärmenutzung der Abgase
- Die bestehenden Wärmespeicher werden weiterverwendet.
- Maximale Anschlussleistung ohne Redundanz ca. 3'500 kW

Kälteerzeugung

- Nutzung der Wärmepumpe als Kältemaschine
- Neue Kältespeicher in Erweiterungsbau
- Zusätzliche Wärmetauscher und Leitungen maximale Synergienutzung

Bauliche Massnahmen

- Unterirdischer Erweiterungsbau für Wärmepumpe mit separatem Zugang und Einbringmöglichkeit für Wärmepumpen inkl. Instandstellung Parkplatz und Ersatzbegrünung.
- 1x Grundwasserfassung in Erweiterungsbau (maximal 1'200 lt/min)
- 1x Versickerungsgallerie inkl. Umfeld und Zuleitung.
- Grosszügiger Installationsdurchbruch von bestehender Zentrale zu Erweiterungsbau
- Neuer Gasanschluss und neuer Stromanschluss.
- Abbruch und Reduktion Zwischengeschoss.
- Kernbohrungen und kleinere Durchbrüche (z.B. beim Kamin).

Hinweis Kältemittel:

- Die aktuellen Berechnungen basieren auf der gültigen ChemRRV vom November 2017

- Das Kältemittel R134a wird jedoch zunehmend hinterfragt. Bei einer nachträglichen Sanierungsverfügung ist beim Wechsel des Kältemittels mit zusätzlichem Platzbedarf zu rechnen. Im Erweiterungsbau sind zusätzliche Sicherheitsauflagen einfacher zu erfüllen, als im Bestand.
- Im Erweiterungsbau sind verschiedene Kältemittel möglich, beispielsweise auch NH3.

4.2.4 Variante MAXI

Allgemeines

Diese Variante umfasst einen unterirdischen Erweiterungsbau zwischen Fulachkanal und Schulhaus unter dem bestehenden Parkplatz für die Unterbringung der Wärmepumpe. In der bestehenden Zentrale werden zwei Gaskessel aufgestellt.

Diese Variante schöpft die maximale Grundwasserkapazität mit zwei Grundwasserfassungen aus, welche nördlich vom Feuerwehrzentrum und im Erweiterungsbau der Heizzentrale positioniert sind. Dies entspricht der maximal möglichen Leistung innerhalb der bestehenden Randbedingungen am Standort GEGA. Die Wärmepumpe muss gem. ChemRRV mit einem alternativen Kältemittel gebaut werden, da die Kälteleistung über 600 kW liegt. Mögliche Kältemittel sind Ammoniak oder HFO.

Eine Etappierung des Bauvorhabens z.B. Gas und Wärmepumpe gestaffelt ist möglich.

Wärmeerzeugung

- Grundwasser-Wärmepumpe mit 840 kW Kälteleistung, JAZ 2.6
- Gaskessel mit 1'400 kW und Abwärmenutzung der Abgase
- Gaskessel mit 2'200 kW für Spitzelast
- Die bestehenden Wärmespeicher werden weiterverwendet.
- Maximale Wärmeleistung ohne Redundanz ca. 4'900 kW

Bauliche Massnahmen

- Unterirdischer Erweiterungsbau für Wärmepumpe mit separatem Zugang und Einbringmöglichkeit für Wärmepumpen inkl. Instandstellung Parkplatz und Ersatzbegrünung.
- Je 1x Grundwasserfassung in Erweiterungsbau und nördlich von Feuerwehrzentrum (maximal 1'600 lt./min)
- 1x Versickerungsgallerie inkl. Umfeld und Zuleitung.
- Grosszügiger Installationsdurchbruch von bestehender Zentrale zu Erweiterungsbau
- Neuer Gasanschluss und neuer Stromanschluss.
- Abbruch und Reduktion Zwischengeschoss.
- Kernbohrungen und kleinere Durchbrüche (z.B. beim Kamin).

Hinweis Kältemittel:

- Die aktuellen Berechnungen basieren auf der gültigen ChemRRV vom November 2017
- Das Kältemittel R134a wird jedoch zunehmend hinterfragt. Bei einer nachträglichen Sanierungsverfügung ist beim Wechsel des Kältemittels mit zusätzlichem Platzbedarf zu rechnen. Im Erweiterungsbau sind zusätzliche Sicherheitsauflagen einfacher zu erfüllen, als im Bestand.

4.2.5 Perspektive Wärme- / Kälteerzeugung Zukunft

Mit zunehmender Verdichtung im Anschlussperimeter Altstadt Nord muss ab einer abonnierten Anschlussleistung von über 4'500 kW Wärmeleistung oder 800 kW Kälteleistung eine Erweiterung der Zentrale angedacht werden.

Möglichkeiten für die Erweiterung Zentrale:

- Erhöhung Kälteleistung durch Installation eines Luftkühlers (z.B. auf dem Feuerwehrzentrum)
- Erhöhung der Wärme- und Kälteleistung durch eine neue Zentrale (z.B. auf dem Güterbahnhof) mit Holz für hohe Vorlauftemperaturen, eventuell zusätzliche Grundwasser-Wärmepumpe und eventuell zusätzlichen Luftkühler für Kälteleistung.

Fazit für Netzausbau:

- Eine Vergrösserung der Wärme- und Kälteleistung scheint realisierbar
- Mit zunehmender Verdichtung steigt die Wirtschaftlichkeit des Verbundes
- Aufgrund der langen Lebensdauer der erdverlegten Leitungen sind insbesondere die Hauptäste bereits von Beginn mit ausreichenden Reserven zu dimensionieren.

Varianten Zentrale: «Optima», «Maxi» + «Diana Abwärme»

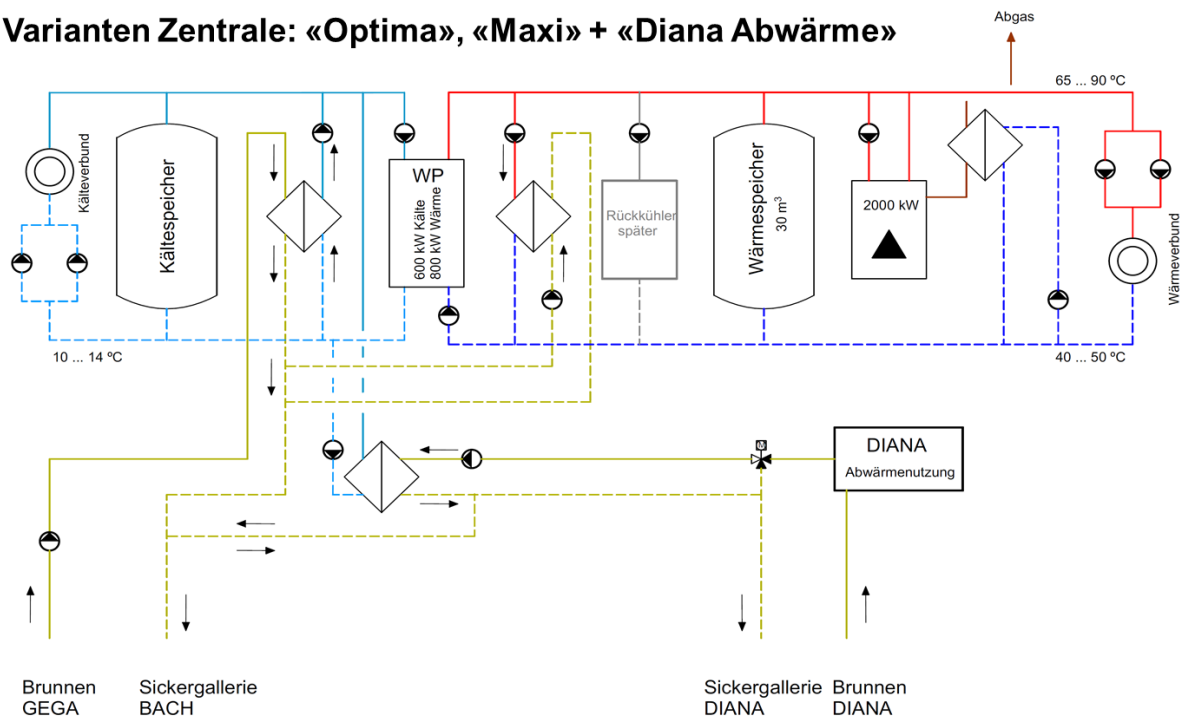


Abbildung 19

Konzeptschema der Wärme- und Kälteerzeugung für die Varianten «Optima» inklusive der Abwärmenutzung vom Diana Areal (Variante Maxi konzeptionell identisch)

Tabelle 4

Übersichtstabelle der gewählten Varianten für den Verbund

VARINATE WÄRMEERZEUGUNG		Mini	Midi	Optima	Maxi
		Nur Wärme		Wärme + Kälte	
Beschrieb		Ausbau bestehende Zentrale GEGA mit neuer GW-WP + Gaskessel: - Kältemittel R134a zulässig (günstig) - Komplexe, enge Technikzentrale im Schulhaus - Ausbaupkapazität begrenzt - Kälte nicht möglich		Zusätzlich unterirdischer Erweiterungsbau für Kälte: - Aufwändiges Bauwerk - Gas im Bestand - WP und Speicher in Neubau - Bewährte Kältemittel (max. 600 kW Kälteleistung)	Zusätzlich unterirdischer Erweiterungsbau für Kälte: - Aufwändiges Bauwerk - Gas im Bestand - WP und Speicher in Neubau - maximale Grundwasserassernutzung - Komplexe Technik da über 600 kW Kälteleistung (ChemRRV)
Kälteleistung WP	kW	400	600	600	840
Wärmeleistung WP	kW	650	975	953	1'365
Wärmeleistung GAS	kW	1'400	2'200	2'200	3'200
Leistung installiert	kW	2'050	3'175	3'153	4'565
Anschlussleistung möglich	kW	2'300	3'500	3'500	5'000
Möglicher Versorgungsperimeter		SOLL 1	SOLL 3	SOLL 3	SOLL 3 + Verdichtung
Reservekapazitäten	kW	700	0	0	1'500

4.3 Energieverbund mit Diana-Areal

4.3.1 Ausgangslage

Auf dem Diana-Areal ist eine Grundwasserwärmepumpe mit Grundwasserfassung und Versickerungsgalerie installiert. Die Versickerungsgalerie weist eine Kapazität von 800-900 lt./min auf, genutzt werden lediglich 400 lt./min. Aufgrund von Nutzungsänderung im Vergleich zum Planungswert besteht ein zu grosser Kältebedarf auf dem Areal, was zu einer Grundwassererwärmung führt, welche gem. Konzession nicht zulässig ist. Auf dem Diana-Areal müssen zwingend technische Massnahmen zur Einhaltung der Konzession realisiert werden.

Im geplanten Wärmeverbund, welcher von der Zentrale im GEGA mit Wärme versorgt wird, besteht hauptsächlich Wärmebedarf, da ganzjährig Wärme geliefert wird (auch in den Sommermonaten für Brauchwasserbereitung). Die Abwärme vom Diana-Areal kann deshalb mehrheitlich für die Vorwärmung des Grundwassers genutzt werden, was den Wirkungsgrad der Wärmepumpe verbessert.

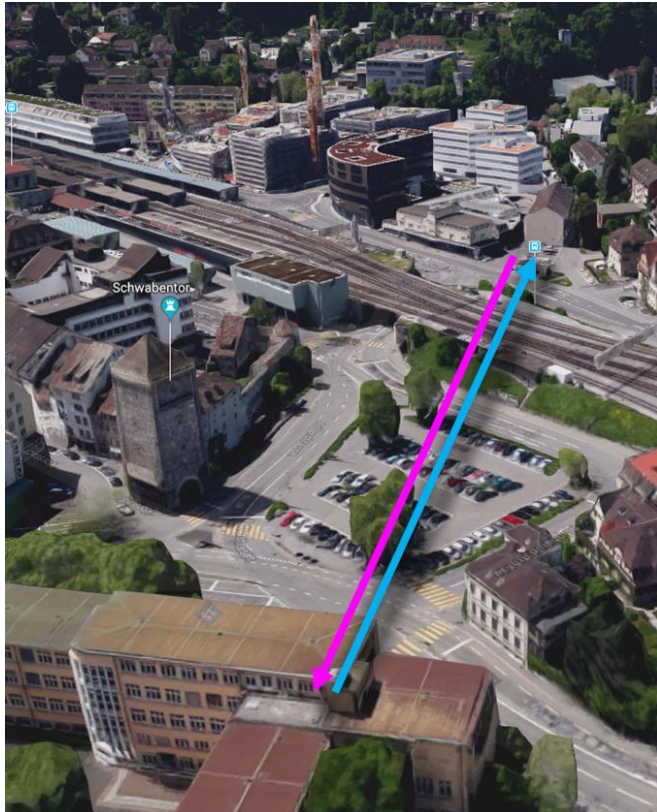


Abbildung 20

Das aufgewärmte Grundwasser des Diana-Areal soll in der Zentrale GEGA genutzt werden. Das abgekühlte Grundwasser kann entweder in die Sickerhalle Diana zurück geführt werden oder direkt in der Sickerhalle beim Bachschulhaus zurück geführt werden.

4.3.2 Synergie und Konzept

Das Konzept basiert auf zwei Verbindungsleitungen zwischen Diana und GEGA, welche für die Verteilung von Grundwasser genutzt werden können. Im Diana im Kühlbetrieb erwärmtes Grundwasser kann als Wärmequelle im GEGA genutzt werden, was zu einer Steigerung der Effizienz der Wärmepumpe im GEGA führt und das Grundwasser wieder auf ein zulässiges Temperaturniveau senkt. Der Nutzungsgrad im Sommer hängt ab von der erforderlichen Kälteleistung im Ast «Bahnhofstrasse» und der effektiv erforderlichen Wärmeenergie in den Sommermonaten.

Eine weitere Synergie besteht in der zu gross dimensionierten Versickerungsgalerie auf dem DIANA-Areal. Diese kann dank den Verbindungsleitung ebenfalls von der Wärmepumpe im GEGA genutzt werden, wodurch die Sickerhalle im GEGA um knapp ein Drittel kleiner dimensioniert werden kann. Dies führt zu einer Kostenersparnis.

Für das Diana Areal liegt der Vorteil primär in den tieferen Betriebs- und Unterhaltskosten und allenfalls Investitionskosten. Die Konzessionsauflage soll aufgeschoben werden, bis diese Variante realisiert werden kann. Aus Sicht des Diana-Areals besteht ein Zeitdruck aufgrund der Sanierungsverfügung durch das Tiefbauamt.

4.3.3 Leitungsumlegung wegen Hochwasserschutz

Ursprünglich war angedacht, den Durachkanal für den Leitungsbau zu nutzen. Dies ist aus Gründen des Hochwasserschutzes nicht mehr möglich. Konsequenterweise bedeutet dies jedoch auch, dass sämtliche bereits im Kanal verbauten Werkleitungen (Wasser, Gas, Elektro etc.) kurz- bis mittelfristig aus dem Kanal entfernt werden müssen. Ohne Nutzung des Durachkanals ist der Bau einer Verbindungsleitung zwischen Diana-Areal und GEGA nur mit Synergienutzung bei der Unterquerung der SBB-Geleisen finanzierbar. Diese Abklären müssen von SHPower umgehend gemacht werden.

5 Kosten & Wirtschaftlichkeit

5.1 Wärmeverbund

5.1.1 Anschlussdichte Wärme

Für die Plausibilitätsprüfung wurden sowohl die verschiedenen Ausbauvarianten des Wärmeverbundes (SOLL 1 bis SOLL 3), als auch die verschiedenen Anschlussäste beurteilt.

Alle Ausbauvarianten zeichnen sich durch eine hohe Anschlussdichte aus, wobei diese mit zunehmender Verdichtung ansteigen. Es wurden nur Objekte mit positiver Rückmeldung gem. Umfrage und Schlüsselkunden beurteilt. Objekte ohne oder mit negativer Rückmeldung wurden nicht berücksichtigt, obwohl diese für einen späteren Anschluss trotzdem in Betracht gezogen werden müssen.

Bei der Beurteilung der verschiedenen Anschlussäste ist eine grosse Variabilität bei der Anschlussdichte vorhanden. Die Werte sind im Betrieb durch verstärkte Akquisition zusätzlicher Kunden zu verbessern. Das Potential ist jedoch insbesondere beim Ast „Bachstrasse Ost“ beschränkt.

Tabelle 5

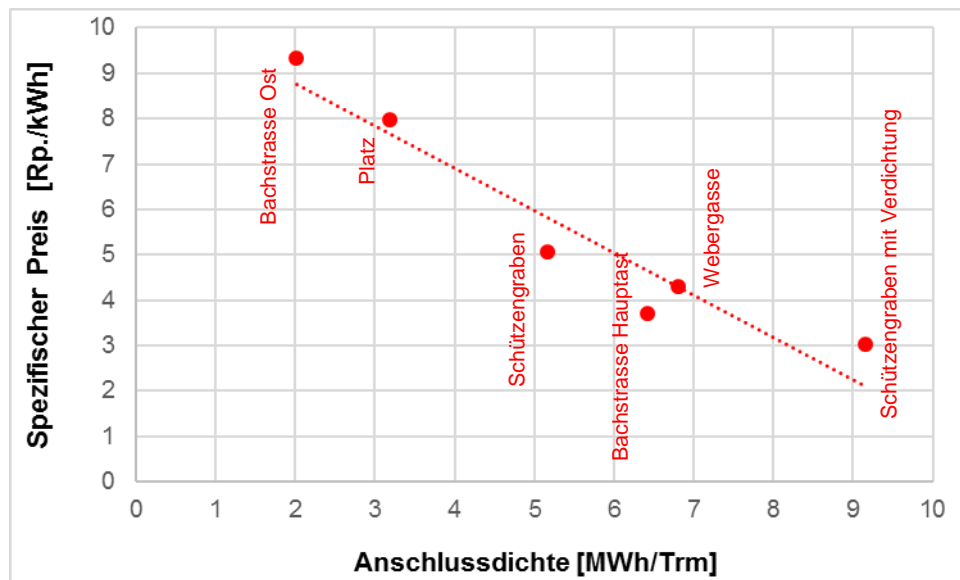
Kennzahlen der Varianten inklusive Anschlussdichte.

KENNZAHLEN AUSBAUVARIANTEN			SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
Anschlussleistung	Wärme	kW	900	1'200	1'600	2'500	3'100
Wärmeabsatz	Wärme	MWh/a	1'700	2'400	3'200	5'100	6'200
Trassemeter	Wärme	Trm	265	485	550	635	985
Kennwerte Anschlussdichte	Wärme	MWh/a/Trm	6	5	6	8	6

Tabelle 6

Kennzahlen zur Beurteilung der verschiedenen Anschlussäste.

KENNZAHLEN ÄSTE			"Bachstrasse"	"Schützen-graben"	"Schützen-graben"	"Weber-gasse"	"Bachstrasse Ost"	"Platz"
(ohne GEGA)			AH Kirchhofplatz	Nur öffentliche Bauten	Inkl. Verdichtung gem. Umfrage	gem. Umfrage	gem. Umfrage	Stadthaus-geviert
Anschlussleistung	Wärme	kW	850	740	1'690	270	270	350
Wärmeabsatz	Wärme	MWh/a	1'700	1'470	3'390	540	540	700
Trassemeter	Wärme	Trm	270	290	370	80	270	220
Kennwerte Anschlussdichte	Wärme	MWh/a/Trm	6.3	5.1	9.2	6.8	2.0	3.2
Spezifischer Preis (Kapitalkosten, Unterhalt + Betrieb)	Wärme	Rp./kWh	3.7	5.1	3.0	4.3	9.3	8.0


Abbildung 21

Abhängigkeit des spezifischen Preises (Kapitalkosten, Betrieb und Unterhalt) von der Anschlussdichte für die verschiedenen beurteilten Anschlussäste (siehe auch vorangehende Tabelle). Je höher die Anschlussdichte, desto attraktiver ist ein Ast.

Tabelle 7

Kennzahlen Kosten pro Trasselement, welche sich zusammensetzen aus Graben- und Leitungsbau inkl. Planung etc.

KENNZAHLEN NETZ			SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
Trasselement	Wärme	Trm	270	490	550	640	990
Kosten pro Trasselement	Wärme	Fr./Trm	4'910	5'150	5'270	5'510	5'080

Fazit:

Die Anschlussdichte ist bei allen Varianten sehr gut (Empfehlung gem. QM Holzheizwerk für ungünstige Bedingungen >2.0 MWh/Trm/a). Es sind deshalb tiefe Wärmeverluste und Betriebskosten (Pumpenenergie) zu erwarten.

In der Aufbauphase des Verbundes ist der Fokus auf die attraktivsten Anschlussäste zu richten um den Energieverbund möglichst rasch auf wirtschaftlich sichere Beine zu stellen. In späteren Bauphasen, können dann auch weniger attraktive Äste erschlossen werden.

Die spezifischen Kosten pro Trasselement sind mit rund 5'000.- Fr./Trm im Vergleich zu anderen Verbünden eher hoch. Allerdings ist in den engen Gassen der Altstadt mit einem aufwändigen und zeitintensiven Graben- und Leitungsbau zu rechnen.

5.1.2 Investitionskosten Wärme

Die Kosten für die Technikzentrale setzen sich zusammen aus Baukosten, insbesondere für den unterirdischen Erweiterungsbau und Kosten für die technischen Installationen (Netzverstärkung für Gas und Strom, Wärmepumpe, Kesselanlage, Leitungen, Pumpen etc.). Viele der Kosten sind mit konkreten Richtpreisofferten hinterlegt. Teilweise mussten jedoch auch Erfahrungszahlen und Kennzahlen eingesetzt werden.

Tabelle 8

Investitionskosten der verschiedenen Zentralenvarianten. Die spezifischen Kosten steigen bei der Variante Maxi gegenüber Optima aufgrund steigender Komplexität der Anlage (enge Platzverhältnisse, zusätzlicher Grundwasserbrunnen etc.).

VARIANTE WÄRMEERZEUGUNG		Mini	Midi	Optima	Maxi
		Nur Wärme		Wärme + Kälte	
Leistung installiert	kW	2'050	3'175	3'153	4'565
Investitionen Teil Wärme (exkl. MwSt. +/-25%)	Mio CHF	1.62	2.52	2.52	3.84
Kennzahlen	Fr./kW	790	794	799	841

In Ergänzung zur Technikzentrale sind hohe Investitionen für das Leitungsnetz erforderlich. Diese Kosten hängen ab von dem realisierten resp. angestrebten Ausbaugrad des Verbundes. Je nach Grösse des angestrebten Verbundes entfallen Varianten der Technikzentralen, da die Leistung nicht abgedeckt werden kann oder keine Fernkälte produziert werden kann.

Die Kosten für die Baukörper, Installation und Netz wurden aufgeteilt in Wärme und Kälte. Da auch die Variante SOLL 3 mit der einfachen, kostengünstigen Technikzentrale im Bestand abgedeckt werden könnte, ist der Verursacher für den Erweiterungsbau der Kältebedarf. Diese Mehrkosten wurden folglich gänzlich der Kälteerzeugung angelastet.

Hinweis Fördergelder:

Die zu erwartenden Fördergeldern gem. aktuell gültigem Förderprogramm des Kantons Schaffhausen vom 8. Juni 2018 wurden eingerechnet. Diese Kosten sind jedoch zwingend zu verifizieren, da die verfügbaren Fördergelder begrenzt sind.

Tabelle 9

Investitionskosten in Millionen exklusive Mehrwertsteuer +/- 25%.

INVESTITIONEN			SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
Investitionen Baukörper	Wärme	Mio. Fr.	0.37	0.37	0.37	0.51	0.51
Investitionen Technik	Wärme	Mio. Fr.	1.25	1.25	1.25	2.01	2.01
Investitionen Verbundsnetz	Wärme	Mio. Fr.	1.32	2.48	2.87	3.45	5.00
Total Investitionskosten	Wärme	Mio. Fr.	2.94	4.10	4.49	5.97	7.52
Fördergelder (zu verifizieren!)	Wärme	Mio. Fr.	-0.59	-0.71	-0.84	-1.23	-1.41
Total Investitionskosten	Wärme	Mio. Fr.	2.35	3.39	3.65	4.74	6.11

Tabelle 10

Beurteilung der Investitionen in die Wärmeerzeugung anhand der Kennzahl Kosten pro installierte Leistung.

KENNZAHLEN TECHNIK			SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
Installierte Heizleistung	Wärme	kW	2'050	2'050	2'050	3'180	3'150
Kosten pro installierte Leistung	Wärme	Fr/kW	790	790	790	790	800

Fazit:

Machbarkeit Energieverbund Altstadt Nord SH

Die ermittelten Investitionskosten inklusive der spezifischen Kosten pro installierte Leistung erscheinen plausibel und vergleichbar mit ähnlichen Projekten.

Investitions- und Jahreskosten Wärme

Die laufenden Kosten wurde mittels Annuität bei 2.5% Zins und einer dem Bauteil entsprechenden Abschreibungszeitraum berechnet:

- Baukörper: 50 Jahre
- Technik: 20 Jahre
- Leitungsnetz und Graben: 40 Jahre

Die Energiekosten wurden gem. den aktuellen Tarifen berechnet. Eine Energiepreisteuerung wurden nicht eingerechnet, da eine Prognose zum aktuellen Zeitpunkt kaum möglich ist. Allfällige Energiepreissteigerungen müssen den Kunden zwingend weiterverrechnet werden. Bei steigenden Energiepreisen steigen zwangsläufig auch die Kosten für Konkurrenzsysteme, wobei der Effekt beim Strom mit der Wärmepumpe geringer ausfällt, als beim Erdgas.

Die Kosten für Betrieb und Unterhalt wurden mittels Prozentsatz der entsprechenden Installationen ermittelt:

- Service und Unterhalt Technik: 1.50 %
- Unterhalt Leitungsnetz: 1.00 %
- Akquisition und Administration: 2.00 %

Tabelle 11

Laufende Kosten exklusive Mehrwertsteuer +/- 25%.

LAUFENDE KOSTEN			SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
Kapitalkosten Baukörper	Wärme	Fr./a	13'000	13'000	13'000	18'000	18'000
Kapitalkosten Technik	Wärme	Fr./a	71'000	71'000	71'000	116'000	116'000
Kapitalkosten Netz	Wärme	Fr./a	35'000	77'000	87'000	97'000	151'000
Energiekosten Elektro	Wärme	Fr./a	105'000	132'000	162'000	237'000	279'000
Energiekosten Erdgas	Wärme	Fr./a	111'000	124'000	139'000	210'000	231'000
Betrieb / Unterhalt Zentrale	Wärme	Fr./a	24'000	24'000	24'000	38'000	38'000
Betrieb / Unterhalt Netz	Wärme	Fr./a	13'000	25'000	29'000	35'000	50'000
Betrieb / Unterhalt Akqui / Admin.	Wärme	Fr./a	26'000	50'000	57'000	69'000	100'000
Total Jahreskosten	Wärme	Fr./a	398'000	516'000	582'000	820'000	983'000

Machbarkeit Energieverbund Altstadt Nord SH

Für einen Vergleich und die wirtschaftliche Beurteilung sind die spezifischen Wärmegestehungskosten (spez. Wärmekosten) entscheidend. Diese berechnen sich aus den Jahreskosten dividiert durch den Wärmeabsatz.

Die ermittelten Kosten sind ähnlich vergleichbarer Energieverbünde:

- Energieverbund Neuhausen (EVNH): 12-16 Rp./kWh
- Energieverbund Zürich Altstätten: 13-17 Rp./kWh

Tabelle 12

Spezifische Kosten exklusive Mehrwertsteuer +/- 25%.

SPEZIFISCHE KOSTEN WÄRME			SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
Kapitalkosten Baukörper	Wärme	Rp./kWh	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
Kapitalkosten Technik	Wärme	Rp./kWh	2.7	2.2	1.7	1.9	1.6
Kapitalkosten Netz	Wärme	Rp./kWh	1.3	2.3	2.1	1.6	2.1
Energiekosten Elektro	Wärme	Rp./kWh	4.0	4.0	4.0	4.0	3.9
Energiekosten Erdgas	Wärme	Rp./kWh	4.3	3.8	3.4	3.5	3.3
Betrieb / Unterhalt Zentrale	Wärme	Rp./kWh	0.9	0.7	0.6	0.6	0.5
Betrieb / Unterhalt Netz	Wärme	Rp./kWh	0.5	0.8	0.7	0.6	0.7
Betrieb / Unterhalt Akqui / Admin.	Wärme	Rp./kWh	1.0	1.5	1.4	1.2	1.4
Spezifischer Wärmepreis	Wärme	Rp./kWh	15.3	15.6	14.2	13.7	13.8

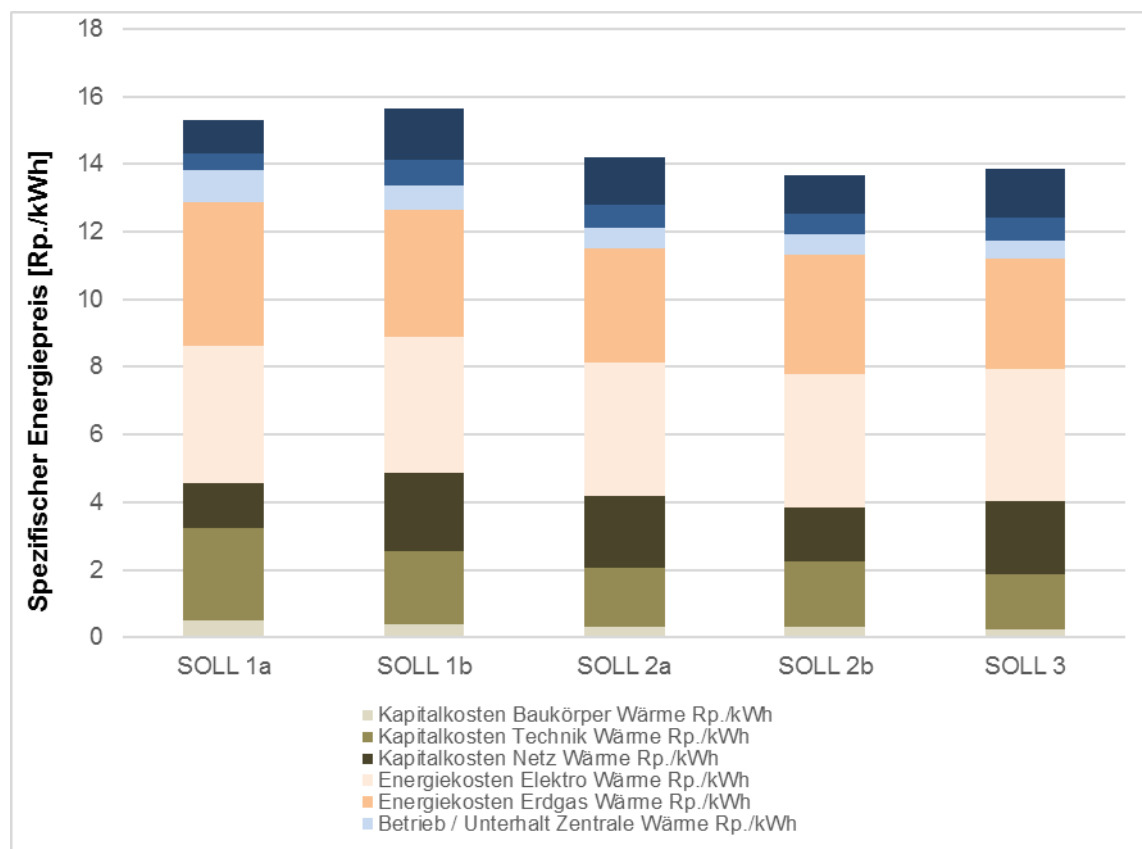


Abbildung 22

Spezifische Wärmekosten grafisch dargestellt für verschiedene Varianten. Mit zunehmender Grösse sinken die spezifischen Kosten.

Fazit:

Aufgrund von Synergieeffekten sinkt der spezifische Wärmepreis mit zunehmender Grösse des Wärmeverbundes. Die ermittelten Kosten können als Grundlage für einen wirtschaftlich attraktiven Verbund dienen. Gem. Erfahrungszahlen von E+H liegt die kritische Schwelle für den wirtschaftlichen Erfolg in der Regel bei $\leq 15\text{--}17 \text{ Rp./kWh}$. Im direkten Konkurrenzkampf zu Erdgas sollte jedoch ein spezifischer Wärmepreis von $\leq 12 \text{ Rp./kWh}$ angestrebt werden, was aufgrund des aufwändigen Leitungsbaus im Perimeter kaum realisierbar sein wird.

Für den Erfolg eines Wärmeverbundes sind deshalb zwingend die energiepolitischen Rahmenbedingungen sicherzustellen. Eine direkte Konkurrenz von Fernwärme und Erdgas ist sowohl aus ökonomischen, als auch aus ökologischen Gründen zu vermeiden. Mittel- und langfristig soll die Fernwärme die bestehenden Gasanschlüsse ablösen. Damit steigt auch die Anschlussdichte und die Wirtschaftlichkeit des Wärmeverbundes weiter an.

5.2 Kälteverbund

5.2.1 Anschlussdichte

Aufgrund der potentiellen Bezügerstruktur entfallen Varianten. Grundsätzlich ist mit weiteren interessierten Kältebezügern zu rechnen.

Die verfügbare und damit „verkaufbare“ Kälteleistung hängt stark von den finalen Konzessionsauflagen für die Rückgabe von warmem Grundwasser ab (maximal zulässige Rückgabetemperatur in Grundwasserstrom).

Im Bedarfsfall kann die Kälteleistung durch die Erweiterung mit einem Rückkühler erweitert werden (z.B. auf Dach Feuerwehrzentrum) erweitert werden.

Tabelle 13
Kennzahlen der Kälte inklusive Anschlussdichte.

KENNZAHLEN			SOLL 3
Anschlussleistung	Kälte	kW	680
Wärmeabsatz	Kälte	MWh/a	1'200
Trassemeter	Kälte	Trm	400
Kennwerte Anschlussdichte	Kälte	MWh/a/Trm	3

5.2.2 Investitions- und Jahreskosten Kälte

Die zusätzlich zur Variante MIDI erforderlichen Investitionskosten für die Variante OPTIMA werden der Kälte angerechnet. Dabei fallen hauptsächlich die hohen Kosten für bauliche Installation ins Gewicht.

Die laufenden Kosten wurde mittels Annuität bei 2.5% Zins und einer dem Bauteil entsprechenden Abschreibungszeitraum berechnet:

- Baukörper: 50 Jahre
- Technik: 20 Jahre
- Leitungsnetz und Graben: 40 Jahre

Die Energiekosten wurden gem. den aktuellen Tarifen berechnet. Aufgrund der günstigen Ausgangslage mit dominierenden Wärmebezügern und potentialen Kältebezügern mit ganzjährigem Betrieb (VBSh) kann ein grosser Teil der Abwärme sinnvoll genutzt werden. Trotzdem wurde nur eine konservative Abwärmenutzung von 40% über das ganze Jahr der Berechnung zugrunde gelegt.

Die Kosten für Betrieb und Unterhalt wurden mittels Prozentsatz der entsprechenden Installationen ermittelt:

- Service und Unterhalt Technik: 1.50 %
- Unterhalt Leitungsnetz: 1.00 %
- Akquisition und Administration: 2.00 %

Machbarkeit Energieverbund Altstadt Nord SH

Tabelle 14

Investitionskosten für den Teil Kälte exklusive Mehrwertsteuer +/- 25%.

INVESTITIONEN			SOLL 3
Investitionen Baukörper	Kälte	Fr.	637'000
Investitionen Technik	Kälte	Fr.	443'000
Investitionen Verbundnetz	Kälte	Fr.	1'256'000
Total Investitionskosten	Kälte	Fr.	2'336'000

Tabelle 15

Laufende Kosten der Kälte exklusive Mehrwertsteuer +/- 25%.

LAUFENDE KOSTEN			SOLL 3
Kapitalkosten Baukörper	Kälte	Fr./a	22'000
Kapitalkosten Technik	Kälte	Fr./a	28'000
Kapitalkosten Netz	Kälte	Fr./a	50'000
Energiekosten Elektro	Kälte	Fr./a	27'000
Betrieb / Unterhalt Zentrale	Kälte	Fr./a	7'000
Betrieb / Unterhalt Netz	Kälte	Fr./a	13'000
Betrieb / Unterhalt Akqui / Admin.	Kälte	Fr./a	25'000
Total Jahreskosten	Kälte	Fr./a	172'000
Spezifischer Kältepreis	Kälte	Rp./kWh	14.3

Tabelle 16

Spezifische Kosten exklusive Mehrwertsteuer +/- 25%.

SPEZIFISCHE KOSTEN KÄLTE			SOLL 3
Kapitalkosten Baukörper	Kälte	Rp./kWh	1.9
Kapitalkosten Technik	Kälte	Rp./kWh	2.4
Kapitalkosten Netz	Kälte	Rp./kWh	4.2
Energiekosten Elektro	Kälte	Rp./kWh	2.2
Betrieb / Unterhalt	Kälte	Rp./kWh	3.7
Spezifischer Kältepreis	Kälte	Rp./kWh	14.3

Die ermittelten Kosten sind ähnlich vergleichbarer Energieverbünde:

- Energieverbund Neuhausen (EVNH): 13-19 Rp./kWh
- Energieverbund Zürich Altstätten: 15-19 Rp./kWh

Fazit:

Aufgrund von Synergieeffekten im Leitungsbau entlang der Bahnhofstrasse kann trotz hoher Investitionskosten ein konkurrenzfähiger Kältepreis angeboten werden. Im Gegensatz zur Wärme, welche in Konkurrenz mit anderen Energieträgern steht, kann mit dem Produkt „Fernkälte“ ein nahezu konkurrenzloses Angebot geschaffen werden. Bei Bedarf wäre folglich auch eine Quersubventionierung der Wärme durch erhöhte Kältepreise möglich.

Die Fernkälte kann zwingend nur in Kombination mit einem Wärmeverbund realisiert werden, da eine Aufwärmung des Grundwassers nicht zulässig ist. Da insgesamt mehr Kälte aus dem Grundwasser entzogen

wird, als Abwärme zurückgegeben wird, sind die gewässerschutzrechtlichen Vorgaben in der Energiebilanz über das Jahr erfüllt.

5.3 Abwärme- und Synergienutzung Diana-Areal

Da die Nutzung des Durchkanals für den Bau der Anergieleitung entfällt, steigen die Baukosten deutlich an gegenüber der Projektidee. Ein Teil des Leitungsbaus kann mit dem Hauptast „Bahnhofstrasse“ verbunden werden. Ausserdem ist davon auszugehen, dass weitere Werkleitungen aus dem Durchkanal entfernt werden müssen. Dies ergäbe wiederum Synergien, welche die Verbindung Diana-GEGA finanzierbar machen würden.

Die Finanzierung der Verbindungsleitung sollte primär durch das Brühlmann-Areal erfolgen, da mit der neuen Verbindungsleitung die Konzessionsauflagen deutlich einfacher und günstiger umgesetzt werden können, als mit einem eigenen Rückkühler auf dem Dach. Für das Diana-Areal ist deshalb eine einmalige Anschlussgebühr fällig. Allfällige Gebühren für Betrieb und Unterhalt sind zu verhandeln.

Mit der Variante mit dem Energieverbund Altstadt Nord kann die Gesamtökologie verbessert werden. Dies kann auch der AMAG als Eigentümerin des Diana-Areals dienen, da sie im Grossverbrauchermodell Verbesserungen aufzeigen kann.

Tabelle 17

Gegenüberstellung der Investitionskosten für die beiden Varianten mit und ohne Synergieeffekte. Die Gestehungskosten hängen stark ab von der effektiven Realisierung des Ast Bahnhofstrasse, da dort ebenfalls Synergien realisiert werden können. Kostenschätzung exklusive Mehrwertsteuer, +/- 25%.

INVESTITIONEN		OHNE Synergien	MIT Synergien
		Hochwasserschutz Werke	Hochwasserschutz Werke
Leitungslänge	Tm	220	220
Leitungsbau Grabenarbeiten	Fr./Tm	1'500	500
Leitungsbau Grabenarbeiten	Fr.	330'000	110'000
Leitungsbau	Fr./Tm	300	300
Leitungsbau	Fr.	66'000	66'000
Tiefbau / Baumeister		10'000	10'000
Haustechnik (Pumpe, Leitung, Armaturen)		20'000	20'000
Subtotal Investitionen	Fr.	426'300	206'300
Honorare	15%	63'945	30'945
Nebenkosten / Gebühren / Unverhergesehen	5%	21'315	10'315
Total Honorar / Nebenkosten	Fr.	85'260	41'260
TOTAL INVESTITIONEN	Fr.	511'560	247'560

Tabelle 18

Aufstellung einer möglichen Finanzierung der Investitionen zur Nutzbarmachung der Abwärmenutzung Diana.

FINANZIERUNG		OHNE Synergien	MIT Synergien
		Hochwasserschutz Werke	Hochwasserschutz Werke
Investition von Diana	Fr.	200'000	200'000
Einsparung Sickergalerie GEGA	Fr.	30'000	30'000
Energielieferung an GEGA von DIANA	MWh/a	250	250
Wert der Effizienzsteigerung	Rp./kWh	1	1
Einsparung	Fr./a	2'500	2'500
Ertrag über Anzahl Jahre	20	50'000	50'000
TOTAL Finanzierung		280'000	280'000
Differenz		-231'560	32'440

Fazit:

Können die angedachten Synergieeffekte realisiert werden, ist die Verbindungsleitung über einen Betrachtungshorizont von 15 bis 20 Jahre wirtschaftlich. Kann die Leitung länger betrieben werden, wird sie noch interessanter.

5.4 Finanzierungsmodelle

Die untenstehenden Ausführungen sind als Diskussionsgrundlage zu verstehen. Das passende Tarifmodell muss durch die Betreiber in Zusammenarbeit mit dem Fachplaner evaluiert werden.

Das gewählte Modell ist abhängig von der Netz- und Bezügerstruktur und der Konkurrenzfähigkeit zu anderen Energieträgern. Der Anschluss an den Energieverbund muss für den Bezüger finanziell attraktiv sein im Vergleich zu fossilen Energieträgern. Der Fokus der Bezüger muss dabei zwingend auf die tieferen Jahresbetriebskosten, den erhöhten Benutzerkomfort und Platzgewinn beim Anschluss an den Verbund gelegt werden.

Grundsätzlich sind unterschiedliche Finanzierungsmodelle möglich um die Investition-, Unterhalts-, Betriebs- und Energiekosten abzugelten. Nachfolgend sind zwei unterschiedliche Finanzierungsmodelle beschrieben. Im Weiteren besteht auch die Möglichkeit Anteile von Investitions-, Betriebs- und Unterhaltskosten über den Energiepreis abzugelten.

Für die Finanzierung sind auch andere Aufteilungsschlüssel möglich, welche beispielsweise grosse Objekte bevorzugen, da weniger Aufwand als Kleinobjekte.

Finanzierungsmodell 1

Alle Investitionskosten werden mit einer einmaligen **Anschlussgebühr** von den anzuschliessenden Objekten abgegolten:

$$\frac{\text{Gesamtinvestition WV}}{\text{total installierte Anschlussleistungen des WV}} \times \text{kW Anschlussleistung Bezüger}$$

Der jährliche **Grundpreis** deckt sämtliche Unterhalts- und Wartungskosten:

$$\frac{\text{Gesamtunterhaltskosten WV}}{\text{total installierte Anschlussleistungen des WV}} \times \text{kW Anschlussleistung Bezüger}$$

Der Energiepreis (resp. **Arbeitspreis**) deckt die tatsächlichen Energiekosten für Elektro / Gas:

$$\frac{\text{Gesamtenergiekosten WV}}{\text{total gelieferte Wärmeenergie WV}}$$

Finanzierungsmodell 2

Ein Anteil der Investitionskosten für den Bau des Wärmeverbunds wird mit einer einmaligen **Anschlussgebühr** von den anzuschliessenden Objekten abgegolten

$$\frac{\text{Anteil Investitionen WV}}{\text{total installierte Anschlussleistungen des WV}} \times \text{kW Anschlussleistung Bezüger}$$

Der jährliche **Grundpreis** deckt sämtliche Unterhalts- und Wartungskosten und die Kapitalkosten des verbleibenden Investitionsvolumens (inklusive anfallende Zinslast), welches nicht bereits über die Anschlussgebühr abgegolten wurde.

$$\frac{\text{Kapitalkosten Anteil Investition WV}}{\text{total installierte Anschlussleistungen des WV}} \times \text{kW Anschlussleistung Bezüger}$$

Der **Energiepreis** (resp. Arbeitspreis) deckt die tatsächlichen Energiekosten für Elektro / Gas:

$$\frac{\text{Gesamtenergiekosten WV}}{\text{total gelieferte Wärmeenergie WV}}$$

Bei tiefen Gesamtenergiekosten kann über einen höheren Energiepreis ebenfalls ein Teil der Kapitalkosten abgegolten werden.

Sinngemäss ist ein Finanzierungsmodell für die Fernkälte zu erarbeiten.

6 Ökologische Beurteilung

6.1 Allgemeine Bedeutung des Energieverbundes

Mit dem vom Volk am 21. Mai 2017 abgesegneten Energiegesetz zur Energiestrategie 2050 wurde ein klarer Wille geäussert, den Verbrauch von fossilen Energieträgern zu reduzieren. Der Energieverbund Altstadt Nord kann hier ein wichtiges Schlüsselement darstellen, da nur mittels Verbund überhaupt grössere Einsparungen im Altstadtbereich ohne Komforteinbussen realisiert werden können.

Der Energieverbund eröffnet den Liegenschaftenbezüglern nicht nur eine Alternative zu fossilen Energieträgern. Dank Synergienutzungen im Perimeter, wird die Energieeffizienz massiv verbessert, wovon dank Verbund schliesslich wieder alle profitieren.

Grundlage für die Abschätzung ist die Annahme, einer 100% fossilen Energieversorgung im Perimeter mit Erdgas. Da die Stadt Schaffhausen zu 100% Naturemade Wasserkraft einsetzt, wurde beim Strom nicht der Schweizer Verbrauchermix eingesetzt. Damit verbessert sich die Ökologie der Wärmeerzeugung beträchtlich.

Im Rahmen einer weiteren Optimierung sollte später auch die Einbindung von eigenem Solarstrom für den Betrieb der Anlage angedacht werden.

6.2 Reduktion der CO₂-Emissionen und Primärenergie nicht erneuerbar

Die CO₂-Emissionen und Primärenergie wurden für die verschiedene Ausbauvarianten berechnet und ins Verhältnis zum IST-Zustand gesetzt.

Tabelle 19

Vergleich der CO₂-Emissionen für verschiedene Ausbauvarianten.

CO ₂ -Emissionen*		SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
IST-Zustand (Annahme 100% Erdgas)	to/a	2'127	2'127	2'127	2'127	2'127
SOLL mit Energieverbund	to/a	1'678	1'556	1'423	1'092	903
Veränderung CO ₂ -Belastung	to/a	-450	-571	-704	-1'035	-1'224
Reduktion in %		-21%	-27%	-33%	-49%	-58%
* Annahme: Strom = Wasserkraft mit 0.02 to CO ₂ /MWh gem. Vorgabe Urs Capaul						

Tabelle 20

Vergleich der Primärenergie nicht erneuerbar für verschiedene Ausbauvarianten.

Primärenergie nicht erneuerbar*		SOLL 1a	SOLL 1b	SOLL 2a	SOLL 2b	SOLL 3
IST-Zustand (Annahme 100% Erdgas)	MWh/a	7'619	7'619	7'619	7'619	7'619
SOLL mit Energieverbund	MWh/a	6'230	5'856	5'445	4'422	3'840
Veränderung Primärenergie nicht erneuerbar	MWh/a	-1'389	-1'763	-2'174	-3'198	-3'779
Reduktion in %		-18%	-23%	-29%	-42%	-50%
* Annahme: Strom = Wasserkraft: Faktor 0.03 gem. Vorgabe Urs Capaul						

Fazit:

Dank dem Wärmeverbund kann ein signifikanter Teil der CO₂-Emissionen und der nicht erneuerbaren Primärenergie reduziert werden. Damit ist der Energieverbund ein wichtiger Meilenstein zum Erreichen der Zwischenziele des Absenkpades der 2000 Watt-Gesellschaft.

7 Gesamtbeurteilung & Empfehlung

Die ermittelten Kennzahlen zeigen klar auf, dass ein Energieverbund Altstadt Nord ökonomisch und ökologisch sinnvoll realisiert werden kann. Grundlage dafür ist ein klares energiepolitisches Bekenntnis, welches einen direkten und damit unsinnigen Konkurrenzkampf zwischen Erdgas und Fernwärme verhindert. Mit dem Energieverbund Altstadt Nord hat er potentielle Netzbetreiber SHPower die Möglichkeit in ein neues Marktfeld einzutreten und neue Produkte wie «Fernkälte» anzubieten. Die Firma ETAWATT wäre ein potentieller Betreiber der Technikzentrale.

Der Energieverbund Altstadt Nord schliesst eine Lücke indem er den Liegenschafteneigentümern im Perimeter eine Alternative für die erneuerbare Energieversorgung ihrer Liegenschaften ermöglicht. Ausserdem können mit der Kälte die dringenden Bedürfnisse der VBSH nach Fernkälte für die Umrüstung der Busflotte auf Elektroantriebe befriedigt werden. Der aktuelle Zeitpunkt für die Realisierung ist günstig, da viele grosse Schlüsselobjekte (städtische Objekte) dringend die Wärmeerzeugung sanieren müssen.

Das Fazit der getroffenen Abklärungen:

Allgemein:

- Es besteht im Perimeter ein Bedarf und Interesse an den Produkten Fernwärme und Fernkälte
- Dank Synergienutzungen können die Kosten reduziert und die Energieeffizienz zusätzlich gesteigert werden
- Der Energieverbund kann die CO₂-Emissionen und die nicht erneuerbare Primärenergie massiv senken und wäre deshalb ein geeignetes Mittel zur Erreichung der Ziele der Energiestrategie

Wärme- und Kälteerzeugung:

- Mit der verfügbaren Technikzentrale GEGA kann ein beträchtlicher Teil des Perimeters mit nachhaltiger Fernwärme abgedeckt werden
- Für die Erschliessung mit Fernkälte ist ein Erweiterungsbau erforderlich
- Mit Anbau können allfällige spätere Auflagen hinsichtlich Kältemittel (z.B. Verbot R134a) einfacher umgesetzt werden
- Um die maximale Heizleistung am bestehenden Standort Gega realisieren zu könne (Variante Maxi) sind grosse Mehraufwände erforderlich, welche die Kosten stark steigen lassen
- Die Variante Optima wurde deshalb als wirtschaftlich beste Variante zur Versorgung des Perimeters SOLL 3 identifiziert

Wärme- und Kälteverbund:

- Mit zunehmender Verdichtung des Erschliessungsperimeters steigt die Wirtschaftlichkeit des Wärmeverbundes
- Für den Bau der Zentrale sollte deshalb der Ausbaustandard SOLL 3 angestrebt werden
- Da mit einer zusätzlichen Holzheizzentrale der Anschlussperimeter und die Ökologie nochmals deutlich vergrössert resp. verbessert werden könnte, sollten die Hauptäste mit zusätzlichen Leistungsreserven dimensioniert werden
- Zu Beginn des Ausbaus sollte der Fokus der Verdichtung auf die wirtschaftlich interessantesten Stränge (=höchste Anschlussdichte) gelegt werden
- Für eine optimale Synergienutzung zwischen Energieverbund, Werkleitungen und Strassen- und Hochbauprojekten sind frühzeitig Langfristplanungen erforderlich

Empfehlung:

- Realisierung Technikzentrale Gega mit Variante «OPTIMA»
- Realisierung neuer Wärmeverbund mit Hauptästen mit Vision mindestens «SOLL 3»
 - Bachstrasse
 - Bahnhofstrasse
- Realisierung neuer Kälteverbund
 - Bahnhofstrasse

Aufgabe	Verantwortlich	Zeitraum
Klares Bekenntnis zum Energierichtplan und zum Energieverbund Altstadt Nord durch Verantwortliche	Politik und Verwaltung	2018
Strategische Planung zur Aufstellung und Auftragsabwicklung für Verbundprojekte (internes Knowhow, Ressourcen etc.)	SHPower	2018
Strategie Erdgas vs. Fernwärme / Fernkälte im Projektperimeter	SHPower	2018
Schnittstellen klären Stadt – SHPower – ETAWATT	HBA, SHPower, ETAWATT	2018
Rechtliche und finanzielle Abklärungen zum Budget resp. Finanzierung / Vergaberichtlinien etc.	Stadt	2018
Entscheid Ausführungsvariante für nächste Phase: Technikzentrale	Politik und Verwaltung	2018
Entscheid Ausführungsvariante für nächste Phase: Verbund	Politik und Verwaltung	2018
Erarbeitung Tarifmodel für Fernwärme und Fernkälte	ETAWATT / Planer	2018
Start Kundenakquisition	ETAWATT	2018
Vorprojekt erarbeiten für Zentrale	Planer EV	2018-19
Vorprojekt erarbeiten für Verbund	SHPower / Planer EV	2018-19
Festlegen Erschliessungskorridore mit Fernwärme / Fernkälte	SHPower / Tiefbauamt / Planer EV	2018-19
Abgleich Leitungsbauperimeter mit anderen Sanierungsprojekten (Werkleitungen, Instandstellungen Beläge etc.)	SHPower / Tiefbauamt	2018-19

Anhang

- I. Aktennotiz Besprechung Grundwassernutzung
- II. Strom- und Gasanschluss, Leitungsbau und Tarife
- III. Kostenschätzung Bauingenieur (WRS)
- IV. Gesetzliche Auflagen Kältemittel (ChemRRV)
- V. Beurteilung Stadthausgeviert
- VI. Umfragegalon
- VII. Tabelle (gekürzt) Rücklauf Umfrage
- VIII. Grundrisse Heizzentrale
- IX. Beispiel Übergabestation Wärme

ANHANG I Aktennotiz Besprechung Grundwassernutzung

Besprechung mit Tiefbauamt Kanton Schaffhausen

Teilnehmer:

- Herrn Urs Capaul, Stadt Schaffhausen, Baureferat, Umwelt & Energie
- Herrn Jürg Sturzenegger, Kanton SH, thermische Nutzung von Grund- und Oberflächengewässer
- Herrn Christian Gruber, Fa. Magma AG.

Folgende Punkte werden hier erwähnt:

- Die vorliegenden Berichte von Fa. Magma AG können für die Baubewilligung verwendet werden
- Versickerungsgallerie DIANA wurde sehr gross gebaut und verfügt über ca. 400-500 lt./min. Reservekapazität. → Ziel: Nutzung der Gallerie auch für GEGA. Von Seiten Fa. Magma spricht nichts dagegen.
- Das Konzept sieht Verbindungsleitungen zwischen DIANA und GEGA vor (siehe Prinzipschema im Anhang). → Ziel: Abwärme vom DIANA kann als Wärmequelle durch GEGA genutzt werden. D.h. das durch Kältebetrieb in der DIANA aufgewärmte Grundwasser wird im GEGA durch Heizbetrieb abgekühlt. So kann am Ende das Wasser kühler eingeleitet werden. Die Temperaturniveaus können dank Beimischung je nach Anforderung reguliert werden.
- Der Wärmebedarf im Wärmeverbund wird voraussichtlich auch im Sommer genügend gross sein, dass Abwärme vom DIANA genutzt werden kann.
- Die Abwärmenutzung vom DIANA führt zu einer Effizienzsteigerung der Anlage im GEGA.

Zum Thema Konzessionen wurde folgendes festgehalten:

- Gem. Aussage Hr. Sturzenegger sollen zwei separate Konzessionen für DIANA / und GEGA bestehen, da sich die Konzession auf die Entnahmestellen bezieht. → D.h. die Konzession für DIANA bleibt bestehen, es gibt eine neue Konzession für GEGA.
- Im DIANA Areal besteht die Auflage dieses Jahr technische Anpassungen vorzunehmen, dass die Konzession eingehalten wird. Die Diskussion ergab, dass eine Lösung mit energetischer Synergie mit GEGA beiden Konzessionen dienlich ist und dass im DIANA nicht zwingend eine autonome Lösung realisiert werden muss.

Ergänzung Jürg Sturzenegger: DIANA hat eine Konzession, an die sie sich halten muss, und es sind daher auf jeden Fall Verbesserungsmaßnahmen notwendig. Allerdings ist es sinnvoll und begrüssenswert, wenn die Versickerungsanlage und die Abwärme der DIANA durch den Wärmeverbund genutzt wird.

- Abkühlung Grundwasser Fahne: Die zulässige Abkühlung des Grundwassers beträgt 3 K 100 m Abstrom von Rückgabestelle gemittelt über das ganze Jahr. Damit der Anteil Umweltenergie im geplanten Wärmeverbund maximiert werden kann (Leistungstechnisch ist ca. 80% möglich), sind die 3 K Abkühlung zu knapp. Eine Abkühlung um 4-4.5 K im Mittel über das ganze Jahr wäre nötig. Gem. Aussage Hr. Sturzenegger ist eine Abkühlung vom Grundwasserstrom möglich, sofern keine Beeinträchtigung bestehender Anlagen.

→ Eine mittlere Abkühlung von 4-4.5 K ist denkbar. So kann der gewünschte und technisch machbare Deckungsgrad mit Umweltwärme realisiert werden.

Ergänzung Jürg Sturzenegger: Die zulässige Temperaturveränderung des Grundwassers beträgt 3°C gegenüber dem natürlichen Zustand – diese Bedingung muss 100 m unterhalb der Rückgabestelle jederzeit eingehalten werden. Die Temperaturspreizung und Rückgabetemperatur ist - dem Grundwasserleiter entsprechend – so auszulegen, so dass sich das Grundwasser innerhalb dieser 100 m auf die maximal Delta 3 K einpendelt. Eine Rückgabe mit Delta 4 – 4.5 K erscheint mir in diesem Grundwasserleiter realisierbar, muss aber von Christian Gruber rechnerisch für jede Rückgabestelle überprüft und nachgewiesen werden.

ANHANG II Strom- und Gasanschluss, Leitungsbau und Tarife

Stromanschluss für Wärmepumpe

Es wird in jedem Fall eine neue Trafostation benötigt für den Betrieb der Wärmepumpe. Die angegebenen Kosten sind in der Wirtschaftlichkeitsberechnung berücksichtigt. Dazu das Mail von Herrn Stefan Mayer Fa. SH-Power vom 24.7.18:

„Weder den Vollausbau noch den Teilausbau können wir aus dem Niederspannungsnetz bzw. der benachbarten Trafostation Autosilo versorgen. Es ist der Bau einer eigenen Trafostation erforderlich. Sinnvollerweise würde dann der Hausanschluss des GEGA auch aus dieser Trafostation versorgt.

Für den Mittelspannungsanschluss möglich wären aktuell zwei Kabel: Das eine liegt bereits im Fulachstollen, das andere verläuft östlich des GEGA, vom Schulhaus Emmersberg kommend am Schulhaus Bach vorbei zur TS Autosilo.

Wir werden jedoch in den nächsten zwei Jahren eine Trasse fertigstellen, die unmittelbar am Nordende des GEGA vorbeiläuft. In diese Trasse sollen einige Kabel der Trasse Bahnhofstrasse umgelegt werden und wären demnach die kürzeste Verbindung zum GEGA. (...)“

Stromtarife für Wärmepumpe

Gem. Angabe von SH-Power handelt es sich um einen Mittelspannungsabschluss, welcher aller Voraussicht nach nicht sperrbar ist, weshalb der Tarif „Industrie Hochspannungstarif mit Leistungsmessung“ berücksichtigt werden muss. Es gilt (gem Tarifblatt, Stand 2018, exkl. MwSt.):

- | | |
|---|---------------|
| ▪ Grundpreis pro Monat: | CHF 120.- |
| ▪ Leistung Arbeitspreis und CleanSolution Basic: | CHF/kW 8.50 |
| ▪ Normaltarif inkl. Arbeitspreis, Systemdienstl. und CleanSolution Basic: | Rp./kWh 11.22 |

Gasanschluss

Der Gasanschluss muss in jedem Fall ab Durachkanal erneuert und vergrößert werden. Ebenfalls erneuert werden muss die Druckerhöhung. Die Kosten dazu könnten zum Zeitpunkt der Studie nicht angegeben werden und wurden gem. einer Kostenschätzung von Fa. Ygnis (Lieferant Gaskessel) angegeben.

Gastarife

...

Tiefbau für Fernwärmenetz

Die Tiefbauarbeiten für die Verlegung des geplanten Fernwärmenetzes wurde in drei Preiskategorien eingeteilt, abhängig von den erwarteten Schwierigkeiten:

- | | |
|-----------------|------------------------------|
| ▪ Einfach | CHF 1'500.- pro Trassenmeter |
| ▪ Anspruchsvoll | CHF 2'500.- pro Trassenmeter |
| ▪ Schwierig | CHF 3'500.- pro Trassenmeter |

Es wird von einem Zweirohrsystem ausgegangen. Es sind die Grab-, Verlege- sowie Instandstellungsarbeiten berücksichtigt, nicht aber die Fernwärmeleitungen. Die angegebenen Zahlen wurden für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendet.

ANHANG III Kostenschätzung Bauingenieur (WRS)

Je nach Ausbau des Fernwärmenetzes ist ein Ausbau der Heizzentrale beim Schulhaus Gelbhausgarten notwendig. Vom Bauingenieurunternehmer Wüst Rellstab Schmid AG (WRS) wurden im einem separaten Auftrag der Stadt Schaffhausen die Randbedingungen für die Erweiterung der Heizzentrale im Bereich zwischen Schulhaus und Fulachkanal geprüft und die Kosten abgeschätzt. Nachfolgend der Projektbeschrieb aus dem Kurzbericht vom 13.7.18 (der komplette Bericht ist im Anhang):

„Die Erweiterung der Heizzentrale wird zwischen GEGA und dem Fulachkanal eingepflegt. Um die momentane Platznutzung (Parkplatz) auch in Zukunft zu ermöglichen, wird sie in Massivbauweise ausgeführt und komplett im Boden versenkt. Der bestehende Baum kann nicht erhalten werden. Durch einen Abtausch der Parkplätze kann aber eine Grünfläche realisiert werden, in der ein neuer Baum gepflanzt werden kann. Der Fulachkanal kann voraussichtlich nicht einseitig abgegraben werden, da dies zu einer Instabilität des Kanals führen kann. Es wird daher auf eine abgespriesste Rühlwand zurückgegriffen. Das GEGA Schulhaus wird in Etappen unterfangen.“

ANHANG IV Gesetzliche Auflagen Kältemittel (ChemRRV)

Quelle: Vollzugshilfe «Anlagen mit Kältemitteln: vom Konzept bis zum Inverkehrbringen», BAFU, Bern, 2017.

Die Wahl des Kältemittels in der Wärmepumpe ist seit dem 1. Dezember 2013 durch Anhang 2.10 der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) geregelt. Dabei gelten je nach Kälteleistung und Anwendung andere Auflagen für die Wahl der Kältemittel und betrifft in der Luft stabile Kältemittel (z.B. R134a). Die aktuelle gesetzliche Auflage besagt, dass das Inverkehrbringen von Wärmepumpen mit in der Luft stabilen Kältemittel zur Nah- und Fernverteilung von Wärme mit einer Kälteleistung von mehr als 600 kW verboten ist. Dies bedeutet, dass bei grösserer Kälteleistung andere Kältemittel eingesetzt werden müssen (HFO, CO₂, NH₃).

Im Falle der hier gefragten Nutzung haben die beiden Wärmepumpen-Hersteller CTA und KAPAG den Einsatz von HFO-Kältemittel vorgeschlagen. Es gilt spezielle Sicherheitsmassnahmen zu prüfen und gegebenenfalls zu berücksichtigen:

- Gassensoren
- Alarmierung bei Kältemittelaustritt
- Mechanische Notlüftung
- Spannungsfreischaltung ausserhalb des Maschinenraums
- Weitere Auflagen an Netzanschluss, El. Ausführung der Kältemaschine, Maschinenraum, Türen, Feuerbeständigkeit, Beleuchtung, Kennzeichnung, Abblasleitung

Welches Kältemittel gewählt wird kann im Rahmen des Weiteren Projektverlaufs bestimmt werden.

ANHANG V Beurteilung Anschluss Stadthausgeviert

Das Projekt Stadthausgeviert wurde im Laufe der Studie ebenfalls in den Betrachtungsperimeter integriert. Leider liegt noch kein konkretes Projekt mit Kosten für das Stadthausgeviert vor, weshalb eine abschliessende, wirtschaftliche Beurteilung nicht möglich ist. Im folgenden soll deshalb versucht werden Chancen und Risiken aufzuzeigen bei einer Integration des Stadthausgevierts in den Energieverbund Altstadt Nord.

Grundsätzliches:

- Erforderliche Anschlussleistung Wärme ca. 250 kW / Kälte ca. 50 kW (Annahme)
- Erforderliche Anschlussleitung ab AH Kirchhofplatz ca. 220 m (via Repfergasse)
- Im Bereich der Anschlussleitung zum Platz wurde keine Bezügerumfrage durchgeführt. Es sind folglich keine Angaben zu allfälligen Verdichtungsmöglichkeiten verfügbar
- Der Ast Platz weist aktuell (siehe Beurteilung Kapitel 4.1.1) eine relativ tiefe Anschlussdichte auf, was natürlich auch auf obigen Punkt zurückzuführen ist.
- Die Erschliessung via Repfergasse (oder Alternativeroute) ist wahrscheinlich relativ aufwändig und teuer gemäss Beurteilung SHPower
- Auch bei einem Anschluss an den Energieverbund Altstadt Nord ist ein eigener Grundwasserbrunnen erforderlich für die Abdeckung der Kältebedürfnisse (siehe Kapitel 3.1.4).

Chancen bei Anschluss an Energieverbund Altstadt Nord:

- Wahrscheinlich wirtschaftlich günstiger als eigenständige Technikzentrale
- Synergienutzung der zusätzlichen Grundwasserfassung
- Frühzeit hohe Anschlussleistung realisiert

Risiken bei Anschluss an Energieverbund Altstadt Nord:

- Ast mit tiefer Anschlussdichte als Belastung für Verbund (Empfehlung wirtschaftlich attraktive Anschlussäste favorisieren in Anfangsphase)
- Verzettelung der Akquirierungsbemühungen im Perimeter Altstadt Nord erschwert organisches Wachstum des Verbundes mit den entsprechenden Lerneffekten.
- Die maximal mögliche Wärmeproduktion in der Zentrale GEGA wird frühzeitig erreicht und bedingt bereits frühzeitig im Projekt einen Ausbau mit einer weiteren Zentrale. Damit kann die Verdichtung in anderen Ästen verzögert werden.

Fazit:

- Abschliessender Entscheid ob eigenständige Lösung oder Anschluss an EV soll später gefällt werden
- Vorteil einer eigenständigen Lösung wäre, dass ein weiterer Kleinverbund um den Platz entstehen könnte, welcher später immer noch in den grossen Energieverbund Altstadt Nord integriert werden könnte.

ANHANG VI Umfrage Bezüger

Fragebogen für

Fern- Wärme- / Kälteanschluss

Bitte um Einreichung bis 23.02.2018

Kontakt Daten ☐ Eigentümer ☐ Verwaltung ☐ Mieter

Name: _____

Vorname: _____

Strasse: _____ Hausnummer: _____

PLZ, Ort: _____

Email: _____ Tel.: _____

Sind Sie Grundsätzlich an einem Fernwärmeanschluss interessiert? ☐ Ja ☐ kein Interesse

Anschlusszeitpunkt: ☐ ab 2019 ☐ mittelfristig (bis 5 Jahre) ☐ langfristig bis 10 Jahre

Objekt Daten Strasse: _____ Hausnummer: _____

Adresszusatz, PLZ, Ort: _____

Gebäudetyp: ☐ MFH ☐ Geschäftshaus Anzahl Stockwerke: _____

☐ Wohn- und Geschäftshaus Anzahl Wohnungen: _____

Baujahr: _____ Energiebezugsfläche (=beheizte Fläche): _____ m² EBF

Nutzungsart: ☐ Wohnen Anzahl Personen: _____

☐ Geschäftlich Flächenanteil Wohnen: _____ %

☐ _____ Beschreibung der Nutzung: _____

Wärmeerzeugung Kesseltyp: _____ Baujahr: _____

(momentane Situation) Kesselleistung: _____ kW (Gesamt, gemäss Typenschild auf dem Kessel)

Bemerkungen: _____

Standort Heizzentrale: ☐ UG ☐ EG ☐ Dachzentrale

Energiebedarf Wärme Jährlicher Energiebedarf für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme

Heizöl	l/a	
Gas	m³/a	
Holzpellets	t/a	
Holz hackschnitzel	Strm/a	
Stückholz	Ster/a	
Strom	kWh/a	

Erzeugung Brauchwarmwasser: ☐ Elektroboiler

☐ Ab Heizkessel ganzjährig

☐ Ab Heizkessel nur Heizperiode (Sommer z.B. Solar)

Bemerkungen: _____

Wärmeverteilung / Wärmeabgabe

Anzahl Heizgruppen: _____ Max. Temperaturen Vorlauf / Rücklauf

Wärmeabgabesystem ☐ Fussbodenheizung _____ / _____ °C

☐ Heizkörper _____ / _____ °C

☐ Lüftungsanlagen ☐ mit WRG ☐ ohne WRG _____ / _____ °C

Bemerkungen: _____

Energiebedarf Kälte Jährlicher Energiebedarf für Klima-/Prozesskälte

Kälteleistung	kW	
Energiebedarf	kWh/a	

Temperaturen Vorlauf/Rücklauf _____ / _____ °C

☐ Serverraum mit Kältebedarf

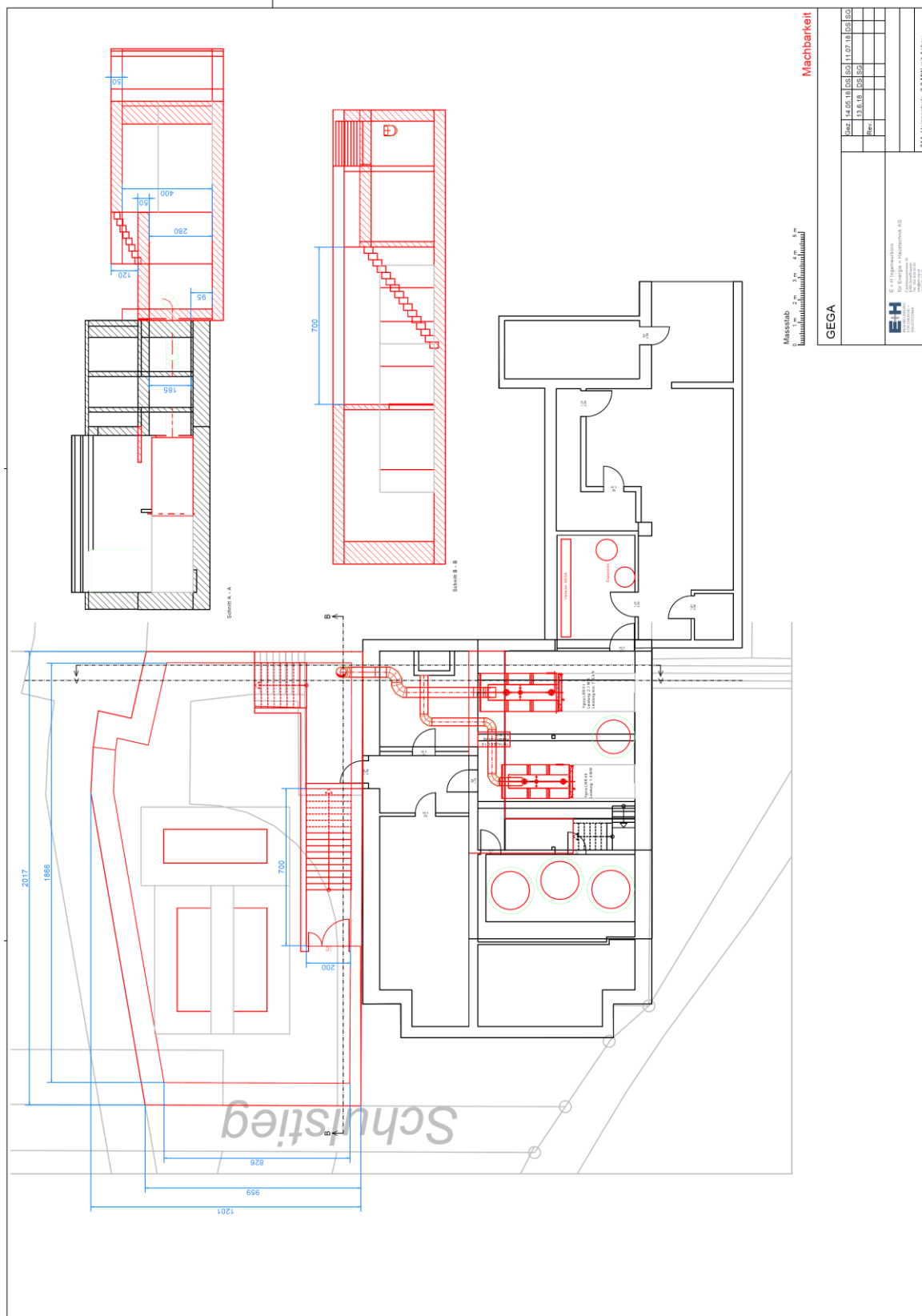
☐ kein Kältebedarf Bemerkungen: _____

Sanierung in Planung? ☐ Keine Sanierung in Planung ☐ Renovation / Wärmedämmung ☐ Erweiterung

E+H

ANHANG VIII

Grundrisse Heizzentrale für Variante MAXI



ANHANG IX

Beispiel Übergabestation Wärme

