

# Machbarkeitsstudie zur Nutzung der Abwärme des Rechenzentrums Beringen

Schlussbericht



Version 1.4 / 13. Dezember 2022

## Impressum

<b>Auftraggeber*in</b>	Baudepartement des Kantons Schaffhausen Energiefachstelle Beckenstube 9 8200 Schaffhausen	
<b>Auftragnehmer*in</b>	Amstein + Walthert AG Andreasstrasse 5 8050 Zürich	
<b>Verfasser*in</b>	Zoë Strässle Matthias Mast René Hoffmann	
<b>Projektleitung</b>	Rainer Jahnke Dominik Müller	Energiefachstelle Kt. Schaffhausen Energiefachstelle Kt. Schaffhausen
<b>Begleitgruppe</b>	Sven Fitz David Orzan Michael Berchtold Matthias Sulzer Adrian Stettler Dieter Kunz	SH Power / Stadt Schaffhausen STACK Infrastructure (ehem. Safe Host) Schmidli Architekten EMPA Wirtschaftsförderung Schaffhausen Gemeinde Beringen
<b>Steuerungsgruppe</b>	Martin Kessler Andrea Paoli Roger Paillard Peter Neukomm Felix Tenger	Kanton Schaffhausen, Regierungsrat Kanton Schaffhausen, Leiter EFS Gemeinde Beringen, Gemeindepräsident Stadt Schaffhausen, Stadtpräsident Neuhausen a. Rheinfall, Gemeindepräsident
<b>Versionen</b>	1.4	13. Dezember 2022
<b>Freigegeben</b>	13. Dezember 2022	
<b>Bezeichnung</b>	HAUC/MASM/10.10337/R002_RZBeringen_Schlussbericht_v1_4/	



## Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Management Summary .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Zielsetzung.....</b>	<b>7</b>
1.1	Ausgangslage.....	7
1.2	Ziele.....	7
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>8</b>
2.1	Rechenzentrum Beringen.....	8
2.2	Abwärmenutzung Rechenzentren – Risiken .....	9
2.3	Dokumente .....	9
2.4	Grundlagen thermische Vernetzung .....	10
<b>3</b>	<b>Thermische Vernetzung.....</b>	<b>15</b>
3.1	Thermische Verbünde .....	15
3.2	Prozesswärme .....	26
3.3	Vernetzungskonzept.....	28
3.4	Vergleich und Bewertung Varianten.....	31
<b>4</b>	<b>Elektrische Vernetzung.....</b>	<b>33</b>
4.1	Übersicht .....	33
4.2	Zusammenschluss zum Eigenverbrauch im Industriegebiet.....	33
4.3	PV-Erzeugung in Beringen ausbauen.....	33
4.4	Holzgaskraftwerk.....	34
4.5	Multi-Energy-Hub auf KBA Hard .....	35
<b>5</b>	<b>Gesetzliche Rahmenbedingungen / Förderung .....</b>	<b>36</b>
5.1	Grundlagen.....	36
5.2	Vorschlag Vorgaben .....	39
5.3	Prozess.....	45
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>46</b>
6.1	Empfehlung .....	46
6.2	Weiteres Vorgehen.....	47
<b>7</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>49</b>
7.1	Verzeichnisse .....	49
7.2	Grundlagendokumente.....	51
7.3	Grundlagen Thermische Vernetzung .....	53
7.4	Grundlagen Rahmenbedingungen .....	58
7.5	Textvorschlag Energiehaushaltsverordnung.....	60

## I Management Summary

In Beringen wird durch die Firma Stack Infrastructure (früher Safe Host) ein Rechenzentrum erstellt, welches Flächen für Mieter bereithält. Für dieses Rechenzentrum sollen **Strategien für die Abwärmenutzung (AWN)** ausgearbeitet werden. Es handelt sich dabei um strategische Abklärungen, um die Machbarkeit abzuschätzen und um Handlungsempfehlungen bzw. eine Entscheidungsgrundlage liefern zu können. Dabei wurden die Themenkomplexe **Abwärmenutzung, elektrische Vernetzung** und **rechtliche Rahmenbedingungen** bearbeitet und für jedes Arbeitspaket Handlungsempfehlungen erstellt.

### Abwärme

Nach aktueller Planung werden für das Rechenzentrum im Endausbau 30 MW elektrische Leistung benötigt. Es wird von einer mittleren Auslastung von 30% - 50% ausgegangen, was einer **thermischen Abwärmeleistung von 9 – 15 MW und Abwärmemenge von mind. 79 GWh/a** im Endausbau entspricht. Das nutzbare Temperaturniveau wird max. 39°C betragen. Bei der Abwärmenutzung eines Rechenzentrums muss immer beachtet werden, dass der tatsächliche Ausbau-/Transformationspfad eines Rechenzentrums oft von den Planungswerten abweicht und dass diese Abwärme nicht dauerhaft garantiert ist. Zudem sind die Mietverträge deutlich kürzer als die Investitions- und Abschreibungszeiträume für thermische Netze, was bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Abwärmenutzung berücksichtigt werden muss.

Es wird davon ausgegangen, dass mit thermischen Netzen maximal ca. 26 GWh/a (maximale Vernetzung) genutzt werden können, was einem Anteil von ca. 30% der mindestens erwarteten Abwärmemenge im Endausbau entspricht. Somit gibt es im Endausbau, unabhängig von der Auslastung des Rechenzentrums, einen Abwärmeüberschuss. Dies liegt insbesondere an der begrenzten Wärmeabsatzmöglichkeit in der näheren Umgebung.

Mit der substituierten Energiemenge können jährlich ca. 9'000 t CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden.

### Thermische Netze

Die Abwärme eines Rechenzentrums kann relativ einfach mit Wärmepumpen veredelt und mittels Wärmeverbund zur Beheizung von Gebäuden genutzt werden. Dabei sind Wärmebezügler in unmittelbarer Nähe der Quelle, hier das Rechenzentrum, zu priorisieren. Je **näher die Verbraucher** und **je höher die Energiebezugsdichte**, desto kürzer die Leitungen des Wärmeverbundes und desto **wirtschaftlicher das Gesamtsystem**.

Ausgehend vom thermischen Energiebedarf der umliegenden Gemeinden konnten Gebiete mit einer ausreichend hohen Wärmedichte identifiziert werden. Für diese könnte eine Erschliessung mittels eines thermischen Netzes wirtschaftlich interessant sein. In einem ersten Schritt wurden dabei bestehende Verbünde betrachtet, da durch eine Einspeisung in diese mit geringem Aufwand und einfach ein Teil der Abwärme genutzt werden könnte. In einem zweiten Schritt wurden Gebiete identifiziert, in denen ein neuer Verbund oder die Erweiterung eines bestehenden Verbunds interessant wäre. Dabei wurden die folgenden Varianten vertieft betrachtet:

- Industriegebiet Beringen: neuer Verbund
- Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH: Substitution Energieträger und Erweiterung
- Schaffhauserstrasse, Beringen: neuer Verbund
- Vernetzung mit Schaffhausen / Neuhausen: neuer Verbund / Ausbau bestehender Verbund

Eine Anbindung der westlichen Bereiche von Schaffhausen weist das grösste energetische Potenzial auf (ca. 75% der maximal nutzbaren Abwärme von 26 GWh/a). Jedoch muss dabei eine grosse Distanz überwunden werden, so dass die Umsetzung voraussichtlich länger als die anderen Varianten dauern wird und gleichzeitig die Kosten für Leitungen ein kritischer Faktor werden. Diese Variante wird insbesondere interessant, wenn dadurch andere knappe erneuerbare Energieträger substituiert werden können, zum Beispiel Holz.

Das **Energieangebot** der anfallenden Abwärme ist über ein Jahr betrachtet grundsätzlich ausreichend, um alle Verbünde versorgen zu können. Dies sind optimale Voraussetzungen für einen Wärmeverbund.

Das **Leistungsangebot** wird voraussichtlich nicht ausreichen, um sämtliche Bedarfsspitzen abzudecken. Entsprechend sollte der Leistungsbedarf in der weiteren Planung vertieft und Massnahmen wie **Lastmanagement oder thermische Speicher geprüft** werden, welche es erlauben Bedarfsspitzen zu verlagern und damit eine vollständige Abdeckung durch Abwärmenutzung zu erreichen. Möglicherweise muss zusätzlich eine bivalente Energiequelle, z.B. Biogas, für den verbleibenden Spitzenbedarf eingesetzt werden, was es vertieft zu klären gilt.

### Prozesse

Neben der Nutzung zur Gebäudebeheizung kann Abwärme auch für Prozesse genutzt werden. Dies hat den Vorteil, dass andere Bedarfsprofile wie reines Heizen von Wohnungsbauten vorliegen. Eine **Kombination von unterschiedlichen Profilen glättet den Bedarf**. Aufgrund des Temperaturniveaus der Abwärme kann diese jedoch nur eingeschränkt direkt genutzt werden und eine zusätzliche dezentrale Veredlung muss berücksichtigt werden.

So bieten sich z.B. Nutzungen im Bereich der Landwirtschaft (Gewächshäuser, Fischzucht, Indoor Farming, etc.) an. Von diesen Nutzungen können nur Gewächshäuser grossflächig in der Landwirtschaftszone erstellt werden, sofern diese in eine Speziallandwirtschaftszone umgezont wird. Für andere Nutzungen müssten Flächen im Industriegebiet beansprucht werden, welche jedoch äusserst knapp sind und deshalb für Unternehmen mit einer hohen Wertschöpfung genutzt werden sollten. Entsprechend ist das Potenzial äusserst gering und wird nicht weiter vertieft.

CO<sub>2</sub>-Capture stellt einen weiteren Prozess dar, welcher Wärme benötigt und ggf. auf dem Areal der KBA-Hard umgesetzt werden könnte. Diese Technologie befindet sich derzeit im Entwicklungsstand von (kommerziellen) Pilotanlagen, weshalb eine entsprechende Anlage auf der KBA-Hard als mittel- bis langfristige Möglichkeit eingeschätzt wird.

### Elektrische Vernetzung

Das Rechenzentrum wird zu einem **deutlichen Anstieg des Strombedarfs in Beringen** führen. Lokal kann Strom oder zumindest ein Teil der benötigten elektrischen Energie mittels PV- oder Windkraftanlagen erzeugt werden. Es ist Potenzial vorhanden, jedoch nicht ausreichend, um den gesamten Bedarf des Rechenzentrums zu decken.

Mittels einer Kraftwärmekopplungsanlage (KWK), z.B. einer Holzvergasungsanlage, auf der KBA-Hard könnte ebenfalls Strom erzeugt werden. Dabei entsteht Abwärme, jedoch auf einem höheren Temperaturniveau als beim RZ. Im Bereich von Beringen gibt es mit dem neuen RZ jedoch bereits einen deutlichen Wärmeüberschuss. Deshalb stellt sich die Frage, ob die KBA-Hard der am besten geeignete Standort für eine KWK-Anlage ist. Möglicherweise gibt es im Kanton andere Standorte, an denen die Wärme besser genutzt werden könnte. Aus diesem Grund wird eine KWK-Anlage am Standort KBA Hard nicht weiterverfolgt. Die Fläche der KBA Hard könnte jedoch für eine zukünftige Nutzung als «energy hub» bzw. für KWK reserviert werden. Dabei gilt es die **Entwicklung neuer Technologien zu beobachten**.

Falls mittelfristig eine KWK-Anlage erstellt werden soll, wird empfohlen weitere Standorte im Kanton zu evaluieren, welche eine Abwärmenutzung der KWK-Anlage erlauben. Zusätzlich sollte das (über-) kantonale Holzpotenzial evaluiert werden.

### Gesetzliche Vorgaben und Förderung

Aus übergeordneter umwelt- und energiepolitischer Sicht ergeben sich **verschiedene Handlungsfelder**. Einerseits soll der Bedarf an Strom und Wasser sowie die daraus resultierenden **Umweltbelastungen reduziert** werden. Andererseits soll die Abwärme, welche unvermeidlich anfällt, genutzt werden. Hierfür müssen die nötigen Schnittstellen geschaffen werden und das Umfeld einbezogen werden. Nach aktuellem Stand gibt es in der Schweiz **auf kantonaler Ebene keine spezifischen Vorgaben für Rechenzentren**; diese sind jedoch indirekt bereits erfasst, da es sich meist um Grossverbraucher handelt.

Der Anwendungsbereich der vorgeschlagenen Vorgaben für Rechenzentren könnte analog der Anwendbarkeit des Grossverbrauchermodells gewählt werden, d.h. ab einem jährlichem Elektrizitätsbedarf von 500 MWh/a. Die Empfehlungen könnten neben Rechenzentren auf alle Grossverbraucher ausgeweitet werden, insbesondere hinsichtlich Vorgaben zur Abwärmeabgabe an Dritte.

### Empfehlung

Thermische Verbünde in diesem Perimeter sind sinnvoll und sollten vertieft betrachtet werden. Ein Vernetzungskonzept mit Niedertemperaturverteilung und dezentralen Energiezentralen bietet eine grössere Flexibilität bei der etappierten Erschliessung der verschiedenen Perimeter und bezüglich der Schnittstellen bzw. Betreibermodelle und wird deshalb empfohlen. Das technische Konzept sollte im nächsten Schritt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie vertieft und die Kosten genauer bestimmt werden.

Es wird empfohlen einen Partner (Contractor) zu finden, welcher diesen Verbund in eigener Verantwortung realisiert und betreibt. Dabei kann es sich um ein Einzelunternehmen oder um ein Konsortium handeln. Diese Auswahl kann in Form einer Contractingausschreibung erfolgen. Den Lead für die Auswahl eines geeigneten Contractors sollte der Kanton Schaffhausen übernehmen. Der Contractor übernimmt anschliessend die Federführung bei der Planung, Realisierung und beim Betrieb.

Es wird empfohlen bei zukünftigen Rechenzentren Vorgaben zur Energieeffizienz, zur Reduzierung der Umweltbelastung und zur Abwärmenutzung zu machen. Es wird empfohlen Vorgaben zu folgenden Punkten zu machen:

- Hohe Energieeffizienz: mittels Vorgabe eines PUE-Werts oder eines Labels
- Geringe Umweltbelastung: mittels Vorgabe zum Stromprodukt und Wassernutzung
- Gute Schnittstellen für die Abwärmeauskopplung: mittels Vorgaben zu den technischen Schnittstellen

Bezüglich der Abwärmenutzung ist eine Förderung anzustreben, indem Anreize für eine gute Platzierung der Rechenzentren geschaffen werden. Dies kann über eine Unterstützung bei der Standortfindung, über die Bereitstellung von geeigneten Standorten durch den Kanton oder über einen Ausgleich allfälliger Mehrkosten erfolgen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ausweisung von Gebieten mit geeigneten Standorten.

Ein geeigneter Standort ergibt sich durch die Nähe zu Gebieten mit einer hohen Energiedichte oder zu bestehenden oder geplanten Wärmeverbänden, so dass die Abwärme des Rechenzentrums genutzt werden kann.

Es wird empfohlen hierfür die Prozesse zu definieren und zu implementieren und die Grundlagen für eine allfällige Förderung zu schaffen.

Die Erstellung von Wärmeverbänden sollte weiterhin gefördert werden. Zusätzlich sollte es ermöglicht werden, die Risiken einer Abwärmenutzung zu reduzieren, indem Kostenrisiken durch den Kanton übernommen werden. Es wird empfohlen hierfür die Grundlagen zu schaffen.

# 1 Zielsetzung

## 1.1 Ausgangslage

In Beringen wird durch die Firma Stack Infrastructure (früher Safe Host) ein Rechenzentrum erstellt. Für dieses Rechenzentrum sollen Strategien für die Abwärmenutzung (AWN) ausgearbeitet werden.

Es handelt sich dabei um strategische Abklärungen, welche jedoch mit Erfahrungswerten und Kostenkennzahlen (Grobkosten) untermauert werden sollen, um die Machbarkeit abzuschätzen und um Handlungsempfehlungen bzw. eine Entscheidungsgrundlage zu liefern.

## 1.2 Ziele

Diese Studie soll Handlungsempfehlungen für die Abwärmenutzung des geplanten Rechenzentrums sowie für zukünftige Ansiedlungen von Rechenzentren im Kanton Schaffhausen liefern.

Die Machbarkeitsstudie besteht aus den folgenden Arbeitspaketen mit den entsprechenden Ergebnissen:

**Tabelle 1: Arbeitspakete der Machbarkeitsstudie**

<b>Arbeitspaket</b>	<b>Ergebnis</b>
Energieangebot RZ	Ermittlung des Energieangebot des Rechenzentrums
Energieangebot	Ermittlung des Energieangebot weiterer Energiequellen
Energiebedarf	Ermittlung des Energiebedarfs im näheren und weiteren Umfeld
Vernetzungsstrategien	Verschiedene Strategien für die Nutzung der Abwärme im näheren und weiteren Umfeld des RZ + optional kombiniert mit elektrischer Vernetzung
Rechtliche Rahmenbedingungen für Ansiedlung von RZ	Kriterien für eine Gesetzesgrundlage zu Anforderungen an die Ansiedlung von Rechenzentren
Anreize für AWN RZ	Anreize für die vollständige Nutzung der Abwärme von RZ

## 2 Grundlagen

### 2.1 Rechenzentrum Beringen

Das Rechenzentrum wird im Industriegebiet der Gemeinde Beringen erstellt.



Abbildung 1: Lageplan des Rechenzentrums (Quelle: map.geo.sh.ch; Markierung: A+W)



Abbildung 2: Visualisierung Rechenzentrum Beringen (Quelle: Schmidli Architekten + Partner)

Der Ausbau des Rechenzentrums erfolgt etappiert.

Es wird von folgenden Kennzahlen ausgegangen:

**Tabelle 2: Kenngrößen RZ Beringen<sup>1</sup>**

	<b>Phase 1</b>	<b>Endausbau</b>
	Ab Januar 2025	Ab Januar 2027
Installierte IT-Leistung	10 MW	30 MW
Installierte Rückkühlleistung	12 MW	36 MW
Durchschnittliche Auslastung	30 – 50 %	
Abwärmeleistung	3 – 5 MW	9 – 15 MW
Abwärmemenge	mind. 26 GWh/a	mind. 79 GWh/a
Temperatur Abwärme	max. 39 °C	

**Hinweise:**

- Die Bandbreite der verfügbaren Abwärmeleistung und die Abwärmemenge wurden basierend auf der durchschnittlichen Auslastung von 30 – 50 % der installierten IT-Leistung berechnet.
- Die nutzbare Temperatur der Abwärme ergibt sich aus Angaben zu den Rückkühltemperaturen (40 °C) und der Annahme von 1 K Grädigkeit<sup>2</sup>.

## 2.2 Abwärmenutzung Rechenzentren – Risiken

Bei der Abwärmenutzung eines Rechenzentrums muss immer beachtet werden, dass diese Abwärme nicht dauerhaft garantiert ist, da die Mietverträge deutlich kürzer als die Investitions- und Abschreibeziträume für thermische Netze ausfallen. Im vorliegenden Fall wird mit einer Mietdauer von 10 Jahren gerechnet<sup>3</sup>. Wahrscheinlich wird sich anschliessend eine Anschlussverwendung und ein neuer Mieter finden. Dies ist jedoch nicht garantiert.

Ausserdem muss beachtet werden, dass die nutzbare Abwärmetemperatur auf Planungsdaten sowie Annahmen beruht und gegebenenfalls tiefer ausfallen kann.

Zusätzlich kann die Ausbaugeschwindigkeit und der tatsächliche Abwärmeeinfall deutlich von den Planungswerten abweichen.

Dies muss bei der Konzeptausarbeitung beachtet werden.

## 2.3 Dokumente

Eine detaillierte Dokumentenliste findet sich im Anhang in Kapitel 7.2.

<sup>1</sup> Angaben Stack Infrastructure / D. Orzan (ausser wo entsprechend vermerkt)

<sup>2</sup> Grädigkeit bezeichnet den Temperaturunterschied zwischen dem Eintritt der Primärseite und dem Austritt der Sekundärseite, d.h. den Temperatur«verlust» bei der Wärmeübertragung

<sup>3</sup> Angabe D. Orzan

## 2.4 Grundlagen thermische Vernetzung

### 2.4.1 Kennzahlen

Als Grundlage für die erste Bewertung der Eignung von potenziellen Fernwärmegebieten wurden die folgenden Kennzahlen aus dem Planungshandbuch Fernwärme<sup>4</sup> verwendet, welches sich auf das QM Holzheizwerke abstützt.

Tabelle 3: Kennzahlen Wirtschaftlichkeit Fernwärmenetz

Bezeichnung	Wert
<b>Wärmebezugsdichte</b> <i>Wärmebedarf aller Gebäude eines Gebiets im Verhältnis zur Fläche des Gebiets</i>	Nicht geeignet: < 50 kWh/(a*m <sup>2</sup> ) Bedingt geeignet: 50 – 70 kWh/(a*m <sup>2</sup> ) Gut geeignet: > 70 kWh/(a*m <sup>2</sup> )
<b>Anschlussdichte</b> <i>Verhältnis zwischen abgesetzter Wärmemenge und Trassenlänge des Netzes</i>	> 2 MWh/(a*Tm) oder > 1 kW/Tm

Bei der Betrachtung eines Gebiets mit vielen Verbrauchern muss zudem berücksichtigt werden, dass nicht sämtliche Verbraucher an ein potenzielles Wärmenetz anschliessen werden. Dies geschieht über die Berücksichtigung einer **mittleren Anschlusswahrscheinlichkeit (AW)**. Zudem kann ein **Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF)** einberechnet werden, mit welchem abgebildet wird, dass nicht alle Verbraucher eines Gebiets gleichzeitig ihren maximalen Leistungsbedarf beziehen. Die bei der Bedarfsberechnung und Konzeptentwicklung verwendeten Faktoren für die betrachteten Gebiete sind in der Tabelle 32 im Anhang 7.3.1 aufgeführt.

### 2.4.2 Erzeugungs- und Verteilkonzepte

Die Abwärme des Rechenzentrums kann bei Neubauten direkt für die Raumheizung verwendet werden. Bei Altbauten und für die Brauchwarmwassererwärmung werden Wärmepumpen benötigt, welche das benötigte Temperaturniveau bereitstellen.

Beim Aufbau eines Wärmenetzes kann unterschieden werden zwischen einem zentralen und einem dezentralen System der Wärmearaufbereitung (vom Temperaturniveau der Energiequelle auf das benötigte Temperaturniveau der Wärmebezüger) und Wärmeverteilung. Die Eigenschaften der zwei Systeme sind in untenstehender Abbildung und Tabelle dargestellt.

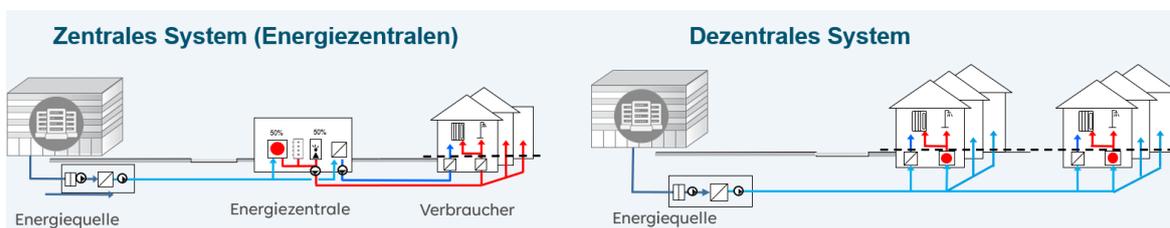


Abbildung 3: Darstellung zentrales und dezentrales System der Wärmearaufbereitung und -verteilung

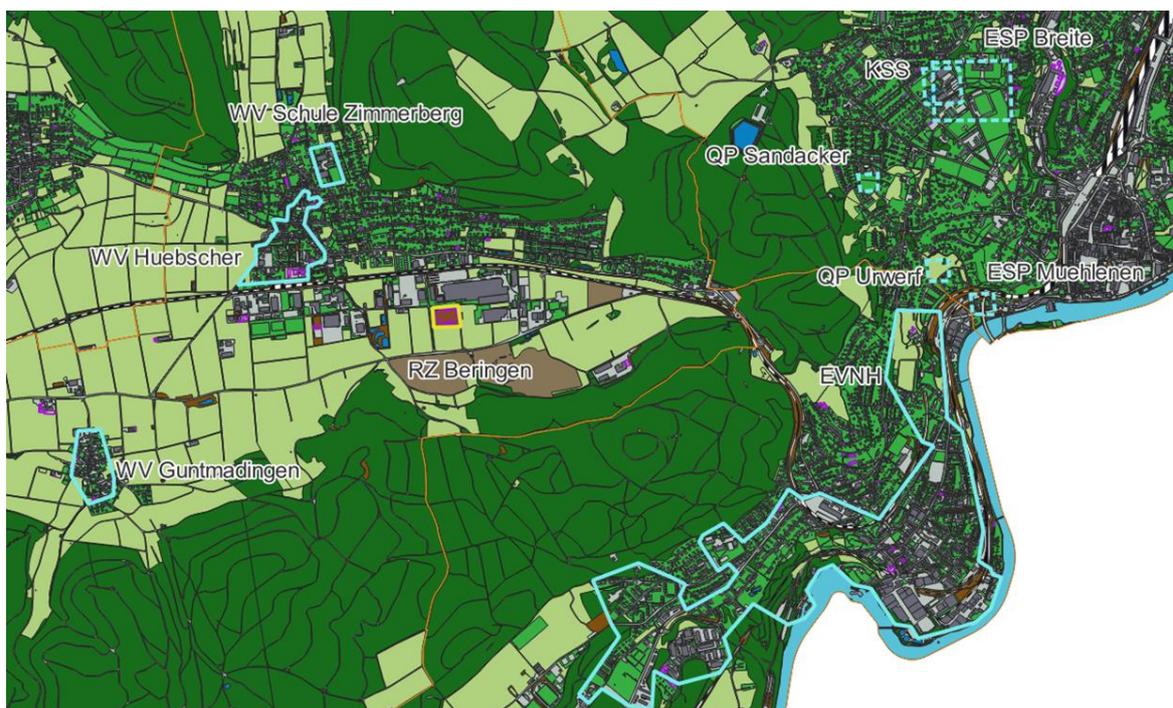
<sup>4</sup> Planungshandbuch Fernwärme, Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme, Version 1.3, 2021

**Tabelle 4: Eigenschaften des zentralen und dezentralen Systems**

	<b>Zentrales System («Warme» Fernwärme)</b>	<b>Dezentrales System (Niedertemperatur- / «Anergienetz»)</b>
Temperaturen	Typischerweise +/-70°C	Nicht fixiert; abhängig von Temperatur der Abwärme
Standort Wärmepumpen	Zentral in Energiezentrale	Dezentral beim Kunden
Eigentum Wärmepumpen	Werke / Contractor	Kunde oder Werke / Contractor
Kälteversorgung	Aufwendig; meist nicht realisiert	Eingeschränkt möglich (abhängig von Temperaturniveau)

Die Wahl des Systems erfolgt aufgrund der Bedürfnisse der versorgten Liegenschaften.

### 2.4.3 Bestehende und geplante Verbünde



**Abbildung 4: Übersicht bestehende Wärmeverbünde in Beringen und Neuhausen (blau durchgezogen) und Potenzialgebiete auf dem Stadtgebiet Schaffhausen (blau gestrichelt).**

In der obenstehenden Abbildung sind die bestehenden Wärmeverbünde in Beringen und Neuhausen, sowie einige Potenzialgebiete auf dem Gebiet der Stadt Schaffhausen, dargestellt. Dazu gehören Entwicklungsschwerpunkte, Quartierpläne und der Standort des KSS Freizeitparks in Schaffhausen.

Des Weiteren sind in untenstehender Grafik die geplanten Wärmeverbünde auf dem Gebiet der Stadt Schaffhausen dargestellt, welche durch SH Power entwickelt werden.



Abbildung 5: Wärmeverbünde der Stadt Schaffhausen (Auszug Geoportal Kt. SH<sup>5</sup>)

Die bestehenden Wärmeverbünde in Beringen und Neuhausen werden im Folgenden mit Steckbriefen vorgestellt, welche auf Auskünften von Ansprechpersonen der jeweiligen Verbünde basieren.

Tabelle 5: Steckbrief WV Holzenergie Beringen GmbH

Name	Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH
Ansprechperson	Inhaber: Fritz Hübscher und Roman Lutz
Installierte Leistung	4x200 kW + 2x500 kW = 1'800 kW (ab Juni/Juli 2022)
Versorgter Wärmebedarf	2'000 – 2'200 MWh/a (2021)
Energieträger	Restholz (20-25%), Waldholz (75-80%)
Temperaturen (ca.)	80°C (VL), 50-60°C (RL)

<sup>5</sup> map.geo.sh.ch, Layer Wärmeverbünde

**Tabelle 6: Steckbrief WV Schulareal Zimmerberg**

<b>Name</b>	<b>Wärmeverbund Schulareal Zimmerberg</b>
Ansprechperson	Felix Meyer (Pedell)
Installierte Leistung	2x200 kW = 400 kW
Versorgter Wärmebedarf	Durchschn. ca. 680 MWh/a
Energieträger	Holz-Hackschnitzel (Wald Gemeinde)
Temperaturen (ca.)	70-80°C (VL), 50°C (RL)

**Tabelle 7: Steckbrief WV Guntmadingen**

<b>Name</b>	<b>Wärmeverbund Guntmadingen GmbH</b>
Ansprechperson	Sebastian Mägerle (Betreiber)
Installierte Leistung	250 kW
Versorgter Wärmebedarf	Keine Angabe
Energieträger	Holz
Temperaturen (ca.)	75-80°C (VL), 45°C (RL)

**Tabelle 8: Steckbrief Energieverbund Neuhausen**

<b>Name</b>	<b>EVNH (Energieverbund Neuhausen)</b>
Ansprechperson	Daniel Meyer
Installierte Leistung	2x1.5 MW Wärmepumpe (+ 1x1.5 MW WP in Bau) 2x6 MW Gaskessel Spitzenlastabdeckung
Versorgter Wärmebedarf	Endausbau: ca. 37 GWh/a
Energieträger	Abwärme ARA Röti, Gaskessel
Temperaturen (ca.)	68-90°C (VL, gleitend)

#### 2.4.4 Wärmebedarf Beringen

In der untenstehenden Abbildung ist die Verteilung der Wärmebedarfsdichte in der Gemeinde Beringen dargestellt. Basierend auf den Annahmen in Tabelle 3 lassen sich daraus Gebiete identifizieren, welche für eine Erschliessung durch einen Wärmeverbund interessant sind.

Eine hohe Bedarfsdichte lässt sich insbesondere im westlichen Teil des Orts feststellen, wo sich der Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH befindet (vgl. Abbildung 4). Zusätzlich sind Gebiete mit höherer Wärmebedarfsdichte entlang der Hauptstrasse («Schaffhauserstrasse») zu erkennen. Auch im Industriegebiet ist ein hoher Wärmeverbrauch zu sehen, was in diesem Gebiet vor allem auf einzelne grosse Verbraucher zurückzuführen ist.

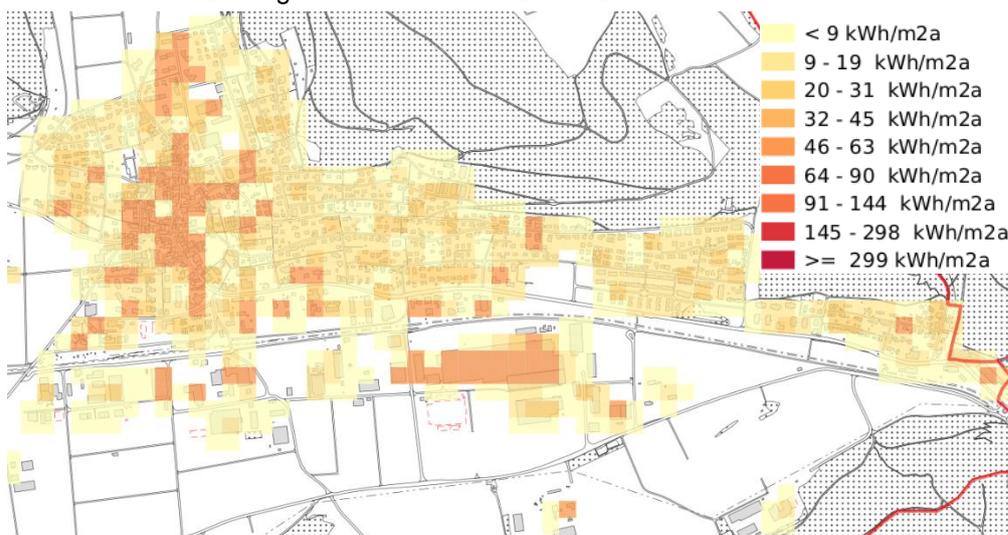


Abbildung 6: Wärmebedarfsdichte Gemeinde Beringen

Wo nicht anders vermerkt, wurden für Berechnungen zum Wärmebedarf in Beringen die Angaben aus dem Geoportail des Kantons Schaffhausen verwendet<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> interner Layer «Wärmebedarf fossil/elektrisch»

### 3 Thermische Vernetzung

Dieses Kapitel enthält die erarbeiteten Varianten und Konzepte zur thermischen Nutzung des Abwärmepotenzials des Rechenzentrums Beringen.

Im Kapitel 3.1 werden die Varianten zur Verwendung der Abwärme in thermischen Verbänden dargestellt. Zum Schluss des Unterkapitels folgt der Vergleich des Abwärmebedarfs der Varianten mit dem Potenzial des Rechenzentrums sowie ein möglicher Ausbaupfad der thermischen Netze.

Das folgende Kapitel 3.2 befasst sich mit der Einbindung der Abwärme in industrielle Prozesse.

In den Kapiteln 3.3 und 3.4 werden Vernetzungskonzepte für die thermischen Verbände vorgestellt sowie die verschiedenen Varianten verglichen.

#### 3.1 Thermische Verbände

In diesem Kapitel werden die Varianten von thermischen Verbänden in Beringen und Umgebung vorgestellt.

Die Erarbeitung der Varianten und Konzepte fand in mehreren Schritten statt, wobei zuerst eine Vorauswahl der Varianten erfolgte und diese anschliessend konkretisiert und verglichen wurden. Im Verlaufe des Projekts nicht weiterverfolgte Varianten sind im Anhang 7.3.3 zu finden.

Die untenstehende Abbildung zeigt eine örtliche Darstellung der betrachteten Varianten, wobei die Wärmeverbände auf dem Stadtgebiet Schaffhausen, der EVNH und der KSS zur Variante 4 zusammengefasst wurden.

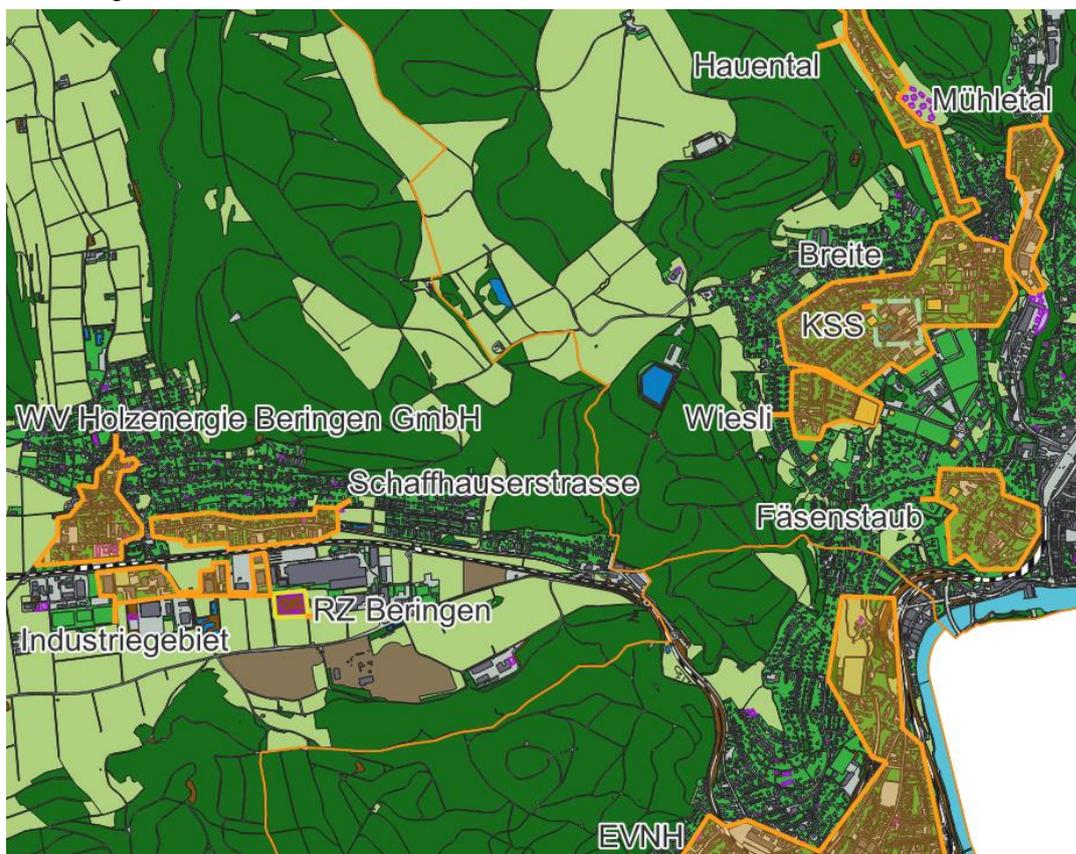


Abbildung 7: Übersicht Varianten thermische Verbände

Der Energie- und Leistungsbedarf der Varianten inkl. Berücksichtigung der Anschlusswahrscheinlichkeit ist in folgendem Diagramm zu sehen. Eine ausführlichere Aufstellung des Leistungsbedarfs befindet sich in der Tabelle 33 im Anhang 7.3.1.

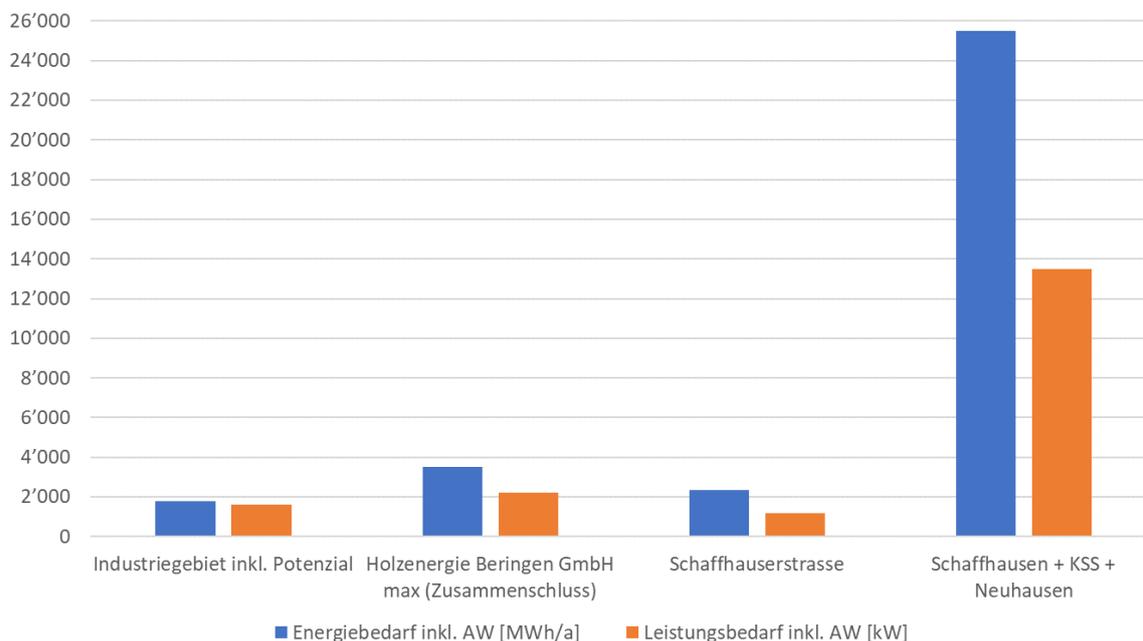


Abbildung 8: Energie- und Leistungsbedarf Varianten, inkl. AW, exkl. GZF

### 3.1.1 Variante 1: Industriegebiet

Im Industriegebiet wurden zu Beginn zwei Untervarianten betrachtet, eine mit einem kleineren Perimeter (1a) und eine mit einem grösseren Perimeter (1b). Variante 1a wurde nicht weiterverfolgt und ist im Anhang 7.3.3 erläutert. Im vorliegenden Bericht ist mit Variante 1 stets der grössere Perimeter gemeint. Eine Übersicht des Gebiets ist in untenstehender Abbildung dargestellt.

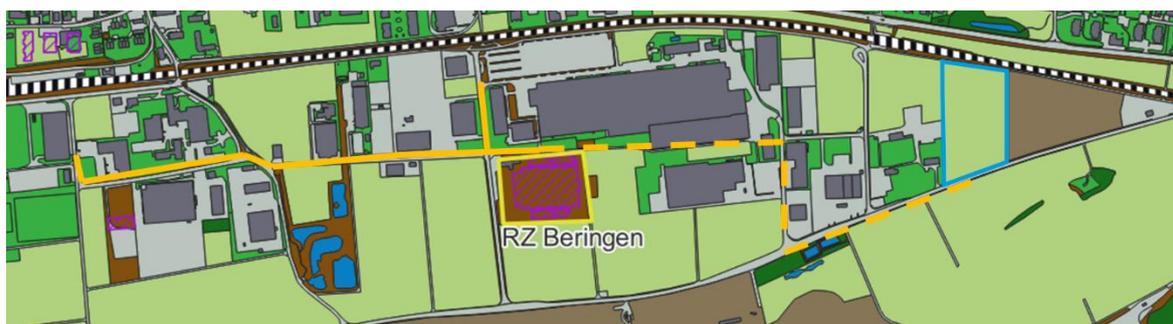


Abbildung 9: Variante 1 im Industriegebiet (gestrichelt: Option Ost; blaue Markierung: Als Potenzial berücksichtigte Parzelle).

Im Bereich östlich des Rechenzentrums ist wenig fossiler Energiebedarf vorhanden, wobei jedoch im noch unbebauten Gebiet (vgl. blaue Markierung in Abbildung 9) Potenzial durch Bauprojekte besteht<sup>7</sup>. Dieser Bereich wird deshalb als Option Ost (vgl. gestrichelte Linie in Abbildung 9) berücksichtigt.

Für die Auswertung des Energie- und Leistungsbedarfs wurden die grössten Verbraucher des Industriegebiets kontaktiert sowie potenzielle Bauprojekte im Osten des Industriegebiets

<sup>7</sup> Basierend auf Geoportal Kt. SH und Angaben Rolf Mäder

berücksichtigt<sup>8</sup>. Der resultierende Bedarf ist in untenstehender Tabelle aufgeführt, eine detailliertere Darstellung ist in Tabelle 33 und Tabelle 34 im Anhang 7.3.1 zu finden.

Tabelle 9: Kennzahlen Variante 1 Industriegebiet<sup>9</sup>

	Leistungsbedarf inkl. AW & GZF [kW]	Energiebedarf inkl. AW [MWh]	Leitungslänge [Tm]
Exkl. Option Ost	1'200	1'300	950
Inkl. Option Ost	1'600	1'800	1'900

Als Vernetzungskonzept stehen für das Industriegebiet beide Varianten zur Verfügung: Nahwärme<sup>10</sup> ab einer Energiezentrale im Industriegebiet oder die Verteilung von Niedertemperaturwärme mit dezentralen Wärmepumpen pro Kunde (vgl. Kapitel 3.3). Basierend auf einer ersten Befragung der potenziellen Kunden besteht sowohl Interesse an Fernwärme wie auch die grundsätzliche Bereitschaft zur Installation einer eigenen Wärmepumpe. Ausschlaggebend wird also die wirtschaftliche Gegenüberstellung der Vernetzungsmöglichkeiten sein.

Im Zusammenhang mit der weiteren Planung der Leitungsführung sind zudem Synergien mit Tief- und Strassenbauprojekten zu berücksichtigen (vgl. Anhang 7.3.4).

Eine Erschliessung der Option Ost ist abhängig von der Realisierung und dem effektiven Energiebedarf der Bauprojekte und in Verbindung mit der Erschliessung der Variante 4 Schaffhausen zu betrachten. Dies ist als Teil der Konzeptausarbeitung weiter zu untersuchen.

### 3.1.2 Variante 2: Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH

Der Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH wird privat betrieben und verwendet unter anderem Restholz eines benachbarten Holzverarbeitenden Betriebes. Der benötigte Strombedarf für Heizung und Wärmerückgewinnung wird komplett durch die örtlich vorhandene Solar-Anlage gedeckt<sup>11</sup>. Die Energiezentrale befindet sich am westlichen Rand von Beringen.

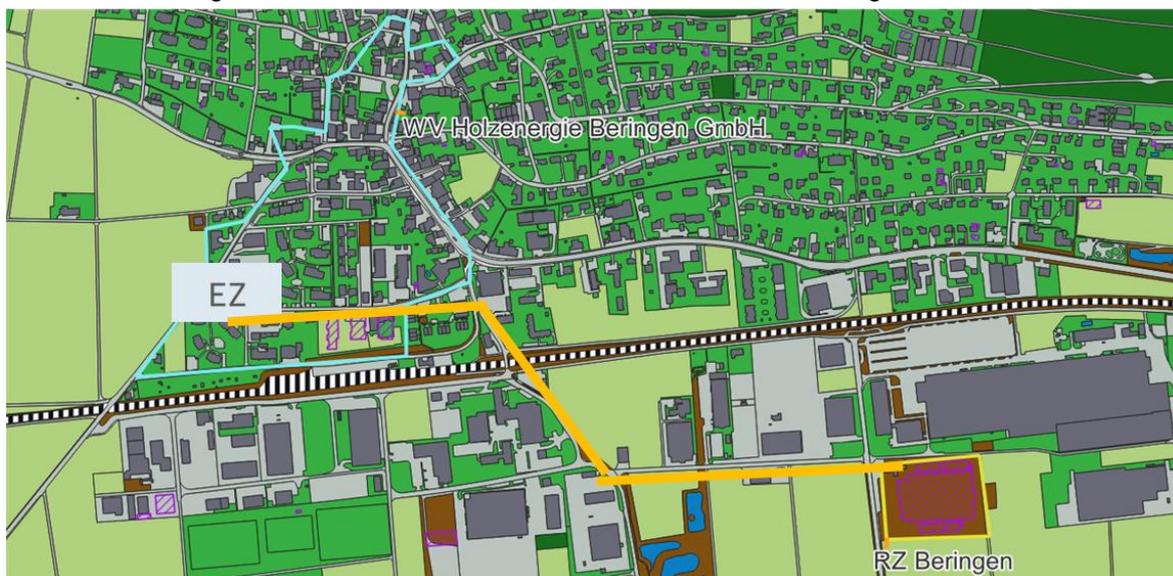


Abbildung 10: Variante 2: Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH

<sup>8</sup> Informationen zu den Grundlagen sind in der Beilage zu finden

<sup>9</sup> Faktoren siehe Anhang 7.3

<sup>10</sup> Aufgrund der kurzen Distanzen wird beim Industriegebiet der Begriff Nahwärme und nicht Fernwärme verwendet.

<sup>11</sup> Angaben Inhaber WV Holzenergie Beringen GmbH

In der vorliegenden Variante wurden drei Möglichkeiten zur Verwendung der Abwärme des Rechenzentrums für den Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH betrachtet:

- Substitution
  - Ersatz der Holzessel durch Abwärme-WP vor Ort zur Versorgung des bestehenden Verbunds
  - Niedertemperaturleitung vom Rechenzentrum bis zum Areal
- Erweiterung
  - Ersatz der Holzessel durch Abwärme-WP vor Ort zur Versorgung des bestehenden Verbunds sowie dem Gebiet Schaffhauserstrasse
  - Niedertemperaturleitung vom Rechenzentrum bis zum Areal
- Zusammenschluss mit neuem Verbund Schaffhauserstrasse (vgl. Variante 3)
  - Etappierte Substitution der Holzessel durch Einspeisung von Fernwärme eines neuen Wärmeverbunds in der Schaffhauserstrasse in das Leitungsnetz des bestehenden Verbunds

Das Konzept einer Niedertemperaturleitung vom Rechenzentrum bis zum Areal der bestehenden Energiezentrale des WV Holzenergie Beringen GmbH hat den Vorteil, dass beim Transport der Niedertemperatur-Abwärme die Wärmeverteilungsverluste geringgehalten werden können und die Aufbereitung auf das benötigte Temperaturniveau erst lokal bei der bereits bestehenden Wärmeerzeugung erfolgt. Zudem kann die Variante 2 dadurch mit der Variante 1b eines Anergienetzes im Industriegebiet kombiniert werden.

Gemäss Rückmeldung des Mitinhabers F. Hübscher ist eine WP-Zentrale auf dem eigenen Areal jedoch nicht erwünscht. Zudem hat das bestehende Leitungsnetz zu wenig Kapazität für eine Er-schliessung von weiteren Gebieten wie der Schaffhauserstrasse.

Für die Variante 2 Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH wird deshalb im Folgenden von der 3. Möglichkeit ausgegangen, was bedeutet, dass diese Variante nur im Zusammenhang mit einem neuen Wärmeverbund in der Schaffhauserstrasse realisiert werden kann.

Nach Aussage von F. Hübscher könnte bei einem entsprechenden Zusammenschluss eine etappierte Substitution der Holzessel erfolgen.

Die derzeit installierte Leistung des Verbunds besteht aus sechs Holzesseln (vgl. Kapitel 2.4.3), wovon 2x 500 kW Kessel ab Juni/Juli 2022 zwei alte 200 kW Feuerungen ersetzen. Insgesamt stehen somit neu 1'800 kW zur Verfügung. Nach Aussage von F. Hübscher ist ein weiterer solcher Ersatz denkbar. Wenn die zwei neuen Kessel weggelassen werden, besteht grundsätzlich das Potenzial von vier alten 200 kW Kesseln, welche durch emissionsfreie Abwärme aus dem Rechenzentrum substituiert werden könnten. Diese 800 kW werden somit als untere Grenze des potenziellen Leistungsbedarfs der Variante 2 angenommen. Nach Aussage von F. Hübscher beträgt das Potenzial bei einer vollständigen Umstellung auf Abwärmennutzung rund 2'000 kW, was im Folgenden als Maximalpotenzial berücksichtigt wird. Das Potenzial der Variante 2 ist in Absprache mit den Betreibern des WV Holzenergie Beringen GmbH im weiteren Projektverlauf zu konkretisieren.

Auch die Möglichkeit des Betriebs des neuen Wärmeverbunds in der Schaffhauserstrasse durch die Betreiber des WV Holzenergie Beringen GmbH ist im weiteren Projektverlauf vertieft zu prüfen. F. Hübscher zeigt sich offen für Gespräche, wobei jedoch der Investitionsbedarf und das Interesse weiterer Parteien zu berücksichtigen sind.

**Tabelle 10: Kennzahlen Variante 2 WV Holzenergie Beringen GmbH<sup>12</sup>**

Leistungsbedarf inkl. AW & GZF [kW]	Energiebedarf inkl. AW [MWh]	Leitungslänge [Tm]
800 – 2'000	1'400 – 3'500	1'300

<sup>12</sup> Faktoren siehe Anhang 7.3.1

### 3.1.3 Variante 3: Schaffhauserstrasse

Die Schaffhauserstrasse ist eine Kantonsstrasse, die durch den Ort Beringen führt. Aus der Betrachtung der Wärmebedarfsdichte in Beringen (siehe Kapitel 2.4.4) wurde ersichtlich, dass an dieser Hauptachse ein erhöhter Wärmebedarf vorhanden ist.

In der untenstehenden Abbildung ist die Variante 3 dargestellt, in welcher der entsprechende Abschnitt der Schaffhauserstrasse vom Rechenzentrum her erschlossen wird. Da das Gebiet eine Vielzahl von Verbrauchern beinhaltet, wurde das Konzept eines warmen Verbunds mit einem zentralen Wärmearaufbereitungssystem gewählt.

Bei einer Kombination mit der Variante 2 könnte ein neuer WV Schaffhauserstrasse langfristig auch mit dem WV Holzenergie Beringen GmbH zusammengeschlossen werden (vgl. Kapitel 3.1.2).



Abbildung 11: Variante 3: Schaffhauserstrasse

Der Energie- und Leistungsbedarf der Variante Schaffhauserstrasse wurde auf Basis der Wärmebedarfswerte im Geoportal SH ermittelt, wobei lediglich Gebäude mit einem fossilen Energieträger berücksichtigt wurden.

Tabelle 11: Kennzahlen Variante 3 Schaffhauserstrasse<sup>13</sup>

Leistungsbedarf inkl. AW & GZF [kW]	Energiebedarf inkl. AW [MWh]	Leitungslänge [Tm]
1'000	2'300	1'300

In der weiteren Planung sind Abklärungen zu potenziellen Standorten für eine Energiezentrale zu starten. Eine erste Grobanalyse des Industriegebiets ist im Anhang 7.3.2 dargestellt.

Im Zusammenhang mit der weiteren Planung der Leitungsführung sind zudem Synergien mit Tief- und Strassenbauprojekten zu berücksichtigen (vgl. Anhang 7.3.4).

<sup>13</sup> Faktoren siehe Anhang 7.3.1

### 3.1.4 Variante 4: Schaffhausen / Neuhausen

Für die Variante 4 wurde eine Wärmelieferung an Schaffhausen und/oder Neuhausen betrachtet.

#### Energiebedarf Neuhausen

In Neuhausen sind die meisten mit Fernwärme sinnvoll erschliessbaren Gebiete bereits mit dem EVNH abgedeckt oder werden bis zum geplanten Endausbau des Verbunds erschlossen werden<sup>14</sup>. Für den Endausbau (2027) wird von einem potenziellen Bedarf an zusätzlicher Wärme von 3 – 8 GWh/a ausgegangen. Davon kann jedoch nur ein Teil effizient über Wärmepumpen abgedeckt werden, da dieser Bedarf meist auf hohem Temperaturniveau anfällt.

#### Energiebedarf Schaffhausen

Im Stadtgebiet der Stadt Schaffhausen sind diverse Wärmeverbünde geplant (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Vorgesehene Wärmeverbünde der Stadt Schaffhausen (Karte Auszug Geoportal Kt. SH)

Bei den meisten dieser Verbünde ist nach jetzigem Stand als Hauptenergieträger Holz angedacht mit einer Ergänzung durch Grundwasser, wo möglich. Die ausreichende Verfügbarkeit von Grundwasser ist jedoch noch Gegenstand von Abklärungen<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> Nach D. Meyer, EVNH

<sup>15</sup> Angabe Sven Fitz, Stadt Schaffhausen

Holz ist ein hochwertiger erneuerbarer Rohstoff, mit welchem über eine Verbrennung hohe Temperaturen erzeugt werden können. Aus übergeordneter energiepolitischer Sicht ist deshalb für die Bereitstellung von Raumwärme und Brauchwarmwasser eine Substitution von Holz durch Abwärmenutzung sinnvoll. Zudem ist die Anlieferung von Holzbrennstoff im urbanen Umfeld meist mit logistischen Herausforderungen und verursachten Lärmemissionen verbunden.

Besonders hervorzuheben sind die Verbünde Fäsenstaub, Wiesli und Breite (bestehend aus mehreren Gebieten), welche für eine Erschliessung aus Beringen am nächsten gelegen sind. Eine Abschätzung über die Fläche der Gebiete und der für Wärmeverbünde mind. empfohlenen Wärmebedarfsdichte von 50 kWh/m<sup>2</sup> ergibt dabei ein Potenzial von ca. 22 GWh/a. Werden zusätzlich die Gebiete Hauental und Mühletal berücksichtigt, kann für diese geplanten Verbünde von einem potenziellen Wärmebedarf von 25 – 30 GWh/a ausgegangen werden<sup>16</sup>.

Für die in Abbildung 4 dargestellten Quartierpläne der Stadt Schaffhausen sind derzeit noch keine konkreten Pläne vorhanden. Es ist jedoch festzuhalten, dass es möglich ist, im Rahmen von Quartierplänen eine Anschlusspflicht an Wärmeverbünde festzulegen.

Neben den geplanten Energieverbänden ist der Freizeitpark KSS ein weiterer möglicher Schlüsselkunde. Im Rahmen der Planung für den Ersatzneubau des Hallenbads im KSS wurde ein neues Wärmeversorgungskonzept erarbeitet. Der Wärmebedarf des KSS ist auf drei Temperaturstufen aufgeteilt: 32°C, 45°C und 65°C. Während der Niedertemperaturbedarf grösstenteils über die interne Abwärmenutzung gedeckt werden kann, besteht beim Mittel- und Hochtemperaturbereich ein Nachheizungsbedarf von ca. 1.5 GWh/a<sup>17</sup>.

**Tabelle 12: Kennzahlen Variante 4**

Leistungsbedarf inkl. AW & GZF [kW]	Energiebedarf inkl. AW [MWh]	Leitungslänge [Tm]
10'100	25'500	3.1 – 4.8

### Erschliessungskonzept

Um beim Transport der (Ab-)Wärme über grosse Distanzen die Wärmeverteilverluste zu reduzieren, wird bei der Variante zur Erschliessung von Schaffhausen / Neuhausen vom Konzept einer Anergieleitung mit lokalem Temperaturhub ausgegangen.

Die Leitungen könnten teilweise neben den Strassen geführt werden, um die Kosten zu reduzieren. Ausserdem sollte geprüft werden, ob der bestehende Strassentunnel zwischen Beringen und Schaffhausen für die Leitung genutzt werden kann.

<sup>16</sup> Angabe SH Power

<sup>17</sup> Machbarkeitsstudie Ersatzneubau Hallenbad, Energiekonzept, BBP Ingenieurbüro AG, 2021



Abbildung 13: Kanton- und Nationalstrassen zwischen Beringen und Schaffhausen (Quelle: map.geo.sh.ch)

Bezüglich der Leitungsführung stehen verschiedene Varianten zur Verfügung, welche in folgender Abbildung dargestellt sind. Mit einer Spülbohrung durch den Hügel zwischen Beringen und Schaffhausen könnte die Distanz deutlich verringert werden. Die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit dieser Option müssten jedoch noch vertieft abgeklärt werden.



Abbildung 14: Betrachtete Leitungsführungen

In der folgenden Tabelle werden die verschiedenen Erschliessungsoptionen hinsichtlich der Energiegestehungskosten gegenübergestellt. Die Energiegestehungskosten basieren dabei auf dem potenziellen Nutzenergiebedarf der Variante Schaffhausen exkl. Neuhausen, da bei den Varianten Autotunnel und Spülbohrung Neuhausen nicht (mit der gleichen Leitung) erschlossen werden kann.

**Tabelle 13: Übersicht Leitungsführung<sup>18</sup>, Investitionen und Energiegestehungskosten (+/- 30%, exkl. MwSt., inkl. Unvorhergesehenes und Planungshonorar)**

Variante	Quartierstrasse	Autotunnel	Spülbohrung
Trassenmeter	4.8 km	4.5 km	3.1 km
Annahme	100% in Strasse	25% in Tunnel 75% in Strasse	25% in Spülbohrung 75% in Strasse
Investitionen	14.3 Mio. CHF	12.9 Mio. CHF	13.9 Mio. CHF
Spez. Kosten 10 Jahre	10.7 Rp./kWh	9.7 Rp./kWh	10.4 Rp./kWh
Spez. Kosten 25 Jahre	5.8 Rp./kWh	5.3 Rp./kWh	5.7 Rp./kWh
Spez. Kosten 50 Jahre	4.6 Rp./kWh	4.2 Rp./kWh	4.5 Rp./kWh

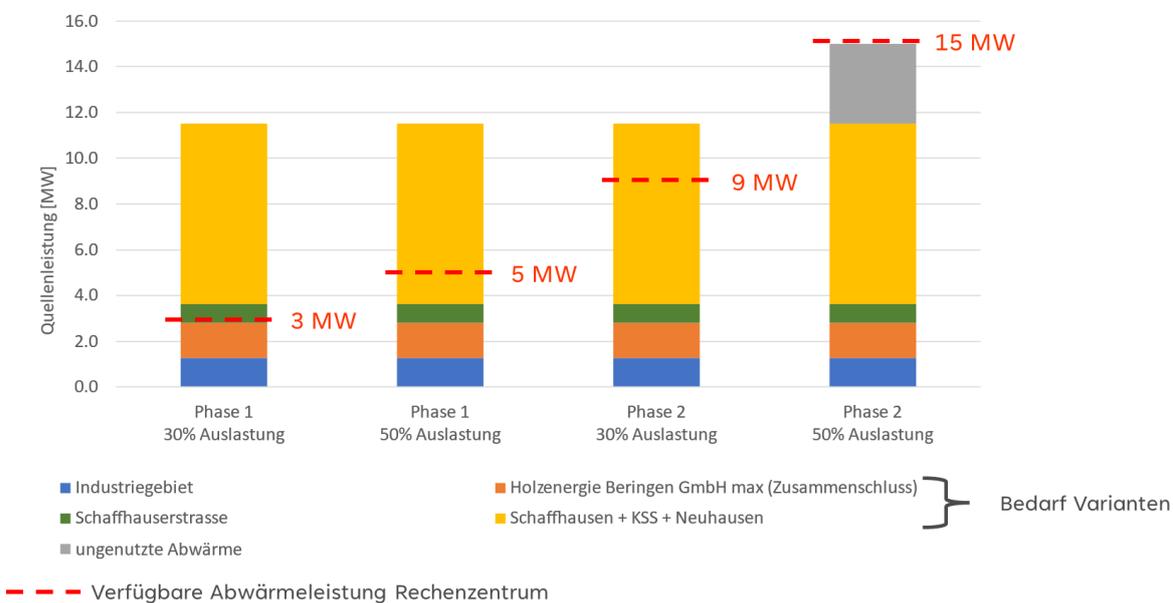
Prinzipiell ergibt sich die grösste Sensitivität bei der Frage der Abschreibedauer. Dies muss entsprechend über eine Risikoübernahme (siehe Kapitel 5.2.7) abgedeckt werden.

### 3.1.5 Vergleich Bedarf – Angebot

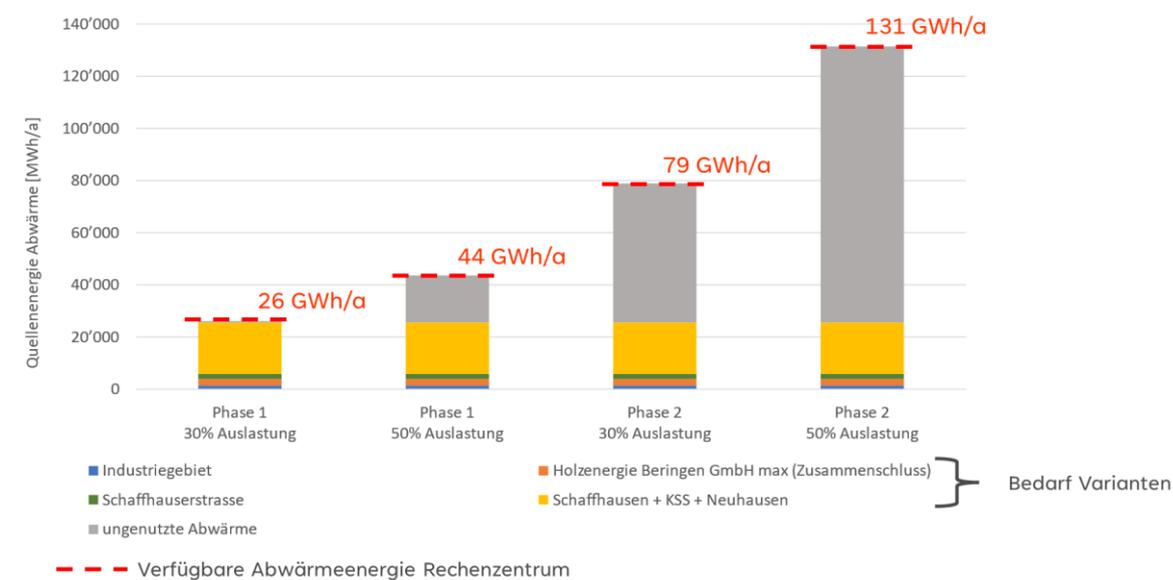
In den folgenden zwei Abbildungen wird der Leistungs- und Energiebedarf der Varianten der zur Verfügung stehenden Abwärme des Rechenzentrums gegenübergestellt. Es ist zu beachten, dass diese Betrachtung auf der Stufe Quellenleistung resp. -energie stattfindet. Das bedeutet, dass beim Energiebedarf der Anteil der Elektrizität (Energie/Leistung), welcher bei der Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpe benötigt wird, bereits abgezogen ist.

Die zur Verfügung stehende Abwärme des Rechenzentrums wurde entsprechend der Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 2.1) in die Phasen 1 und 2 (Endausbau) aufgeteilt mit jeweils 30% oder 50% Auslastung.

<sup>18</sup> Parameter Berechnung: siehe Anhang



**Abbildung 15: Vergleich Bedarf und Angebot Quellenleistung**



**Abbildung 16: Vergleich Bedarf und Angebot Quellenenergie (Jahresbilanz)**

Es wird ersichtlich, dass beim Endausbau des Rechenzentrums mit 50% Auslastung sowohl ausreichend Leistung wie auch Energie zur Deckung sämtlicher Varianten vorhanden ist. Bei einer Auslastung von 30% kann im Endausbau nicht die absolute Leistungsbedarfsspitze gedeckt werden. Das Energieangebot ist jedoch ausreichend.

Eine Versorgung der Varianten 1-3 ist bereits ab Phase 1 mit 50% Auslastung möglich.

### 3.1.6 Ausbaupfad

In der folgenden Abbildung wird ein möglicher Ausbaupfad für die vorgestellten Varianten skizziert. Grundlage dafür bilden die Rahmenbedingungen des Rechenzentrums sowie der verschiedenen Varianten.

Den Ausgangspunkt bildet die Erschliessung des Industriegebiets, was sowohl aufgrund der Nähe zum Rechenzentrum wie auch der geringen Komplexität sinnvoll ist. Zudem bildet das Niedertemperaturnetz im Industriegebiet die Grundlage für die Erschliessung weiterer Gebiete.

Einige Holzkessel des WV Holzenergie Beringen GmbH werden in naher Zukunft das Ende ihrer Lebensdauer erreichen. Sollen diese mit Abwärme des Rechenzentrums substituiert werden, muss zuerst die Schaffhauserstrasse mit Nahwärme erschlossen werden. Im vorliegenden Vorschlag wird von einer vorgezogenen Erschliessung des westlichen Bereichs der Schaffhauserstrasse ausgegangen, wodurch eine Einspeisung in den WV Holzenergie Beringen GmbH möglich wäre.

In weiteren Schritten können die Varianten 1, 2 und 3 erweitert und eine etappierte Erschliessung von Neuhausen und Schaffhausen vorbereitet werden. Aufgrund der grossen Distanzen ist mit einer längeren Planungs- und Bauzeit der entsprechenden Leitungen zu rechnen.

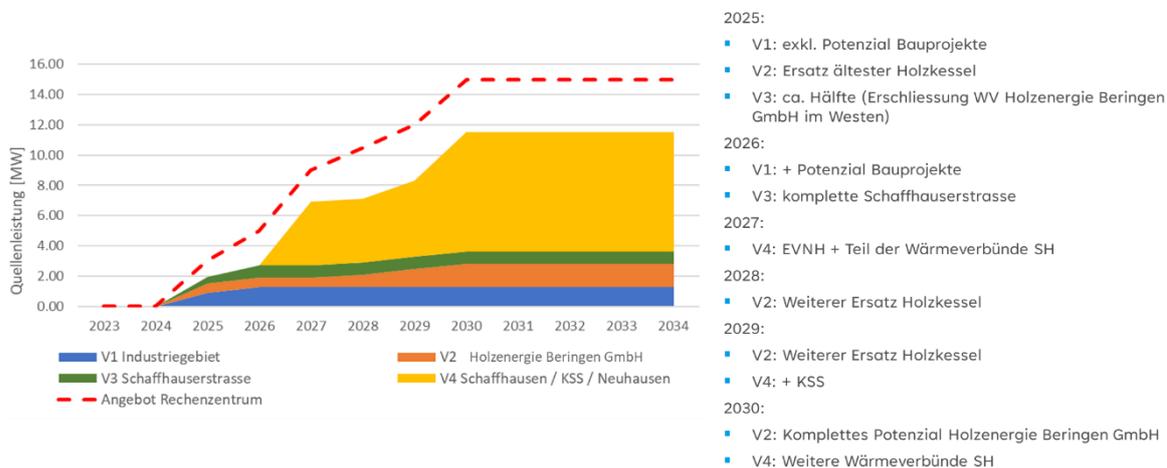


Abbildung 17: Möglicher Ausbaupfad

## 3.2 Prozesswärme

### 3.2.1 Übersicht

Neben der Nutzung in Gebäuden, kann die Abwärme auch für Prozesse genutzt werden. Aufgrund des Temperaturniveaus sind die Nutzungen jedoch eingeschränkt. Es bieten sich insbesondere die folgenden Nutzungen an. Es wird dabei zwischen Direktnutzung, d.h. ohne Einsatz einer Wärmepumpe, und einer indirekten Nutzung, mittels einer Wärmepumpe, unterschieden.

Tabelle 14: Mögliche Nutzungen

Bezeichnung	Art der Nutzung	Mögliche Fläche
Fischzucht	Direktnutzung	Industrie-/Gewerbezone, (Landwirtschaftszone) <sup>19</sup>
Pilzzucht	Direktnutzung	Industrie-/Gewerbezone
Gewächshäuser	Direktnutzung	Landwirtschaftszone / Speziallandwirtschaftszone
Wäscherei	Indirekte Nutzung	Industrie-/Gewerbezone
Trocknung	Indirekte Nutzung	Industrie-/Gewerbezone
CO <sub>2</sub> -Capture	Indirekte Nutzung	Industrie-/Gewerbezone / KBA-Hard

Prinzipiell sind Nutzungen von Interesse, welche auf landwirtschaftlichen Flächen erfolgen können, da die nutzbaren eingezonten Flächen im Industriegebiet beschränkt sind und deshalb für Nutzungen mit einer höheren Wertschöpfung und/oder vielen Arbeitsplätzen genutzt werden sollen<sup>20</sup>.

### 3.2.2 Landwirtschaftliche Nutzung

Dies trifft nur für Gewächshäuser zu<sup>21</sup>, wobei ab 5'000 m<sup>2</sup> Fläche eine Umzonung in eine Speziallandwirtschaftszone erforderlich ist.

Tabelle 15: Bewertung der Variante

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Direkte Nutzung der Abwärme möglich</li> <li>- Keine Konkurrenz zur Nutzung von eingezonten Flächen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gewächshäuser müssen durch landwirtschaftlichen Betrieb erstellt werden</li> <li>- Nur Gewächshäuser bis 5'000m<sup>2</sup> in Landwirtschaftszone möglich</li> <li>- Für Gewächshäuser &gt; 5'000m<sup>2</sup> Umzonung in Speziallandwirtschaftszone nötig</li> </ul>
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standortvorteil für lokale Bauern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann nur durch lokale Bauern erfolgen (stark eingeschränkter Personenkreis)</li> <li>- Interesse unbekannt</li> <li>- Machbarkeit Umzonung</li> </ul>

Das Absatzpotenzial ist somit gering.

<sup>19</sup> Nur sehr eingeschränkt möglich: Nur als Nebenbetrieb eines bestehenden Landwirtschaftsbetriebs. Es dürfen keine neuen Gebäude errichtet werden, d.h. es müssen bereits ungenutzte Ställe o.ä. vorhanden sein.

<sup>20</sup> Entscheid Begleitgruppe, Begleitgruppensitzung 01

<sup>21</sup> Gewächshaus darf 35% der Anbaufläche des bestehenden Betriebs und insgesamt 5'000m<sup>2</sup> nicht übersteigen (Art. 37 RPV)

### 3.2.3 CO<sub>2</sub>-Capture

In dieser Variante wird das Areal der KBA-Hard genutzt, um mittels Adsorptionsanlagen der Umgebungsluft CO<sub>2</sub> zu entziehen (Direct-Air-Capture-Technologie). Dieses CO<sub>2</sub> kann anschliessend eingelagert oder zur Produktion von synthetischen Treibstoffen verwendet werden.

Für die Desorption wird Wärme bei ca. 100°C benötigt, welche mittels einer Wärmepumpe basierend auf der Abwärme des RZ bereitgestellt werden kann.



Abbildung 18: CO<sub>2</sub>-Absorptionsanlage von Climeworks in Island (Quelle: <https://climeworks.com/co2-removal>)

Es wird empfohlen im nächsten Schritt abzuklären, ob die KBA-Hard hierfür geeignet wäre.

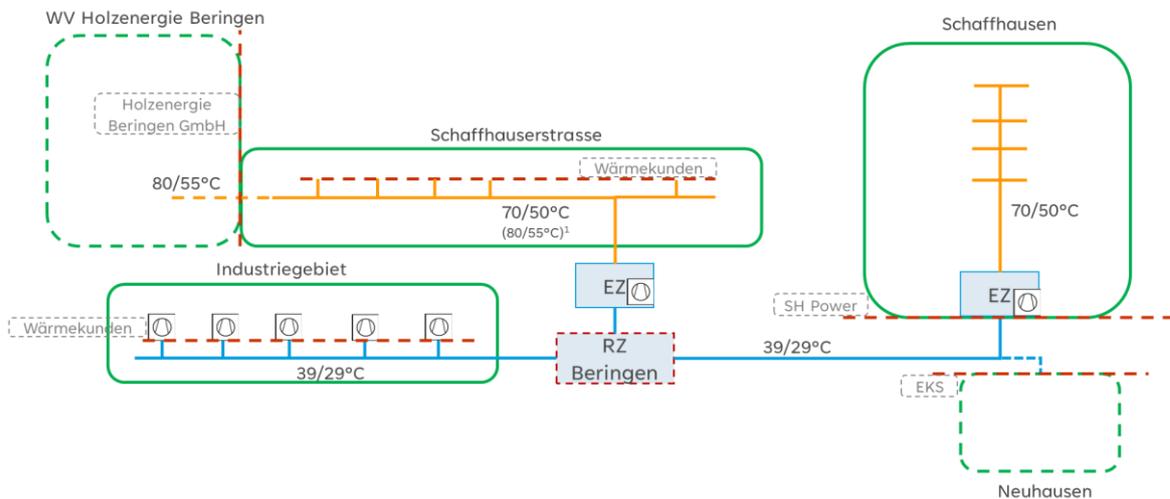
### 3.3 Vernetzungskonzept

In den folgenden Abbildungen sind die betrachteten Vernetzungsvarianten dargestellt. Es werden dabei als Basis zwei Optionen gezeigt: Eine separate Realisierung der Varianten 1, 3 und 4 (2 und 3 kombiniert) basierend auf einer Niedertemperatur-Verteilung sowie eine kombinierte Variante mit zentraler Wärmeaufbereitung und Fernwärmenetz. Grundsätzlich sind jedoch auch weitere Optionen der Kombination zwischen den Varianten möglich.

#### 3.3.1 Niedertemperatur

Bei der Option Niedertemperatur wird die Abwärme mittels eines Niedertemperaturnetzes verteilt und dezentral in Energiezentralen auf das nötige Temperaturniveau angehoben. Bei Neubauten im Industriegebiet könnte hiermit direkt geheizt werden.

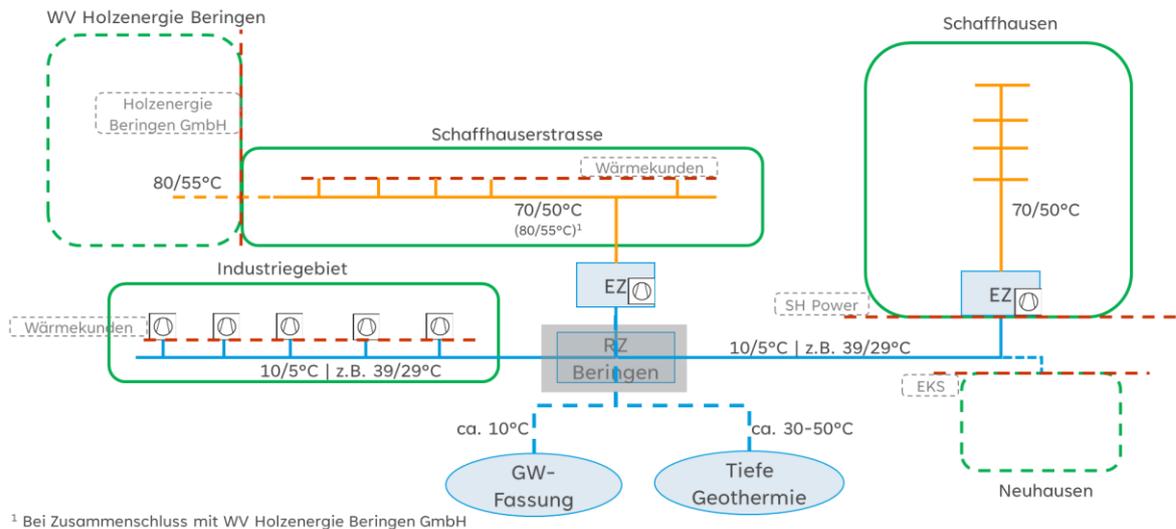
Es ergibt sich eine einfache Schnittstelle zu den Wärmeverbänden: es wird Abwärme geliefert, welche in Verantwortung des jeweiligen Netzbetreibers auf ein nutzbares Niveau gebracht, verteilt und verkauft wird.



<sup>1</sup> Bei Zusammenschluss mit WV Holzenergie Beringen GmbH

**Abbildung 19: Option Niedertemperatur mit lokalen Energiezentralen**

Als Rückfalloptionen für die Wärmeerzeugung sind bei der Option Niedertemperatur die Quellen Grundwasser und Tiefe Geothermie denkbar (siehe untenstehende Abbildung). Bei der Nutzung dieser «kalten» Quellen kann die bestehende Infrastruktur des Niedertemperaturnetzes weitergenutzt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass bei der Nutzung von Grundwasser eine kältere Quelltemperatur zur Verfügung steht. Dies muss bei der Auslegung der Infrastruktur berücksichtigt und geprüft werden.

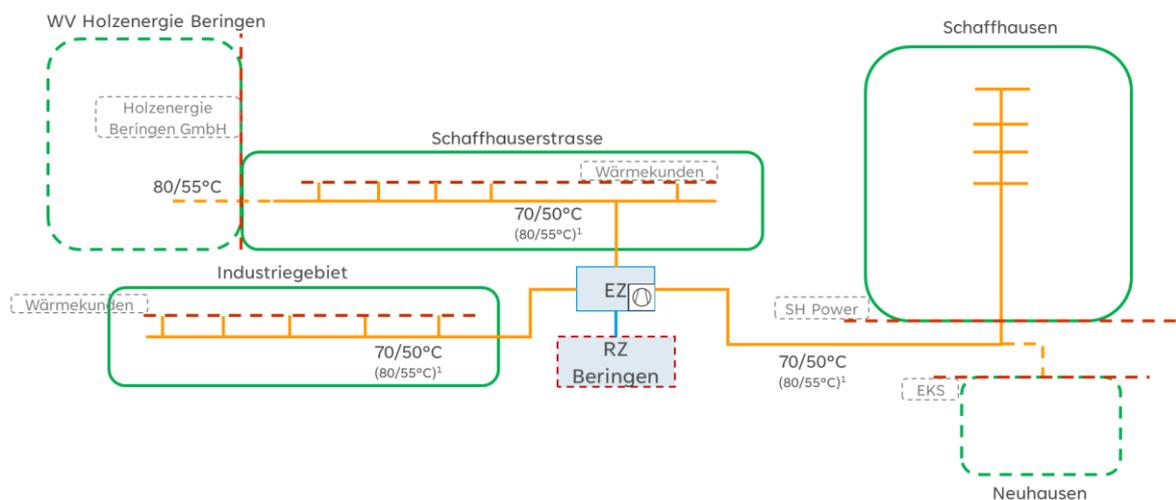


<sup>1</sup> Bei Zusammenschluss mit WV Holzenergie Beringen GmbH

**Abbildung 20: Option Niedertemperatur mit lokalen Energiezentralen, Rückfalloptionen**

### 3.3.2 Hochtemperatur

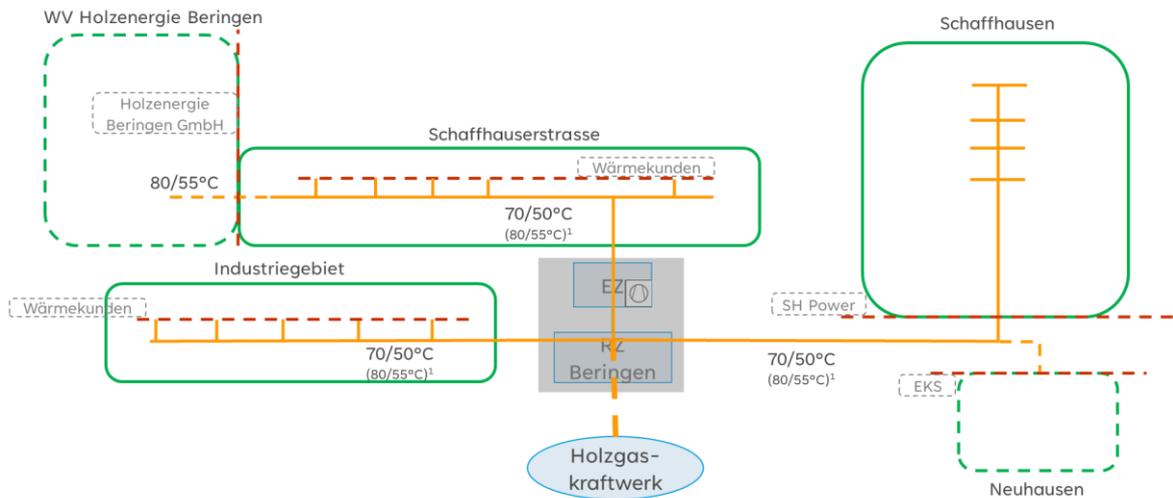
Bei der Option Hochtemperatur wird die Abwärme zentral in einer Energiezentrale auf das nötige Temperaturniveau angehoben. Die Verteilung erfolgt auf einem direkt nutzbaren Niveau.



<sup>1</sup> Bei Zusammenschluss mit WV Holzenergie Beringen GmbH

**Abbildung 21: Option Fernwärmenetz kombiniert mit zentraler Wärmeerzeugung**

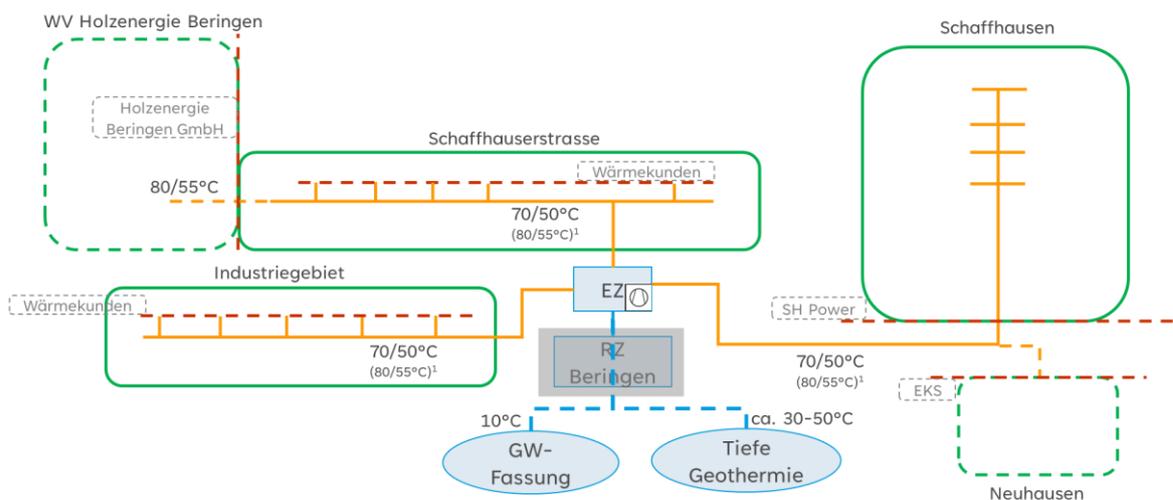
Für die Option Fernwärmenetz sind zwei Rückfalloptionen denkbar. Einerseits eine direkte Erzeugung von Hochtemperatur, bspw. mit einem Holzgaskraftwerk, oder die Nutzung von «kalten» Quellen wie Grundwasser oder Tiefe Geothermie und anschliessende Aufbereitung mittels Wärmepumpe. Im zweiten Fall können die bestehenden Erzeugungsanlagen vollumfänglich weiterbetrieben werden. Im ersten Fall wird ein Teil der bestehenden Erzeugungsanlagen durch die Holzvergassungsanlage substituiert. In welcher Grössenordnung ein Holzgaskraftwerk möglich und sinnvoll ist, wird im Kapitel 4.4 thematisiert.



¹ Bei Zusammenschluss mit WV Holzenergie Beringen GmbH

**Abbildung 22: Option Fernwärmenetz kombiniert mit zentraler Wärmeerzeugung, Rückfalloption 1**

Eine Erzeugung von Hochtemperaturwärme würde die bestehende Energiezentrale inkl. Wärmepumpen überflüssig machen.



¹ Bei Zusammenschluss mit WV Holzenergie Beringen GmbH

**Abbildung 23: Option Fernwärmenetz kombiniert mit zentraler Wärmeerzeugung, Rückfalloption 2**

Bei der Nutzung von Grundwasser oder Tiefer Geothermie könnte die bestehende Energiezentrale inkl. Wärmepumpen weitergenutzt werden. Auch hier muss die tiefere Quelltemperatur des Grundwassers berücksichtigt werden.

Grundsätzlich muss für sämtliche Rückfalloptionen im nächsten Schritt die Machbarkeit geprüft werden.

Die Vorteile der Option Niedertemperatur bestehen darin, dass die verschiedenen Varianten unabhängig voneinander erschlossen werden können und für das Industriegebiet die Möglichkeit einer dezentralen Versorgung besteht. Zusätzlich ergeben sich Vorteile bei den Schnittstellen, da ein Contractor das Niedertemperaturnetz erstellen kann und für die Energiezentralen und Sekundärnetze andere Betreiber möglich sind. Bei der Option Hochtemperatur muss die zentrale Energiezentrale als Erstes gebaut werden und der Endausbau aller Varianten bei der Planung berücksichtigt werden.

Für eine grössere Flexibilität bei der Planung und etappierten Realisierung der thermischen Verbünde wird deshalb das Konzept einer Niedertemperaturversorgung empfohlen.

### 3.3.3 Fernleitungen

Sowohl bei der Hoch- als auch der Niedertemperooption werden gedämmte Stahlrohre eingesetzt, da PE-Leitungen für die vorgesehenen Temperaturen nicht geeignet sind. Die Dimensionierung (Leitungsgrösse) unterscheidet sich jedoch, da mit unterschiedlichen Temperaturdifferenzen gearbeitet wird. In der Tendenz kann davon ausgegangen werden, dass für die Niedertemperooption jeweils eine Leitungsdimension grösser gewählt werden muss (z.B. DN125 anstatt DN100 oder DN250 statt DN200).

## 3.4 Vergleich und Bewertung Varianten

In den folgenden Tabellen werden die Varianten verglichen und bewertet.

Tabelle 16: Technischer Vergleich Varianten

	V1: Industriegebiet	V3: Schaffhauserstrasse	V3: Zusammenschluss Holzenergie Beringen GmbH	V4: Schaffhausen / Neuhausen	Kombination / Total
Distanz (ca.)	1 – 1.9 Tkm	1.3 Tkm	1.3 Tkm <sup>22</sup>	3.1 – 4.8 Tkm	5.1 – 6.8 Tkm
Komponenten	- Leitungen - Wärmetauscher - WP pro Kunde	- Leitungen - WP-Energiezentrale - Übergabestationen	- Leitungen - WP-Energiezentrale - Übergabestationen	- Leitungen - WP-Energiezentrale SH - Übergabestationen	- Leitungen - WP-Energiezentrale - Übergabestationen
Schnittstellen	- Rechenzentrum - Wärmekunden Industriegebiet - Betreiber Abwärmenetz	- Rechenzentrum - Betreiber Fernwärmeverbund - Wärmekunden	- Rechenzentrum - Betreiber Fernwärmeverbund - WV Holzenergie Beringen GmbH - Wärmekunden	- Rechenzentrum - SH Power - EVNH - Wärmekunden	- Rechenzentrum - Betreiber: > SH Power > EVNH > WV Holzenergie Beringen GmbH > ... - Wärmekunden
Temperaturen	Abwärme (39/29°C)	Nahwärme (70/50°C)	Nahwärme (80/55°C)	Abwärme (39/29°C)	Fernwärme (80/55°C) Abwärme (39/29°C)
Energie- / Leistungsbedarf <sup>23</sup> (ca.)	1'250 – 1'800 MWh/a 1'150 – 1'630 kW	2'300 MWh/a 1'000 kW	3'700 – 5'800 MWh/a 1'800 – 3'000 kW	25'500 MWh/a 10'100 kW	31'000 – 33'100 MWh/a 13'600 – 14'800 kW
Genutzte Abwärme (ca.)	1'000 – 1'400 MWh/a 900-1'270 kW	1'800 MWh/a 800 kW	2'900 – 4'500 MWh/a 1'400-2'400 kW	19'800 MWh/a 7'900 kW	24'100 – 25'800 MWh/a 10'600 – 11'500 kW
Anschlussdichte <sup>24</sup>	0.9 – 1.3 MWh/(a*Tm) 0.9-1.2 kW/Tm	1.8 MWh/(a*Tm) 0.8 kW/Tm	2.8 – 4.5 MWh/(a*Tm) 1.4 – 2.3 kW/Tm	5.3 – 7.3 MWh/(a*Tm) 2.1 – 2.8 kW/Tm	4.9 – 5.5 MWh/(a*Tm) 2.2 – 2.4 kW/Tm

Eine Kenngrösse zur ersten Beurteilung der Eignung von Gebieten für Wärmeverbände ist die Anschlussdichte (vgl. Kapitel 2.4.1). Wird diese für die betrachteten Varianten verglichen, scheidet Variante 4 mit einer Kennzahl von 2.1 – 2.8 kW/Tm am besten ab. Dabei muss beachtet werden, dass nur bei der längeren Erschliessung (4.8 Tkm) der volle Bedarf der Variante 4 (25.5 GWh/a resp. 10.1 MW) berücksichtigt werden kann. Bei der kürzeren Erschliessung (3.1 Tkm) fällt der Bedarf von Neuhausen weg (vgl. Kapitel 3.1.4).

<sup>22</sup> Exkl. bestehendes Netz WV Holzenergie Beringen GmbH und ggf. nötige Anpassungen

<sup>23</sup> Energie: Inkl. AW, Leistung: Inkl. AW & GZF

<sup>24</sup> Energie- / Leistungsbedarf pro Trassenmeter (Distanz)

Die Variante 1 liegt exkl. Option Ost mit 1.2 kW/Tm über dem empfohlenen Wert von 1 kW/Tm, inkl. Option Ost mit 0.9 kW/Tm leicht darunter. Wird die Option Ost als Teil der Leitungsführung nach Schaffhausen (V4) erschlossen, verbessert dies die Betrachtung. Die Variante 3 erreicht nur 0.8 kW/Tm und ist somit hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit eher kritisch zu betrachten. Mittels 'Zusammenschluss' mit dem WV Holzenergie Beringen könnte die Eignung verbessert werden.

**Tabelle 17: Bewertung Varianten**

	<b>V1: Abwärmenetz Industriegebiet</b>	<b>V3: Fernwärmenetz Beringen</b>	<b>V3: Zusammenschluss Holzenergie Beringen GmbH</b>	<b>V4: Schaffhausen / Neuhausen</b>	<b>Kombination</b>
Ökologie & Umwelteinwirkungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz von Öl- / Gasheizungen</li> <li>- Leitungsverlegung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Grabenarbeiten</li> <li>&gt; Lärm</li> <li>&gt; Schutt</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz von Öl- / Gasheizungen</li> <li>- Leitungsverlegung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Grabenarbeiten</li> <li>&gt; Lärm</li> <li>&gt; Schutt</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Substitution von Holz &amp; Emissionen</li> <li>- Leitungsverlegung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Grabenarbeiten</li> <li>&gt; Lärm</li> <li>&gt; Schutt</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ersatz von Öl- / Gasheizungen</li> <li>- Substitution von Holz &amp; Emissionen</li> <li>- Leitungsverlegung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Grabenarbeiten</li> <li>&gt; Lärm</li> <li>&gt; Schutt</li> </ul> </li> <li>- Option Spülbohrung: ggf. Baumfällungen</li> </ul>	
Chancen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interessierte Unternehmen</li> <li>- Lokale Nutzung (kurze Distanzen)</li> <li>- Kann schnell realisiert werden</li> <li>- Synergien mit Tiefbauprojekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lokale Nutzung (kleine Distanzen)</li> <li>- Möglicher lokaler Betreiber</li> <li>- Synergien mit Tiefbauprojekten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einheitlicher grosser Wärmeverbund Beringen</li> <li>- Möglicher lokaler Betreiber</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grosse Wirkung durch hohen Wärmeabsatz</li> <li>- Erneuerbare Energiequelle für Stadt SH</li> </ul>	Keine «Verzettelung» durch diverse separate Projekte
Risiken	Einfluss von einzelnen Kunden auf Gesamtprojekt gross	Datengrundlage Wärmebedarf (Geoportal) noch eher unsicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Höhere VL-Temperaturen durch WV Holzenergie Beringen vorgegeben</li> <li>- Interesse Holzenergie Beringen GmbH unsicher</li> <li>- Volles Potenzial kann erst mittelfristig genutzt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viele Schnittstellen</li> <li>- Grosse Distanz → Grosse Investitionen nötig</li> </ul>	Höhere Vorlauftemperaturen durch WV Holzenergie Beringen vorgegeben

Alle Varianten bieten einen ökologischen Mehrwert. Ausser bei der Variante Holzenergie Beringen GmbH werden fossile Energieträger ersetzt, was zu einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen führt. Mit der substituierten Energiemenge können jährlich ca. 9'000 t CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden<sup>25</sup>.

V4 weist die grössten Chancen in Bezug auf Anschlussdichte und nutzbare Abwärmemenge auf. Gleichzeitig sind die Projektrisiken aufgrund der Distanz und den diversen Schnittstellen höher als bei anderen Varianten. Das Industriegebiet ist hinsichtlich der genutzten Abwärme die kleinste Variante, weist aber eine gute Anschlussdichte und wenig Projektrisiken auf. Die Schlüsselkunden sind bekannt und interessiert und aufgrund der Nähe zum RZ sind keine langen Leitungen nötig.

Für eine geeignete Anschlussdichte müsste die V3 Schaffhauserstrasse beispielsweise mit dem bestehenden WV Holzenergie Beringen kombiniert werden. Ob ein solcher Zusammenschluss technisch sinnvoll und vonseiten der Betreiber des WV Holzenergie Beringen GmbH gewünscht ist, ist jedoch unsicher, was ein erhöhtes Risiko darstellt. Sollte das Industriegebiet mit einem Fernwärme- anstelle eines Abwärmenetzes erschlossen werden, würde sich eine Erweiterung in die Schaffhauserstr. anbieten. Die Eignung der V3 ist somit in der weiteren Planung vertieft zu prüfen.

Mit dem vorhandenen Abwärmeangebot des Rechenzentrums kann der Bedarf sämtlicher betrachteten Varianten gedeckt werden, weshalb ein Weiterverfolgen aller Varianten empfohlen wird.

<sup>25</sup> Energiebedarf Varianten 1/3/4 (exkl. WV Holzenergie Beringen GmbH und Potenzial in Industriegebiet). Aufteilung Energieträger V1 nach Informationen von Unternehmen. Für den Rest wurde eine 50-50 Aufteilung angenommen (vgl. Energie- und CO<sub>2</sub>-Statistik Kanton SH, Ausgabe 2020). Für die Emissionsfaktoren und Wirkungsgrade Endenergie-Nutzenergie siehe Anhang 7.3.1.

## 4 Elektrische Vernetzung

Auf Basis der Analyse können die folgenden Varianten/Konzepte entwickelt und einander gegenübergestellt werden.

### 4.1 Übersicht

Es wurden verschiedene Varianten entwickelt, in denen ein Teil des Strombedarfs des RZ lokal erzeugt wird.

**Tabelle 18: Betrachtete Varianten**

Variante	Beschreibung
ZEV (Zusammenschluss zum Eigenverbrauch) in Industriegebiet	Erstellung von PV-Anlagen auf den umliegenden Liegenschaften, um einen Teil des benötigten Stroms für das RZ zu produzieren
PV-Potenzial Beringen ausbauen	Erstellung von PV-Anlagen in der Nähe von Beringen, um einen Teil des benötigten Stroms für das RZ zu produzieren
Holzvergasungsanlage auf KBA-Hard	Erstellung einer Holzvergasungsanlagen auf dem Areal der KBA-Hard, um einen Teil des benötigten Stroms für das RZ zu produzieren
Multi-Energy Hub auf KBA Hard	Nutzung der Fläche der KBA-Hard zur Stromspeicherung, um das Stromnetz zu entlasten

Aufgrund des hohen Strombedarfs des Rechenzentrums kann der benötigte Strom nicht komplett vor Ort erzeugt werden. Eine weitere Möglichkeit zur Bereitstellung von erneuerbarem Strom besteht in der Errichtung von Windkraftanlagen. Das nächstgelegene Vorranggebiet für Windkraftanlagen gemäss Grundlagenstudie, «Randenuus», liegt ca. 5 km entfernt von Beringen<sup>26</sup>, weshalb dies im Folgenden nicht vertieft betrachtet wird.

### 4.2 Zusammenschluss zum Eigenverbrauch im Industriegebiet

Die Dachflächen der umliegenden Gebäude im Industriegebiet könnten für die Stromproduktion genutzt werden. Mittels eines Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (ZEV) können die zusammengeschlossenen Liegenschaften diesen Strom direkt nutzen.

Im Industriegebiet kann ein Potenzial von ca. 4 GWh/a (kleiner Perimeter, vgl. V1a) resp. 5.9 GWh/a (grosser Perimeter, vgl. V1b) angenommen werden<sup>27</sup>.

Es wird davon ausgegangen, dass der Strombedarf der Liegenschaften so hoch ist, dass kein nennenswerter Stromüberschuss, für einen Austausch zwischen den Liegenschaften, zur Verfügung steht. Entsprechend wird diese Variante nicht zur Vertiefung empfohlen.

### 4.3 PV-Erzeugung in Beringen ausbauen

Bei einer Ausnützung der aus energietechnischer Sicht geeigneten Dächer könnten in Beringen 35.7 GWh/a Strom über Solaranlagen produziert werden<sup>28</sup>, wovon derzeit 1.4 GWh/a bereits realisiert sind<sup>29</sup>. Es besteht somit ein zusätzliches Potenzial von max. 34 GWh/a.

<sup>26</sup> Richtplan Kt. SH Teilrevision Windenergie 2019, map.geo.sh.ch, Layer Richtplan Ver- und Entsorgung, Oktober 22

<sup>27</sup> uvek-gis.admin.ch/BFE/sonnendach, 75% Ausnützung Dachfläche

<sup>28</sup> Potenzialberechnung durch Bundesamt für Energie, Stand 2019. Rahmenbedingungen wie z.B. Denkmalschutz sind dabei noch nicht berücksichtigt.

<sup>29</sup> map.geo.sh.ch

Es wird empfohlen dieses Potenzial zu nutzen. Der Strombedarf des Rechenzentrums kann damit rechnerisch teilweise gedeckt werden. Der Ausbau lässt sich jedoch nicht verordnen oder steuern. Entsprechend wird diese Variante nicht zur Vertiefung empfohlen.

#### 4.4 Holzgaskraftwerk

Bei einer Holzvergasungsanlage wird aus Holz Prozessgas erzeugt, welches mittels eines Gasmotors in Strom und Wärme umgewandelt wird (siehe Abbildung 24). Abhängig vom Hersteller resp. Anlagenkonzept wird bei diesem Prozess zudem Pflanzenkohle produziert.

Ein Holzgaskraftwerk sollte aus technischen und wirtschaftlichen Gründen grundsätzlich im «Dauerbetrieb», also durchgehend und das ganze Jahr in Betrieb sein.

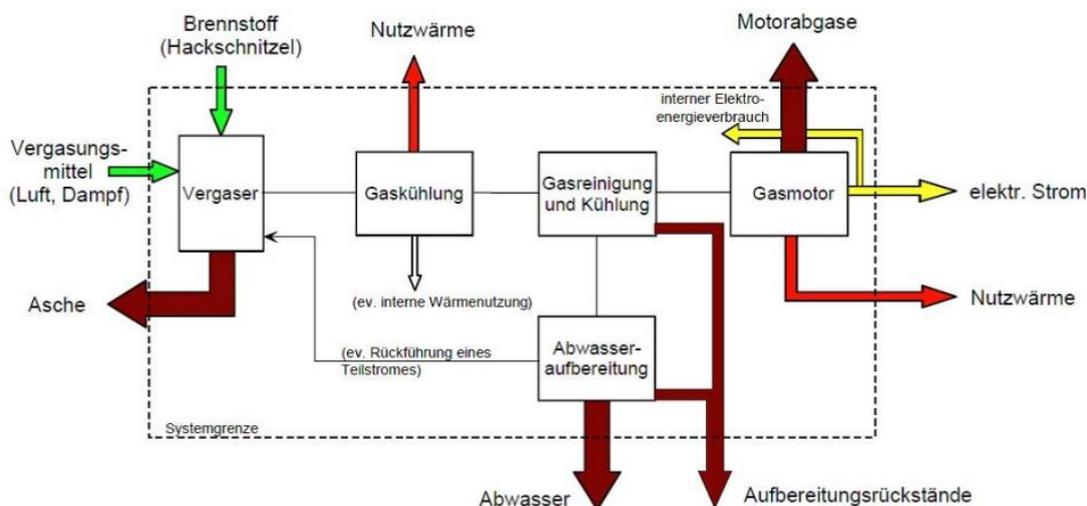


Abbildung 24: Konzept Holzvergasungsanlage (Quelle: [www.bmdw.gv.at](http://www.bmdw.gv.at))<sup>30</sup>

Eine Holzvergasungsanlage könnte einen Teil des Strombedarfs des RZ decken. Das RZ weist einen relativ konstanten Strombedarf auf, sodass die Anlage kontinuierlich laufen könnte.

Neben Strom wird bei einem Holzgaskraftwerk jedoch auch Wärme produziert, wobei die thermische Leistung meist mindestens gleich gross wie die elektrische Leistung ist. Die Wärme wird auf einem nutzbaren Niveau (i.d.R. rund 90 – 95°C) abgegeben und sollte mittels eines warmen Fernwärmeverbands genutzt werden. Dies widerspricht dem in Kapitel 3.3 vorgeschlagenen Konzept eines «kalten» Fernwärmeverbands nach Schaffhausen.

Zudem wird es im Bereich der Gemeinde Beringen aufgrund des RZ bereits einen Abwärmeüberschuss geben. Eine zusätzliche Bandlast-Wärmeproduktion ist dementsprechend nicht sinnvoll.

Im Kapitel 3.3.2 wurde der Einsatz eines Holzgaskraftwerks als Rückfalloption bei einem Wegfall der RZ-Abwärme betrachtet. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich ein Holzgaskraftwerk tendenziell nicht als alleinige Wärmequelle für thermische Verbünde eignet. Wie weiter oben erwähnt, sollte eine Holzvergasungsanlage im Dauerbetrieb laufen. Wärmeverbünde haben jedoch ausserhalb der Heizperiode einen stark verringerten Wärmebedarf. Das Holzgaskraftwerk müsste entsprechend bspw. auf den Sommerlastbetrieb ausgelegt sein. Als Ergänzung könnten normale Holzkessel eingesetzt werden.

Es ist jedoch zu beachten, dass bei der Realisierung sämtlicher Verbünde ein Wärmeleistungsbedarf von rund 14 MW anfällt. Die Bereitstellung dieser Leistungsgrössenordnung mit Holzfeuerungen und Holzgaskraftwerken erfordert riesige Mengen an Brennstoff. Ob eine solche Kapazität an lokalem Holz vorhanden ist, ist fraglich. Zudem bedeutet dies einen sehr grossen Transport- und Logistikaufwand.

<sup>30</sup> Quelle: <https://www.bmdw.gv.at/dam/jcr:59e926cb-9dd1-4581-ad70-8886fc144e5e/Informationspapier%20Holzvergasungsanlagen.pdf>

**Tabelle 19: Bewertung Variante Holzvergasungsanlage**

<b>Stärken</b>	<b>Schwächen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Direkte Nutzung der Abwärme möglich</li> <li>- Deckung der Winterstromlücke</li> <li>- Standort gehört dem Kanton</li> <li>- Keine Beeinträchtigung für Anwohnende durch Anlieferung von Holzschnitzeln</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperaturhub auf KBA Hard führt zu höheren thermischen Verlusten in der Verteilung</li> <li>- Es wird noch mehr Wärme an einem Standort produziert, an dem Abwärmeüberschuss herrscht <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Standort näher an Stadt Schaffhausen / bestehenden Verbänden wäre sinnvoller</li> </ul> </li> <li>- Holzgaskraftwerk muss auf Bandlast ausgelegt werden</li> </ul>
<b>Chancen</b>	<b>Risiken</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückfalloption bei zukünftigem Entfall des Rechenzentrums für Speisung eines neuen Fernwärmeverbunds</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verfügbarkeit lokales Holz</li> </ul>

Im Sinne einer übergeordneten Energieplanung wird empfohlen, das kantonale Holz-Potenzial zu evaluieren resp. aktualisieren<sup>31</sup>.

#### 4.5 Multi-Energy-Hub auf KBA Hard

Die Fläche der KBA-Hard könnte zur Stromspeicherung genutzt werden. Hiermit könnte das Stromnetz in Spitzenzeiten entlastet werden. Strom wird in Zeiten mit geringerem Bedarf eingekauft und für Spitzenzeiten zwischengespeichert.

Dies könnte über grosse Batterieanlagen oder chemische Speicher (Power-to-Gas-Anlage in Kombination mit Gasspeicher / Rückverstromung (z.B. BHKW)) erfolgen.

Diese Variante muss in Kombination mit dem übergeordneten elektrischen Versorgungsnetz betrachtet werden, was nicht Teil dieser Studie ist.

<sup>31</sup> Der letzte Holzbericht ist nach EFS / Kantonsforstamt SH bereits 20 Jahre alt, womit eine Aktualisierung sinnvoll ist.

## 5 Gesetzliche Rahmenbedingungen / Förderung

Durch die zunehmende Digitalisierung steigt der Bedarf für Rechenleistung und Datenspeicher («Cloud»). Ein Rechenzentrum benötigt zum Betrieb insbesondere Strom und Wasser, begrenzte Ressourcen. Aus übergeordneter umwelt- und energiepolitischer Sicht ergibt sich die Zielsetzung, diese begrenzten Ressourcen effizient und mit geringstmöglichen Schäden einzusetzen und das Potenzial an Abwärme optimal zu nutzen.

### 5.1 Grundlagen

#### 5.1.1 Gesetzlicher Rahmen

##### Bund

In der Energieeffizienzverordnung (EnEV; SR 730.02) legt der Bund Mindestanforderungen an die Effizienz beim Inverkehrbringen von Servern und Datenspeichern sowie von Leistungstransformatoren, Raumklimageräten und Lüftungsanlagen fest (vgl. [7]).

Bei den Vorgaben des Bundes werden die für Rechenzentren massgeblichen nutzungsabhängigen Prozessenergien jedoch oft explizit nicht in den Energiebedarf miteingerechnet. So z.B. in den MuKEn 2014 (vgl. [25]) oder in der Verordnung zum Energiegesetz (vgl. [41]).

Der Bundesrat zieht ferner derzeit keine Anforderungen für Rechenzentren in Betracht, sei es in Bezug auf erneuerbare Energien, die Nutzung von Abwärme oder raumplanerische Vorgaben zur Ansiedelung von Rechenzentren (vgl. [7]).

##### Kanton Schaffhausen

Für die Anforderungen an die Energieeffizienz sind die Kantone zuständig (vgl. Art. 89 Abs. 4 BV). Die Kantone und Gemeinden können als Bewilligungsbehörden Auflagen bezüglich der Nutzung von Abwärme formulieren, die auch für Rechenzentren gelten [7]. Für Anforderungen an die Energieeffizienz und die Abwärmenutzung sind die Kantone zuständig; entsprechend muss dies für Schaffhausen im Baugesetz oder der Energiehaushaltsverordnung (EHV) geregelt werden.

In § 20 der EHV ist festgehalten: «Abwärme im Gebäude (..) ist zu nutzen, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.» Dies betrifft jedoch nur die interne Nutzung, nicht jedoch eine Abwärmelieferung an Dritte. Im Moment gibt es keine spezifischen Vorgaben für Rechenzentren und keine Vorgaben zur Abwärmeabgabe an Dritte.

Das Baugesetz hält fest, dass im Rahmen eines Quartierplans Vorschriften erlassen werden können, welche eine Anschlusspflicht an ein Energieverteilungsnetz oder zentrale Wärmeerzeugungsanlagen vorgeben (vgl. Art 18 Abs. 3 BG)

Die grossen Rechenzentren unterstehen den Grossverbraucherartikeln der kantonalen Gesetze (vgl. [7], [29] und [30]). Dabei werden gemeinsame Energieeffizienzziele sowie freiwillige Zielvereinbarungen mit der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW) oder der Cleantech Agentur Schweiz (ACT) zur Befreiung von der CO<sub>2</sub>- oder KEV-Abgabe festgelegt.

## Grossverbraucher: Steigerung der Energieeffizienz

Bundesrecht und kantonales Recht verpflichten Grossverbraucher, ihren Energieverbrauch im Rahmen des wirtschaftlich Zumutbaren zu optimieren. Als Grossverbraucher gelten Unternehmen mit einem jährlichen Wärmebedarf von mehr als 5 GWh oder einem jährlichen Elektrizitätsverbrauch von mehr als 0,5 GWh. Die Rechtsgrundlagen finden sich im eidgenössischen Energiegesetz (Art. 9 Abs. 3 lit. c) und im kantonalen Baugesetz (Art. 42k) sowie der Energiehaushaltsverordnung (§ 30 EHV).

Ziel des Grossverbraucherartikels ist eine Steigerung der Energieeffizienz. Anstelle der Anwendung von Detailvorschriften besteht im Grossverbrauchermodell die Möglichkeit, mit bestehenden Organisationen (z.B. EnAW, ACT) Zielvereinbarungen über die Entwicklung des Energieverbrauchs abzuschliessen.

### Energiefachstelle

Beckenstube 9  
8200 Schaffhausen

 Heute geschlossen

 Karte

 Kontakt 

Abbildung 25: Grossverbraucher, Kanton SH<sup>32</sup>

Der kantonale Richtplan legt fest [31]:

- 4-2-1/A1 Prioritäten bei der Energieversorgung:  
«Die Energieverluste generell minimieren und Abwärme nutzen.»
- 4-2-1/A2 Energierichtpläne in Gemeinden:  
«Kantonale Zentren, Agglomerationsgemeinden und regionale Zentren erstellen bis 5 Jahre nach In-Kraft-Setzung des Richtplans einen umfassenden kommunalen Energierichtplan. Dieser enthält insbesondere:
  - künftig zu nutzende, ortsgebundene Energiepotenziale wie Abwärme oder erneuerbare Energieträger;
  - Prioritätsgebiete für die Versorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern, insbesondere Fern- und Nahwärme;
  - Gebietsausscheidungen, innerhalb welcher ein bestimmter Energieträger für die Wärmeversorgung eingesetzt werden soll;
  - Standortsicherungen für Anlagen zur Energiegewinnung und deren Infrastrukturen;»
 «Gemeinden ohne Energierichtplanpflicht prüfen ihre Bauvorschriften im Rahmen von Nutzungsplanungsrevisionen gemäss oben aufgeführtem Planungsgrundsatz sowie ihre Erschliessungspläne auf die Möglichkeit der Versorgung mit Fern- und Nahwärme»
- 4-2-1/A3 Fern- und Nahwärmenetze:  
"Mit nutzungsplanerischen Massnahmen sind die Voraussetzungen zu schaffen, damit anfallende Abwärme aus industriellen oder anderen Prozessen sinnvoll genutzt werden kann."

### Andere Kantone

Die Vorgaben in anderen Kantonen wurden stichprobenartig untersucht, insbesondere für den Kanton Zürich. Es wurden jedoch keine spezifischen Vorgaben für Rechenzentren gefunden.

### Gemeinden

Die Kantone und Gemeinden können als Bewilligungsbehörden Auflagen bezüglich der Nutzung von Abwärme formulieren, die auch für Rechenzentren gelten [7].

In Gestaltungs- und Bebauungsplänen kann die Energieplanung durch die Gemeinde als grundigentümergebunden erklärt werden. Sie kann bei einem Gestaltungsplan die Energieplanung als

<sup>32</sup> <https://sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Beh-rde/Verwaltung/Baudepartement/Departementssekretariat-Baudepartement/Energiefachstelle/Gesetzliche-Grundlagen/Grossverbraucher-1634935-DE.html>

verbindlich erklären. Dies bedingt, dass ein potenzielles Versorgungsgebiet für leitungsgebundene Wärme konkretisiert wird [23].

In der Energieplanung der Gemeinden: «kann der Kanton oder die Gemeinde Grundeigentümer verpflichten, ihr Gebäude innert angemessener Frist an das Leitungsnetz anzuschliessen und Durchleitungsrechte zu gewähren.» (Vgl. MuKE 2014, Art. 10.4).

### 5.1.2 Freiwilliger Rahmen

Der freiwillige Rahmen umfasst die Bereiche Normen und Labels / Zertifikate. Eine Zusammenstellung findet sich im Anhang Kapitel 7.4.2. Im Moment gibt es keine schweizerische Norm; eine SIA Norm ist in Arbeit. Es gibt ein Label der Swiss Datacenter Efficiency Association (SDEA)<sup>33</sup>, welches sich aktuell in der Einführung befindet.

### 5.1.3 Effizienz Rechenzentren

#### PUE

Um das Ziel einer hohen Energieeffizienz zu erreichen, kann einerseits ein zu erreichender Zielwert vorgegeben werden. Hier hat sich der PUE-Wert<sup>34</sup> als Zielgrösse und Benchmark etabliert.

Der PUE-Wert beschreibt den Elektrizitätsbedarf des gesamten Rechenzentrums (inkl. Hilfsaggregate wie Kühlung etc.) im Verhältnis zum Verbrauch der IT-Infrastruktur. Es handelt sich dabei um eine relative Grösse und es wird insbesondere keine Aussage über die Effizienz der IT-Infrastruktur getroffen. Weitergehende Aspekte, wie das eingesetzte Stromprodukt, eine Eigenstromerzeugung oder eine Abwärmelieferung an Dritte, sind ebenfalls nicht abgebildet.

In der folgenden Tabelle findet sich eine Übersicht über aktuelle Effizienz-Werte. Es zeigt sich, dass die Effizienz neuer Rechenzentren höher liegt als bei Bestandsanlagen.

Tabelle 20: Übersicht PUE-Werte

PUE	Quelle	Stand
Ø PUE = 1.1 <b>Bester Wert: PUE = 1.06</b>	Google-Rechenzentren (vgl. Anhang 7.2.2, Quelle [44])	2021
PUE ≤ 1.1 ... 1.15	EnergieSchweiz / A. Altenburger (Stand der Technik)	April 2021
<b>PUE ≤ 1.15</b>	Prüfung Bauprojekt / Baugesuch RZ Beringen (A. Altenburger), Baubewilligung	2021
PUE ≤ 1.15 resp. 1.2	Netzwoche (Marktübericht): RZ im 2022 eröffnet	2022
Ø PUE = 1.23, abh. vom TIER-Level	OnlinePC (Liste Schweizer Rechenzentren)	2021
PUE ≤ 1.3	Kanton Zürich (Vorgabe für vom Kanton genutzte Rechenzentren)	März 2018
Ø PUE = 1.57	2021 Data Center Industry Survey: PUE-Wert der größten Rechenzentren der befragten Teilnehmenden im weltweiten Durchschnitt 1,57.	2021
PUE ≤ 1.8 (!)	Code of Conduct	

<sup>33</sup> SDEA (Swiss Datacenter Efficiency Association): Effizienzlabel für Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Footprint von Rechenzentren (vgl. [www.sdea.ch](http://www.sdea.ch))

<sup>34</sup> PUE: Power usage effectiveness

Es gilt zu beachten:

- Der PUE-Wert muss abhängig vom geforderten TIER-Level betrachtet werden (Verfügbarkeitsanforderung): ein höherer TIER-Level geht zu Lasten der Effizienz
- Ein tieferer PUE-Wert heisst nicht automatisch ein energieeffizienteres Rechenzentrum. So kann z.B. eine energiesparende Teilnachtschaltung rechnerisch zu einem höheren PUE-Wert führen [39].

## Label

Für weitergehende Nachweise haben sich verschiedene Prüfmethode und Label entwickelt (siehe Anhang Kapitel 7.4.2).

Das Schweizer Label der SDEA beurteilt die Energieeffizienz der verschiedenen Komponenten der IT-Infrastruktur sowie der weiteren Energieverbraucher des Rechenzentrums, wobei die Wiederverwertung der Energie (beispielsweise über eine Abwärmelieferung an Dritte) positiv angerechnet wird (vgl. Beschreibung SDEA-Label in Anhang 7.4.2). Zusätzlich werden Vorgaben zum Stromprodukt bzw. den CO<sub>2</sub>-Emissionen gemacht. Das Label deckt somit deutlich mehr als der PUE-Wert ab.

## 5.2 Vorschlag Vorgaben

### 5.2.1 Allgemein

Aus übergeordneter umwelt- und energiepolitischer Sicht ergeben sich verschiedene Handlungsfelder:

Einerseits soll der Bedarf an Strom und Wasser sowie die daraus resultierenden Umweltbelastungen reduziert werden. Andererseits soll die Abwärme, welche unvermeidlich anfällt, genutzt werden. Hierfür müssen die nötigen Schnittstellen geschaffen werden und das Umfeld einbezogen werden.

Im Folgenden werden diese Handlungsfelder einzeln beschrieben.

Diese Empfehlungen gelten nicht ausschliesslich für Rechenzentren, sondern könnten auch auf andere Grossverbraucher angewandt werden. Der Anwendungsbereich könnte analog zum Grossverbrauchermodell gewählt werden, d.h. ab einem jährlichem Elektrizitätsbedarf von 500 MWh/a. Für Anpassungen am Bestand müssten die Anforderungen teilweise modifiziert werden, insbesondere hinsichtlich des Energiebedarfs.

Im Folgenden werden mögliche Ansätze und Massnahmen aufgelistet. Die zur Weiterbearbeitung empfohlenen Massnahmen sind grün markiert.

## 5.2.2 Hohe Energieeffizienz

Tabelle 21: Vorgaben für Zielerreichung hohe Effizienz

Mögliche Vorgaben	Mögliche Umsetzung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgabe eines Kennwerts (z.B. PUE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Vorgabe in Baubewilligung</li> <li>Monitoring / Reporting nach IBN / Ramp-up (z.B. nach 2 Jahren) oder laufend im Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Konkreten PUE vorgeben (z.B. <math>PUE \leq 1.15</math>)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgabe eines Labels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Vorgabe in Baubewilligung</li> <li>Nachweis der Zertifizierung nach IBN</li> <li>Nachweis der Rezertifizierung während Laufzeit der Anlagen (Abh. von Label)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>SDEA Label</b> oder vergleichbares Label vorgeben</li> <li>Vorgaben nach Art des Rechenzentrums differenzieren, z.B. SDEA Gold für grössere Neubauten; SDEA Bronze oder Silber für Bestandsanlagen</li> </ul>

Um das Ziel einer hohen Energieeffizienz zu erreichen, kann einerseits ein zu erreichender Zielwert vorgegeben werden. Hier hat sich der PUE-Wert etabliert. Für das Rechenzentrum Beringen wurde bereits ein Zielwert von 1.15 definiert.

Alternativ kann eine Zertifizierung vorgeschrieben werden. Dies erleichtert den Vollzug bzw. die Vollzugskontrolle. Gleichzeitig ist man jedoch von der Organisation abhängig, welche das Label (weiter-) entwickelt. Zusätzlich decken diese weitergehende Aspekte ab, so dass bspw. auch Vorgaben bzgl. Stromprodukt abgedeckt werden, wie das beim SDEA-Label der Fall ist.

Da das SDEA-Label somit grundsätzlich eine Bewertung analog zum PUE-Wert beinhaltet, aber noch zusätzliche Kriterien berücksichtigt, machen gleichzeitige Vorgaben zu einem PUE-Wert und einer Label-Zertifizierung keinen Sinn. Das SDEA-Label macht weitergehende Vorgaben und sollte entsprechend bevorzugt werden.

## 5.2.3 Geringe Umweltbelastung

Tabelle 22: Vorgaben für geringe Umweltbelastung

Mögliche Vorgaben	Mögliche Umsetzung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgabe bzgl. Stromprodukt (geringe CO<sub>2</sub>-Emissionen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Vorgabe in Baubewilligung</li> <li>Monitoring / Reporting nach IBN oder laufend im Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einkauf von Ökostrom oder zumindest erneuerbarer Strom</li> <li>SDEA Label oder vergleichbares</li> <li>Lokale PV-Anlage (auf RZ oder auf umliegenden Gebäuden)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgaben zu Regenwassernutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Vorgabe in Baubewilligung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorkehrungen zur Regenwassernutzung (Zisterne, o.ä.)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgaben zu effizientem Wasserverbrauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Vorgabe in Baubewilligung</li> <li>Monitoring / Reporting nach IBN / Ramp-up (z.B. nach 2 Jahren) oder laufend im Betrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgabe eines WUE</li> </ul>

Neben der Energieeffizienz können Vorgaben gemacht werden, um die Umweltbelastung des Betriebs des Rechenzentrums zu reduzieren. Dies betrifft insbesondere den Strombedarf aber auch den Wasserverbrauch, welcher bei einer adiabaten Kühlung anfällt. Analog zum PUE kann ein WUE<sup>35</sup> vorgegeben werden.

#### 5.2.4 Effiziente Abwärmenutzung / Schnittstellen

Bei diesem Punkt geht es darum, sicherzustellen, dass die unvermeidliche Abwärme effizient abgegeben werden kann. Die Effizienz bezieht sich vor allem auf die Temperaturen. Aus Sicht der weiteren Verwendung sollten hohe Temperaturen angestrebt werden, um den Strombedarf der nachgelagerten Wärmepumpe zu reduzieren.

Tabelle 23: Gute Schnittstelle für Auskopplung

Mögliche Vorgaben	Mögliche Umsetzung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmetauscher, vorsehen</li> <li>Hohe Temperaturen gewährleisten</li> <li>Abwärme muss abgegeben werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Vorgabe in Baubewilligung</li> <li>Kontrolle nach IBN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wärmetauscher, etc für Auskopplung in Planung vorsehen</li> <li>Abwärme muss (kostenlos) abgegeben werden</li> <li>Hohe Temperatur gewährleisten durch geeignetes Kühlsystem (Wasserkühlung)</li> </ul>
Verpflichtende Erstellung eines Energiekonzepts mit Evaluation von möglichen Abwärmenutzern	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Teil der Baueingabe</li> </ul>	Mögl. Abwärmenutzer im Umkreis des Standorts müssen identifiziert werden
<ul style="list-style-type: none"> <li>Abwärme muss <b>kostenlos</b> abgegeben werden</li> <li>Mindestgrad an Abwärmenutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung EHV (einmalig)</li> <li>Teil der Baueingabe</li> </ul>	Verpflichtende Vorgaben

Die Erstellung eines Energiekonzepts kann dazu führen, dass mögliche Abnehmer frühzeitig identifiziert werden können.

Ein Mindestgrad der Abwärmenutzung wird nicht empfohlen, da dies durch den Betreiber des Rechenzentrums nicht gesteuert werden kann. Falls dieser Mindestgrad zu hoch angesetzt wird, kann dies die Ansiedlung von neuen Rechenzentren verhindern, bzw. es können nur noch kleine Rechenzentren realisiert werden.

<sup>35</sup> WUE: water usage effectiveness

## 5.2.5 Energieplanung

Tabelle 24: Energieplanung

Mögliche Vorgaben	Mögliche Umsetzung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorausschauende Energieplanung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energierichtplan / Quartierpläne erstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seitens Gemeinde werden geeignete Gebiete für eine thermische Vernetzung ausgewiesen</li> <li>Anschlusspflicht an Wärmeverbund kann in Quartierplan aufgenommen werden und sollte jeweils geprüft werden</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgabe von geeigneten Standorten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anpassung des Baugesetz und Aufnahme von „Energiezonen“ o.ä.</li> <li>Ausweisung von „Energiezonen“ o.ä. durch die Gemeinden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seitens Gemeinde werden Standorte ausgewiesen an denen Ansiedlung von Rechenzentren oder anderen Abwärmequellen zulässig ist</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nachführung Energieplanung der Standortgemeinde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Spätestens bei Standortwahl den kommunalen Energierichtplan / Quartierplan nachführen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Anschlusspflicht an Wärmeverbund kann in Quartierplan aufgenommen werden und sollte jeweils geprüft werden</li> </ul>

In erster Priorität sollte die kommunale Energieplanung vorausschauend erfolgen und Gebiete mit hoher Energiedichte für eine potenzielle Vernetzung ausgewiesen werden. Zukünftig könnten vorausschauend «Energiezonen» ausgewiesen werden, welche die Standorte für Rechenzentren dahingehend einschränken, dass eine Platzierung nur möglich ist, falls die Abwärme lokal genutzt werden kann. Hierfür ist im Moment jedoch noch keine rechtliche Grundlage vorhanden<sup>36</sup>.

Im Minimum sollte die kommunale Energieplanung der betroffenen Gemeinden kontrolliert und allfällig nachgeführt werden, sobald ein Rechenzentrum bzw. allgemein ein Grossverbraucher sich dort ansiedelt. Beispielsweise können sich Möglichkeiten für eine Vernetzung ergeben.

Prinzipiell kann eine Anschlusspflicht in den Quartierplan aufgenommen werden. Ob dies gewünscht ist, sollte jeweils individuell geprüft und entschieden werden.

<sup>36</sup> Siehe Motion 2022/5 Energieplanung

## 5.2.6 Förderung optimierte Platzierung Rechenzentrum

Tabelle 25: Optimierte Platzierung Rechenzentrum

Mögliche Vorgaben	Mögliche Umsetzung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kanton / Stadt gibt Land / bestehende Infrastrukturgebäude für Rechenzentren im Baurecht (zu günstigeren Konditionen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Liste mit potenziellen Standorten bestimmen</li> <li>Flächen für Erstellung DC umzonen mit konkreten Vorgaben zur Abwärmenutzung</li> <li>Wirtschaftsförderung als Ansprechpartner / zentrale kantonale Anlaufstelle</li> </ul>	Es wird geeignetes Land bereitgestellt, um gezielt Rechenzentren anzusiedeln
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kanton übernimmt allfällige Mehrkosten durch zentrumsnäheren Standort</li> </ul>	Wirtschaftsförderung als Ansprechpartner / zentrale kantonale Anlaufstelle	Durch einen zentrumsnäheren Standort entstehen u.U. Mehrkosten. Diese werden durch den Kanton übernommen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Förderung abh. von Distanz zu thermischer Infrastruktur</li> </ul>	Wirtschaftsförderung als Ansprechpartner / zentrale kantonale Anlaufstelle	Anreiz für Platzierung nahe geeigneter Infrastruktur durch finanziellen Anreiz
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergütung der genutzten Abwärme (ab gewissem Grad an Abwärmenutzung)</li> </ul>	Wirtschaftsförderung als Ansprechpartner / zentrale kantonale Anlaufstelle	Anreiz für Platzierung nahe geeigneter Infrastruktur durch finanziellen Anreiz

Hierbei handelt es sich um eine Förderung des Erstellers des Rechenzentrums. Ziel ist es, eine gute Platzierung des Abwärmelieferanten zu erreichen, d.h. in der Nähe von möglichen Abwärmernutzern. Allfällige Mehrkosten werden durch den Kanton ausgeglichen.

Hierbei werden individuelle Lösungen nötig sein, entsprechend erscheint ein breites Förderprogramm nicht sinnvoll. Bei Bedarf sollten jedoch die rechtlichen Grundlagen geschaffen werden.

Für die Unterstützung bei der Standortsuche und bei einer allfälligen Bereitstellung von Land oder bestehender Infrastruktur durch den Kanton ist es wichtig, eine zentrale Anlaufstelle zu definieren. Diese Rolle könnte von der Wirtschaftsförderung übernommen werden.

## 5.2.7 Förderung Erstellung Wärmeverbände

Tabelle 26: Förderung Erstellung von Wärmeverbänden

Mögliche Vorgaben	Mögliche Umsetzung	Beschreibung
<ul style="list-style-type: none"> <li>Risikoübernahme (Wegfall Abwärmequelle) des Contractors durch Kanton bei Nutzung Abwärme eines RZ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Möglichkeit für Risikobürgerschaft etc. schaffen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allfällige Mehrkosten für Erstellung einer alternativen Energiequelle bei Wegfall RZ übernehmen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Förderung Erstellung Wärmeverbände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Förderprogramm beibehalten (Förderprogramm bereits vorhanden)</li> </ul>	

Diese Förderung richtet sich an die Abwärmernutzer bzw. die Ersteller und Betreiber eines Wärmeverbands.

Prinzipiell gibt es hierfür bereits Förderinstrumente, welche beibehalten werden sollten.

Zusätzlich wird empfohlen, Möglichkeiten für eine Risikoübernahme zu schaffen. Dies reduziert das Risiko und damit den Risikoaufschlag, welcher ansonsten einkalkuliert wird und dadurch möglicherweise die Machbarkeit gefährdet. Dabei sollte nicht das allgemeine unternehmerische Risiko

ausgelagert werden, sondern nur das spezifische Risiko, welches mit der Abwärmequelle verknüpft ist. Dies kann auf verschiedene Arten gelöst werden:

- **Finanzierung durch Kanton:** Kanton finanziert kritische Infrastruktur, z.B. Leitungen; Contractor zahlt Gebühr für Nutzung. Ein ähnliches Prinzip wird aktuell bei der Tiefengeothermie angewandt.
- **Risikoübernahme durch Kanton:** entfällt Abwärmequelle früher als erwartet, werden Kosten für zusätzliche Infrastruktur (alternative Energiequelle) oder für Buchverlust (Abschreibung) übernommen

Im ersten Fall muss seitens des Kantons zwingend Geld investiert werden.

Hierbei werden individuelle Lösungen nötig sein, entsprechend erscheint ein breites Förderprogramm nicht sinnvoll. Bei Bedarf sollten jedoch die rechtlichen Grundlagen geschaffen werden.

### 5.2.8 Vergleich mit aktuellen Anforderungen an Grossverbraucher

Rechenzentren ab einem Jahresstromverbrauch von 500 MWh/a unterliegen bereits heute den Anforderungen an Grossverbraucher (Art.42k BauG/ §30 EHV).

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht der aktuellen Anforderungen und der vorgeschlagenen Ergänzungen aufgeführt.

Tabelle 27: Vergleich aktuelle und vorgeschlagene Anforderungen

	Grossverbraucher (Art.42k BauG/ §30 EHV).	Vorschlag A+W
Energieeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine quantitativen Vorgaben</li> <li>• Die Energieeffizienz muss innerhalb zehn Jahren in der Regel um 15 Prozent gesteigert werden<sup>37</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgabe PUE-Wert oder Label</li> </ul>
Abwärmenutzung im Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> <li>• §20 EHV: „Abwärme im Gebäude (...) ist zu nutzen, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist“</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wie bisher</li> </ul>
Abwärmenutzung durch Dritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Vorgaben</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Technische Vorkehrungen für Abgabe müssen geschaffen werden</li> <li>• Abwärme muss (bei Bedarf) abgegeben werden</li> </ul>

<sup>37</sup> Weisung des Baudepartementes betreffend Umsetzung der Vorschriften über Energie-Grossverbraucher und Festlegung der Energieeffizienz-Zielsetzungen, Oktober 2016, <https://sh.ch/CMS/get/file/c042cb66-f4ea-4f94-888e-f4fcd9b1d033>

### 5.3 Prozess

In der folgenden Grafik ist der mögliche Prozess dargestellt. Die Förderung greift vor dem Standortentscheid. Die Vorgaben müssen mit der Baueingabe planerisch und nach Inbetriebnahme anhand von Messdaten oder Abrechnungen nachgewiesen werden.

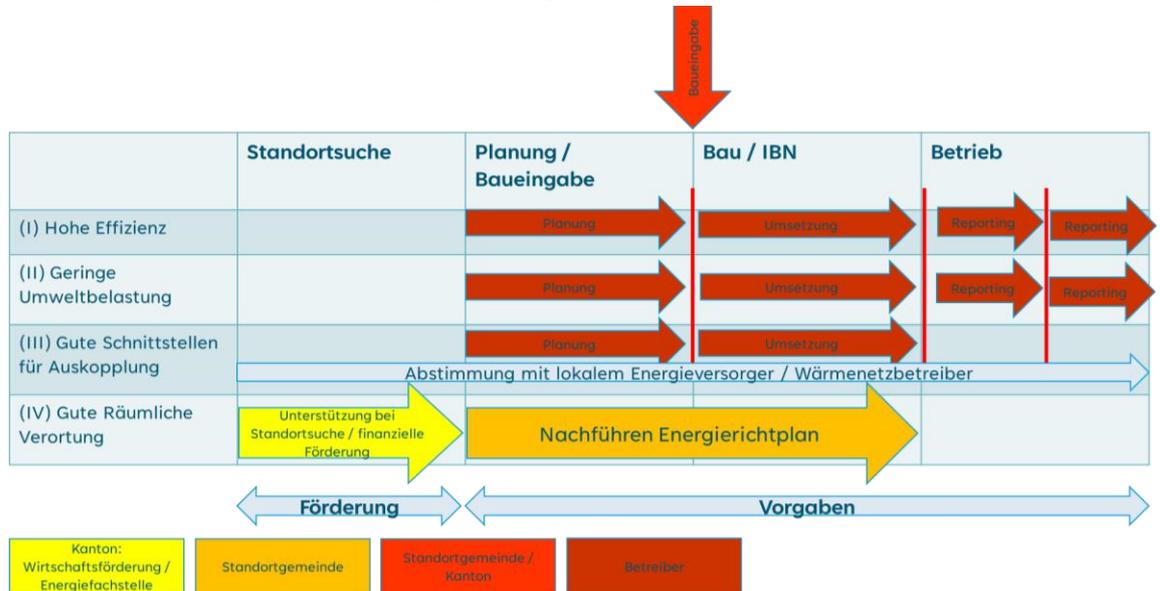


Abbildung 26: Darstellung Prozess

## 6 Zusammenfassung

### 6.1 Empfehlung

#### 6.1.1 Thermische Vernetzung

Das Energieangebot ist ausreichend, um alle Verbünde versorgen zu können. Entsprechend wird empfohlen alle Verbünde umzusetzen. Ein Konzept mit einer Niedertemperaturverteilung und dezentralen Energiezentralen bietet eine grössere Flexibilität und wird deshalb bevorzugt.

Das Leistungsangebot wird voraussichtlich nicht ausreichen, um alle Bedarfsspitzen abzudecken. Entsprechend sollte der Leistungsbedarf in der weiteren Planung vertieft und Massnahmen wie Lastmanagement oder thermische Speicher geprüft und definiert werden, welche es erlauben, Bedarfsspitzen zu verlagern und damit eine vollständige Abdeckung zu erreichen. Möglicherweise muss zusätzlich eine bivalente Energiequelle, z.B. Biogas, für den verbleibenden Spitzenbedarf eingesetzt werden.

Es wird empfohlen einen Partner (Contractor) zu finden, welcher diesen Verbund in eigener Verantwortung realisiert. Dabei kann es sich um ein Einzelunternehmen oder um ein Konsortium handeln. Diese Auswahl kann in Form einer Contractingausschreibung erfolgen. Den Lead für die Auswahl eines geeigneten Contractors sollte der Kanton SH übernehmen.

Das technische Konzept sollte im nächsten Schritt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie vertieft und die Kosten genauer bestimmt werden. Es wird empfohlen in der Machbarkeitsstudie den Variantenentscheid zu fällen.

#### 6.1.2 Elektrische Vernetzung

Die Erstellung einer Kraftwärmekopplungsanlage am Standort KBA Hard wird aktuell nicht empfohlen, da es dort zukünftig ein Abwärmeüberangebot geben wird.

Die Fläche der KBA Hard könnte für eine zukünftige Nutzung als «energy hub» bzw. für Kraftwärmekopplung (KWK) reserviert werden. Dabei gilt es die Entwicklung neuer Technologien zu beobachten.

Falls mittelfristig eine KWK-Anlage erstellt werden soll, wird empfohlen weitere Standorte im Kanton zu evaluieren, welche eine Abwärmenutzung der KWK-Anlage erlauben. Zusätzlich sollte das (über-)kantonale Holz-Potenzial evaluiert werden.

#### 6.1.3 Rechtliche Rahmenbedingungen

Aus übergeordneter umwelt- und energiepolitischer Sicht ergeben sich verschiedene Handlungsfelder: Einerseits soll der Bedarf an Strom und Wasser, sowie die daraus resultierenden Umweltbelastungen reduziert werden. Andererseits soll die Abwärme, welche unvermeidlich anfällt, genutzt werden. Hierfür müssen die nötigen Schnittstellen geschaffen und das Umfeld einbezogen werden. Diese Empfehlungen gelten nicht ausschliesslich für Rechenzentren, sondern könnten auch auf andere Grossverbraucher angewandt werden.

Der Anwendungsbereich könnte analog zum Grossverbrauchermodell gewählt werden, d.h. ab einem jährlichen Energiebedarf von 500 MWh/a. Für Anpassungen am Bestand müssten die Anforderungen teilweise modifiziert werden, insbesondere hinsichtlich des Energiebedarfs.

Es wird empfohlen bei zukünftigen Rechenzentren Vorgaben zur Energieeffizienz, zur Reduzierung der Umweltbelastung und zur Abwärmenutzung zu machen. Es wird empfohlen Vorgaben zu folgenden Punkten zu machen:

- Hohe Energieeffizienz: mittels Vorgabe eines PUE-Werts oder eines Labels
- Geringe Umweltbelastung: mittels Vorgabe zum Stromprodukt und Wassernutzung
- Gute Schnittstellen für die Abwärmeauskopplung: mittels Vorgaben zu den technischen Schnittstellen

Bezüglich der Abwärmenutzung ist eine Förderung anzustreben, indem Anreize für eine gute Platzierung der Rechenzentren geschaffen werden. Dies kann über eine Unterstützung bei der Standortfindung, über die Bereitstellung von geeigneten Standorten durch den Kanton oder über einen Ausgleich allfälliger Mehrkosten erfolgen. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ausweisung von Gebieten mit geeigneten Standorten, z.B. als «Energiezonen».

Ein geeigneter Standort ergibt sich durch die Nähe zu Gebieten mit einer hohen Energiedichte oder zu bestehenden oder geplanten Wärmeverbänden, so dass die Abwärme des Rechenzentrums genutzt werden kann.

Es wird empfohlen hierfür die Prozesse zu definieren und zu implementieren und die Grundlagen für eine allfällige Förderung zu schaffen.

Die Erstellung von Wärmeverbänden sollte weiterhin gefördert werden. Zusätzlich sollte es ermöglicht werden, die Risiken einer Abwärmenutzung zu reduzieren, indem Kostenrisiken durch den Kanton übernommen werden. Es wird empfohlen hierfür die Grundlagen zu schaffen.

## 6.2 Weiteres Vorgehen

### 6.2.1 Thermische Vernetzung

Bezüglich der Umsetzung des Energieverbunds sollte in einem ersten Schritt geklärt werden, wer diese Umsetzung verantwortet.

**Tabelle 28: nächste Schritte – Klärung Verantwortlichkeit Umsetzung Energieverbund**

Was		Verantwortlich (Vorschlag)	Wann
Kommunikation	Information Stakeholder und pot. Energiebezüger über nächste Schritte / Ansprechperson	Energiefachstelle	Dez 2022 / Jan 2023
Kommunikation / Technik	Abstimmung mit Stack Infrastructure: Planungstermine, Ausbaupläne, Ausarbeitung techn. Schnittstelle; Abschluss LOI	Energiefachstelle und Wirtschaftsförderung	Anfang 2023 Anschliessend regelmässige Abstimmung.
Contractor Auswahl	Grundsatzentscheide: <ul style="list-style-type: none"> <li>Vorgehen Realisierung: Eigenverantwortung oder durch Dritten (Contractor)</li> <li>Wann soll Contractor Lead übernehmen?</li> </ul>	Kanton SH (Lead)	Winter 2022 / 2023
Contractor Auswahl	Verhandlung mit pot. Contractoren, allfälligen Finanzierungsbeitrag / Risikoübernahme Kanton klären	Kanton SH (Lead) Mögl. Contractor	2022/2023 (parallel zur MBS)
Schnittstellen	Vertrag Abwärmelieferung Stack Infrastructure Verträge mit Betreibern der Wärmenetze in Schaffhausen, Neuhausen, Beringen	Contractor	2024+

Die technische Ausarbeitung hängt von den Verantwortlichkeiten ab. Idealerweise wird zuerst der Contractor bestimmt, damit dieser für die technische Ausarbeitung die Verantwortung übernehmen kann.

**Tabelle 29: nächste Schritte – technische Ausarbeitung**

Was		Verantwortlich (Vorschlag)	Wann
Technik / Planung	Machbarkeitsstudie techn. Ausgestaltung Energieverbund	Kanton SH (Beauftragung / Finanzierung) ODER Contractor Planungsbüro (Ausarbeitung) Mögl. Contractor (Begleitgruppe)	2022/2023
Technik / Planung	QS Schnittstelle Abwärmeauskopplung Stack	Kanton SH ODER Contractor (Finanzierung) Planungsbüro (Durchführung)	Abh. von Zeitplan Stack Infrastructure
Technik / Planung	Projektierung Energieverbund	Contractor (Lead) Planungsbüro (Ausarbeitung) Stakeholder (Begleitgruppe)	2024+

### 6.2.2 Rahmenbedingungen und Förderung

Bezüglich der Rahmenbedingungen sollte zuerst entschieden werden, ob und ggf. was gefordert und gefördert werden soll.

**Tabelle 30: nächste Schritte – Rahmenbedingung und Förderung**

Was		Verantwortlich (Vorschlag)	Wann
Rechtliche Grundlagen	Entscheid über Anpassung EHV fällen	tbd	Herbst 2022
Rechtliche Grundlagen	Vorschlag Anpassung Energiehaushaltverordnung (Verordnungstext) erarbeiten und rechtlich prüfen	tbd	Herbst/Winter 2022
Rechtliche Grundlagen	Änderung EHV	tbd	1.4.2023
Förderung / Fördermittel	Grundsatzentscheid: was soll gefördert werden	tbd	
Förderung / Fördermittel	Prozess Standortfindung mit Wirtschaftsförderung definieren	Energiefachstelle und Wirtschaftsförderung	Herbst/Winter 2022

## 7 Anhang

### 7.1 Verzeichnisse

#### Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lageplan des Rechenzentrums (Quelle: map.geo.sh.ch; Markierung: A+W) .....	8
Abbildung 2: Visualisierung Rechenzentrum Beringen (Quelle: Schmidli Architekten + Partner) .....	8
Abbildung 3: Darstellung zentrales und dezentrales System der Wärmeaufbereitung und -verteilung .....	10
Abbildung 4: Übersicht bestehende Wärmeverbünde in Beringen und Neuhausen (blau durchgezogen) und Potenzialgebiete auf dem Stadtgebiet Schaffhausen (blau gestrichelt) .....	11
Abbildung 5: Wärmeverbünde der Stadt Schaffhausen (Auszug Geoportal Kt. SH) .....	12
Abbildung 6: Wärmebedarfsdichte Gemeinde Beringen .....	14
Abbildung 7: Übersicht Varianten thermische Verbünde .....	15
Abbildung 8: Energie- und Leistungsbedarf Varianten, inkl. AW, exkl. GZF .....	16
Abbildung 9: Variante 1 im Industriegebiet (gestrichelt: Option Ost; blaue Markierung: Als Potenzial berücksichtigte Parzelle) .....	16
Abbildung 10: Variante 2: Wärmeverbund Holzenergie Beringen GmbH .....	17
Abbildung 11: Variante 3: Schaffhauserstrasse .....	19
Abbildung 12: Vorgesehene Wärmeverbünde der Stadt Schaffhausen (Karte Auszug Geoportal Kt. SH) .....	20
Abbildung 13: Kanton- und Nationalstrassen zwischen Beringen und Schaffhausen (Quelle: map.geo.sh.ch) .....	22
Abbildung 14: Betrachtete Leitungsführungen .....	22
Abbildung 15: Vergleich Bedarf und Angebot Quellenleistung .....	24
Abbildung 16: Vergleich Bedarf und Angebot Quellenenergie (Jahresbilanz) .....	24
Abbildung 17: Möglicher Ausbaupfad .....	25
Abbildung 18: CO <sub>2</sub> -Absorptionsanlage von Climeworks in Island (Quelle: <a href="https://climeworks.com/co2-removal">https://climeworks.com/co2-removal</a> ) .....	27
Abbildung 19: Option Niedertemperatur mit lokalen Energiezentralen .....	28
Abbildung 20: Option Niedertemperatur mit lokalen Energiezentralen, Rückfalloptionen .....	29
Abbildung 21: Option Fernwärmenetz kombiniert mit zentraler Wärmeerzeugung .....	29
Abbildung 22: Option Fernwärmenetz kombiniert mit zentraler Wärmeerzeugung, Rückfalloption 1 .....	30
Abbildung 23: Option Fernwärmenetz kombiniert mit zentraler Wärmeerzeugung, Rückfalloption 2 .....	30
Abbildung 24: Konzept Holzvergasungsanlage (Quelle: <a href="http://www.bmdw.gv.at">www.bmdw.gv.at</a> ) .....	34
Abbildung 25: Grossverbraucher, Kanton SH .....	37
Abbildung 26: Darstellung Prozess .....	45
Abbildung 27: Übersicht potenzielle Standorte einer Energiezentrale im Industriegebiet .....	54
Abbildung 28: Übersicht Perimeter Variante 1a Industriegebiet klein .....	55
Abbildung 29: Betroffene Strassen im Industriegebiet .....	57
Abbildung 30: Betroffene Strassen in Beringen .....	57
Abbildung 31: Übersicht SDEA-Label (Factsheet KPI Definition, SDEA, 2022) .....	59

#### Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Arbeitspakete der Machbarkeitsstudie .....	7
Tabelle 2: Kenngrössen RZ Beringen .....	9
Tabelle 3: Kennzahlen Wirtschaftlichkeit Fernwärmenetz .....	10
Tabelle 4: Eigenschaften des zentralen und dezentralen Systems .....	11
Tabelle 5: Steckbrief WV Holzenergie Beringen GmbH .....	12
Tabelle 6: Steckbrief WV Schulareal Zimmerberg .....	13
Tabelle 7: Steckbrief WV Guntmadingen .....	13
Tabelle 8: Steckbrief Energieverbund Neuhausen .....	13
Tabelle 9: Kennzahlen Variante 1 Industriegebiet .....	17

Tabelle 10: Kennzahlen Variante 2 WV Holzenergie Beringen GmbH .....	18
Tabelle 11: Kennzahlen Variante 3 Schaffhauserstrasse .....	19
Tabelle 12: Kennzahlen Variante 4 .....	21
Tabelle 13: Übersicht Leitungsführung, Investitionen und Energiegestehungskosten (+/- 30%, exkl. MwSt., inkl. Unvorhergesehenes und Planungshonorar).....	23
Tabelle 14: Mögliche Nutzungen.....	26
Tabelle 15: Bewertung der Variante .....	26
Tabelle 16: Technischer Vergleich Varianten .....	31
Tabelle 17: Bewertung Varianten .....	32
Tabelle 18: Betrachtete Varianten.....	33
Tabelle 19: Bewertung Variante Holzvergasungsanlage .....	35
Tabelle 20: Übersicht PUE-Werte .....	38
Tabelle 21: Vorgaben für Zielerreichung hohe Effizienz .....	40
Tabelle 22: Vorgaben für geringe Umweltbelastung .....	40
Tabelle 23: Gute Schnittstelle für Auskopplung .....	41
Tabelle 24: Energieplanung .....	42
Tabelle 25: Optimierte Platzierung Rechenzentrum .....	43
Tabelle 26: Förderung Erstellung von Wärmeverbänden .....	43
Tabelle 27: Vergleich aktuelle und vorgeschlagene Anforderungen.....	44
Tabelle 28: nächste Schritte – Klärung Verantwortlichkeit Umsetzung Energieverbund.....	47
Tabelle 29: nächste Schritte – technische Ausarbeitung.....	48
Tabelle 30: nächste Schritte – Rahmenbedingung und Förderung .....	48
Tabelle 31: Grundlagendokumente .....	51
Tabelle 32: Berechnungsfaktoren .....	53
Tabelle 33: Leistungsbedarf Varianten .....	53
Tabelle 34: Energiebedarf Varianten .....	54
Tabelle 35: Abschätzung Wärmebedarf der Variante 1a .....	55
Tabelle 36: Strassenbauprojekte im Industriegebiet .....	57
Tabelle 37: Strassenbauprojekte in Beringen .....	57
Tabelle 38: Übersicht Abstufungen SDEA-Label .....	58

### Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung	Einheit
ACT	Cleantech Agentur Schweiz	-
AWN	Abwärmennutzung	-
BV	Bundesverfassung	-
EHV	Energiehaushaltverordnung	-
EnAW	Energie-Agentur der Wirtschaft	-
EVNH	Energieverbund Neuhausen	-
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung	-
PUE	power usage effectiveness	-
RZ / DC	Rechenzentrum / Data center	-
SDEA	Swiss Datacenter Efficiency Association	-
Tm	Trassenmeter	m
WKK	Wärme-Kraft-Kopplung	-
WUE	water usage effectiveness	-

## Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Visum	Beschrieb
1.0	20.09.2022	MAST	Vorabzug
1.1	19.10.2022	MAST	Vernehmlassung
1.2	07.11.2022	MAST	Vernehmlassung Begleit- und Steuerungsgruppe
1.3	30.11.2022	MAST	Finale Version (keine Änderungen gegenüber V1.2)
1.4	13.12.2022	STRZ	Finale Version (Anpassung einer Bezeichnung)

## 7.2 Grundlagendokumente

### 7.2.1 Grundlagendokumente Wärme

Tabelle 31: Grundlagendokumente

Titel	Verfasser	Stand
Planungshandbuch Fernwärme	Arbeitsgemeinschaft QM Fernwärme	Mai 2021 (v1.3)
Machbarkeitsstudie Ersatzneubau Hallenbad, Energiekonzept	BBP Ingenieurbüro AG	2021

### 7.2.2 Grundlagendokumente Rechtliche Rahmenbedingungen

- [1] Liste Schweizer Rechenzentren, [www.computerworld.ch](http://www.computerworld.ch), vgl. [Link](#)
- [2] Marktübersicht Schweizer Rechenzentren 2022, [www.netzwoche.ch](http://www.netzwoche.ch), vgl. [Link](#)
- [3] Liste Schweizer Rechenzentren, [www.onlinepc.ch](http://www.onlinepc.ch), vgl. [Link](#)
- [4] Rechenzentren Schweiz - Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, EnergieSchweiz, April 2021
- [5] Rechenzentren in der Schweiz - Bau- und Ausbaupläne, EnergieSchweiz, Februar 2021
- [6] Stromverbrauch der Rechenzentren in der Schweiz steigt weiter an, BFE, April 2021
- [7] SIA-Norm und Effizienz-Label für Rechenzentren und Serverräume, Interpellation 21.3534, Mai 2021
- [8] Wie die Empa Abwärme von Rechenzentren nutzt, [www.netzwoche.ch](http://www.netzwoche.ch), März 2022, vgl. [Link](#)
- [9] NEST-Rechenzentrum hilft beim Heizen, Wirtschaftsraum Zürich, März 2022
- [10] Ganzheitlicher Ansatz, [www.tuvit.de](http://www.tuvit.de), vgl. [Link](#)
- [11] Zertifizierung Rechenzentren, TÜV Whitepaper, August 2020
- [12] DIN EN 50600 4.2 - Kennzahl zur eingesetzten Energie
- [13] Effiziente Energieversorgung Rechenzentren, Amstein + Walthert, Unikurs 2008
- [14] SIA 386-110 Energieeffizienz von Gebäuden
- [15] Mind Map Starkstromanlagen, Electrosuisse, April 2017
- [16] Datacenter-Engineering, Broschüre Amstein + Walthert, Dezember 2019
- [17] Rechenzentren in der Schweiz - Energieeffizienz Stromverbrauch und Effizienzpotenzial, IWSB, August 2014
- [18] Neuer Standard für Rechenzentren, TÜV, August 2021

- [19] EC - Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centers, vgl. [Link](#)
- [20] Best Practice Data Center Energy Efficiency, JRC, 2022
- [21] Best Practices for Datacom Facility Energy Efficiency, ASHRAE, 2009
- [22] Richtlinie Gebäudetechnik - Rechenzentren, Kanton Zürich, 26. März 2018
- [23] Umsetzung Energieplanung, EnergieSchweiz für Gemeinden, Januar 2017
- [24] Energiegesetz - Änderungen Inkraftsetzung 2022, Kanton Zürich, 19. April 2021
- [25] MuKE n 2014, EnDK, 9. Januar 2015
- [26] Rechte und Pflichten bei der Wärmeversorgung im Verbund, Modul B, Planar AG, Februar 2016
- [27] Mit Abwärme von Rechenzentren Heizen, Haustech 8/2019.
- [28] Förderbeiträge für 8222 Beringen, [www.energiefranken.ch](http://www.energiefranken.ch), vgl. [Link](#)
- [29] Gesetzliche Vorschriften für Grossverbraucher, Energiefachstelle Kanton Schaffhausen, 14. Januar 2019
- [30] Weisung des Baudepartementes betreffend Umsetzung der Vorschriften über Energie-Grossverbraucher und Festlegung der Energieeffizienz-Zielsetzungen, Baudepartement Kanton Schaffhausen, 1. Oktober 2016
- [31] Richtplan, Kanton Schaffhausen, September 2021
- [32] Abwärmenutzung im Rechenzentrum, NeRZ, 2019
- [33] Interpellation Ausarbeitung Energierichtplan Beringen, Bernhard Oettli, 10. Dezember 2018
- [34] Integrating data centers in the modern sustainable city, Erik Rylander, 10. October 2018
- [35] Data centres in Switzerland, ewz, März 2022
- [36] Energiestrategie und Energieplanung 2022, Kanton Zürich, Sommer 2022
- [37] Richtlinie Gebäudetechnik Rechenzentren, Kanton Zürich, 26. März 2018
- [38] Stromverbrauch von Rechenzentren, Tagesanzeiger, 29. März 2021
- [39] Nachhaltige Rechenzentren, Informatik aktuell, November 2021
- [40] Handlungsempfehlungen für digitale Infrastrukturen, Umweltbundesamt, 7. September 2020
- [41] 772.110 Verordnung zum Energiegesetz, 29. August 2017
- [42] SIA 2040 - Effizienzpfad Energie, SIA, Mai 2017
- [43] Weisung des Baudepartementes betreffend Umsetzung der Vorschriften über Energie-Grossverbraucher und Festlegung der Energieeffizienz-Zielsetzungen, 1. Oktober 2016 <https://sh.ch/CMS/get/file/c042cb66-f4ea-4f94-888e-f4fcd9b1d033>
- [44] Effizienz von Google-Rechenzentren, Oktober 2022, vgl. [Link](#)
- [45] Deshalb misst das SDEA Label mehr als nur den PUE-Wert von Rechenzentren, Netzwoche, 16.02.2022, <https://www.netzwoche.ch/news/2022-02-16/deshalb-misst-das-sdea-label-mehr-als-nur-den-pue-wert-von-rechenzentren>

## 7.3 Grundlagen Thermische Vernetzung

### 7.3.1 Energie- / Leistungsbedarf

Tabelle 32: Berechnungsfaktoren

Bezeichnung	Wert	Einheit
Heizwert Heizöl	42.9	MJ/kg
Dichte Heizöl	0.84	kg/l
Heizwert Erdgas	36.3	MJ/m <sup>3</sup>
MJ -> kWh	0.28	
Wirkungsgrad Gas- / Ölkessel	80%	
AW Industriegebiet	80%	
AW Schaffhauserstrasse	70%	
AW Schaffhausen	70%	
GZF Industriegebiet	100%	
GZF Schaffhauserstrasse / Holzenergie Beringen GmbH	90%	
GZF Schaffhausen / Neuhausen	75%	
VLH Industriegebiet	1100	h
VLH Mischnutzung	2000	h
Faktor Leistung -> Energie Holzenergie Beringen GmbH	1750	
COP Wärmepumpe	4.5	
CO <sub>2</sub> Belastung Heizöl	0.301	kgCO <sub>2</sub> /kWh
CO <sub>2</sub> Belastung Erdgas	0.228	kgCO <sub>2</sub> /kWh
CO <sub>2</sub> Belastung Strom (CH Verbrauchermix)	0.102	kgCO <sub>2</sub> /kWh
CO <sub>2</sub> Belastung Abwärme	0.000	kgCO <sub>2</sub> /kWh

Tabelle 33: Leistungsbedarf Varianten

	V1: Industriegebiet <sup>38</sup>	V2: Holzenergie Beringen	V3: Schaffhauserstrasse	V4: Schaffhausen / KSS / Neuhausen	Total
Bedarf gesamt	2'000 kW		1'700 kW		
- Inkl. AW	1'600 kW	900 – 2'200 kW	1'200 kW	13'500 kW	
<b>Bedarf Erzeugung inkl. GZF</b>	<b>1'600 kW</b>	<b>800 – 2'000 kW</b>	<b>1'000 kW</b>	<b>10'100 kW</b>	<b>13'500 – 14'700 kW</b>
- Anteil Quelle (Abwärme)	1'250 kW	620 – 1'560 kW	800 kW	7'900 kW	10'570 – 11'510 kW
- Anteil Strom	350 kW	180 – 440 kW	200 kW	2'200 kW	2'930 – 3'190 kW

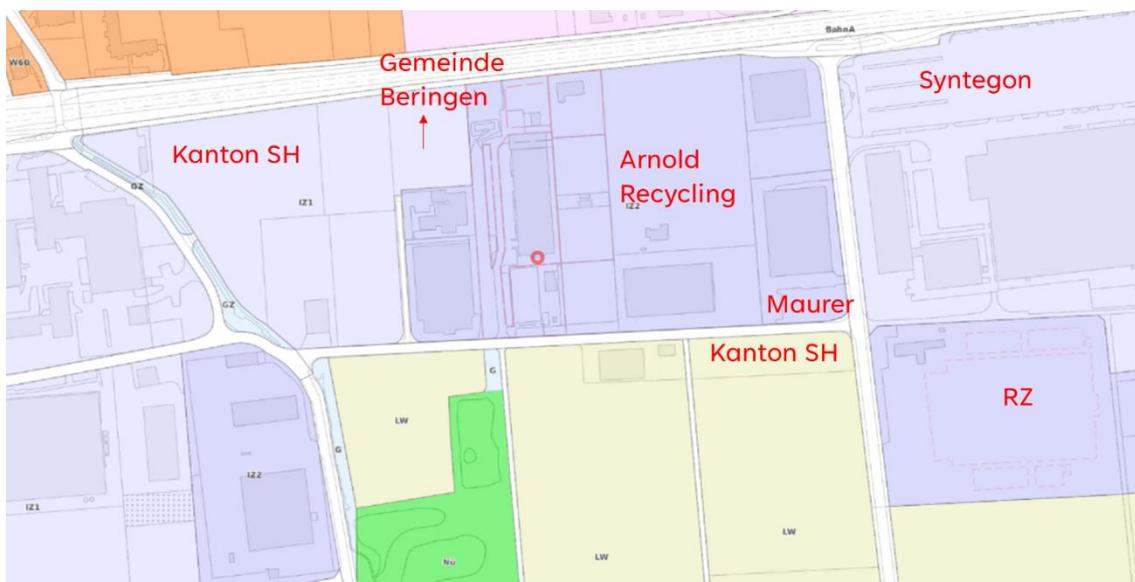
<sup>38</sup> Inkl. Option Ost

**Tabelle 34: Energiebedarf Varianten**

	<b>V1: Industriegebiet<sup>39</sup></b>	<b>V2: Holzenergie Beringen</b>	<b>V3: Schaffhauserstrasse</b>	<b>V4: Schaffhausen / KSS / Neuhausen</b>	<b>Total</b>
Bedarf gesamt	2'200 MWh/a		3'300 MWh/a		
<b>Bedarf inkl. AW</b>	<b>1'800 MWh/a</b>	1'400 – 3'500 MWh/a	2'300 MWh/a	25'500 MWh/a	<b>31'000 – 33'100 MWh/a</b>
- Anteil Quelle (Abwärme)	1'400 MWh/a	1'100 – 2'700 MWh/a	1'800 MWh/a	19'800 MWh/a	24'100 – 25'800 MWh/a
- Anteil Strom	400 MWh/a	300 – 800 MWh/a	500 MWh/a	5'700 MWh/a	6'900 – 7'300 MWh/a

### 7.3.2 Potenzielle Standorte Energiezentrale

In der untenstehenden Abbildung sind Grundstücke im Industriegebiet markiert, bei welchen gegebenenfalls Platz (ober- oder unterirdisch) für eine Energiezentrale vorhanden sein könnte. Bei der Parzelle des Kantons SH in der gelben Fläche ist zu beachten, dass sich diese in der Landwirtschaftszone befindet. Es wurden noch keine weiteren Abklärungen vorgenommen.


**Abbildung 27: Übersicht potenzielle Standorte einer Energiezentrale im Industriegebiet**

<sup>39</sup> Inkl. Option Ost

### 7.3.3 Nicht weiter verfolgte Varianten

Die nachstehend aufgeführten Varianten wurden im Verlaufe der Projektbearbeitung nicht weiterverfolgt:

#### Variante 1a Industriegebiet klein

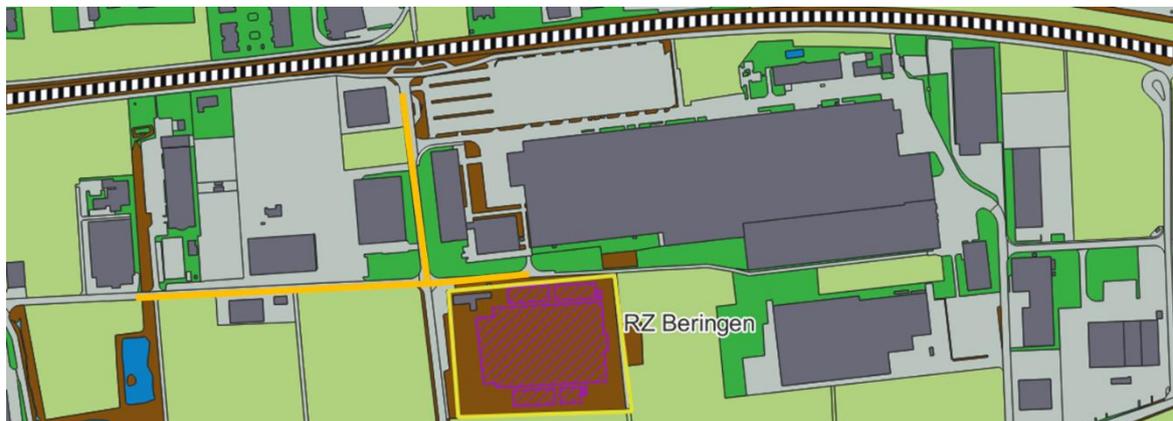


Abbildung 28: Übersicht Perimeter Variante 1a Industriegebiet klein

Der kleine Perimeter im Industriegebiet umfasst nur die näherliegenden Gebäude zum geplanten Standort des Rechenzentrums. Die Potenzialbetrachtung ist auf Gebäude mit fossiler Energieversorgung beschränkt, wobei das Interesse der betreffenden Unternehmen nicht berücksichtigt ist<sup>40</sup>. Im Bereich östlich des Rechenzentrums ist wenig fossiler Energiebedarf vorhanden, weshalb sich das Potenzial auf die in obenstehender Abbildung orange eingezeichnete Linienführung beschränkt.

Diese Variante wurde verworfen, da der potenzielle Wärmebedarf aufgrund von bereits erneuerbarer Energieversorgung stark reduziert ist und im weiteren Industriegebiet mehr Potenzial vorhanden ist.

Tabelle 35: Abschätzung Wärmebedarf der Variante 1a

	Variante 1a
Wärmebedarf fossil <sup>41</sup> [MWh/a]	800
Leitungslänge [Tm]	500
Anschlussdichte [MWh/(a*Tm)]	1.6

<sup>40</sup> Diese Information wurde erst im späteren Verlauf des Projekts eingeholt.

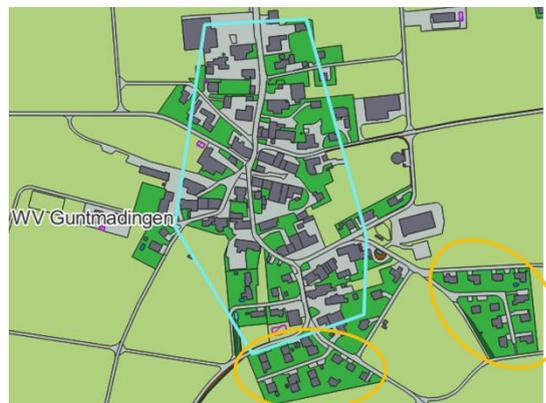
<sup>41</sup> Quelle: map.geo.sh.ch, Wärmebedarf fossil/elektrisch

### WV Guntmadingen GmbH

Der Verbund wurde im Jahr 2021 in Betrieb genommen und befindet sich in der Fertigstellung der ersten Etappe, bei welcher eine installierte Leistung von 250 kW Holzfeuerung zur Verfügung steht.

Das Leitungsnetz des WV Guntmadingen ist auf eine Leistung von 500 kW ausgelegt und soll im Endausbau den durch den Wärmeverbund erschliessbaren Teil des Dorfes mit Wärme versorgen können. Das Potenzial für eine weitere Wärmequelle beträgt somit 250 kW.

- Distanz bis zum Rechenzentrum: 2.6 Tkm
- Anschlussdichte: ca. 0.1 kW/Tm



Noch nicht erschlossene  
Neubaugebiete

#### Bewertung:

Das Dorf Guntmadingen und somit auch der Wärmeverbund liegen deutlich ausserhalb des Gemeindezentrums von Beringen. Zudem ist Guntmadingen ein kleines Dorf ohne grosse Verbraucher. Die Distanz zwischen den Wärmeverbrauchern in Guntmadingen und der Wärmequelle im Industriegebiet ist damit zu gross für eine wirtschaftliche Erschliessung.

### WV Schulareal Zimmerberg

Der Wärmeverbund besteht seit 9 Jahren und versorgt das Schulareal mit mehreren Schulhäusern, Turnhallen und Kindergarten über 2x 200kW Holzfeuerungen mit Raumwärme und Brauchwarmwasser. Im Sommer wird das Brauchwarmwasser über eine elektrische Heizung aufbereitet, welche über eine eigene PV-Anlage mit Strom versorgt wird.

Nach einigen Sanierungs- und Ausbauprojekten in den letzten Jahren ist nun innerhalb des Areals aus Platzgründen kein weiterer Ausbau möglich. Eine Erweiterung des Versorgungssperimeters auf umliegende Gebäude ist nicht vorgesehen.

#### Bewertung:

Da kein weiterer Ausbau vorgesehen ist, gibt es kein Potenzial für zusätzlichen Wärmeabsatz resp. -bedarf. Mit dem Holz aus dem Gemeindewald hat der Verbund zudem einen sicheren Energieträger.

### 7.3.4 Synergien Strassenbauprojekte

Für die Betrachtung von Synergien zwischen dem potenziellen Bau von Wärmeleitungen und geplanten Arbeiten an den betroffenen Strassen sind im Folgenden die geplanten Strassenbauprojekte der untersuchten Gebiete in Beringen aufgeführt.

**Tabelle 36: Strassenbauprojekte im Industriegebiet**

Bez	Strassenname	Geplante Ausführung
1	Anthoptstrasse	2022
2	Grafensteinweg	2037
3	Hardmorgenweg	2030
4	Industriestrasse	2023
5	Neuwiesenstrasse	(nicht in Liste)
6	Wiesengasse	tw. 2029, tw. 2040


**Abbildung 29: Betroffene Strassen im Industriegebiet**
**Tabelle 37: Strassenbauprojekte in Beringen**

Bez	Strassenname	Geplante Ausführung
6	Wiesengasse	tw. 2029, tw. 2040
7	Zelgstrasse	2024
8	Bahnhofstrasse	2024
9	Schaffhauerstrasse	2024 – 2027*


**Abbildung 30: Betroffene Strassen in Beringen**

## 7.4 Grundlagen Rahmenbedingungen

### 7.4.1 Normen

SIA 2040 Effizienzpfad Energie, inkl. Prozessanlagen

SIA 386-110 (resp. EN 15232) Energieeffizienz von Gebäuden. Vgl. [14].

Erst in Arbeit befindet sich eine SIA-Norm für Rechenzentren und Serverräume gemäss Interpellation 21.3534 (vgl. [7]).

DIN EN 50600 Einrichtungen und Infrastrukturen von Rechenzentren. Teil 4-2: Kennzahl zur eingesetzten Energie (vgl. [12]).

EC:

- Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres. Vgl. [19].
- JRC Best Practice Data Center Energy Efficiency. Vgl. [20].

TÜV: Neuer Kriterienkatalog TSE-Standard (Trusted Site Energy Efficiency). Vgl. [18].

### 7.4.2 Labels und Zertifikate

Folgende Labels und Zertifikate beziehen sich speziell auf Rechenzentren:

- SDEA (Swiss Datacenter Efficiency Association): Effizienzlabel für Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Footprint von Rechenzentren (vgl. [www.sdea.ch](http://www.sdea.ch))
- TCO-Certified-Label für Komponenten von Rechenzentren (Server, Speicher und Netzwerkkomponenten)

Erst in Arbeit befinden sich

- das SDIA-Label und Kriterien für nachhaltige Cloud Infrastruktur (vgl. <https://sdialliance.org/>), jedoch ohne Berücksichtigung einer Abwärmenutzung durch Dritte,
- ein Effizienz-Label für Rechenzentren und Serverräume gemäss Interpellation 21.3534 (vgl. [7]).

#### SDEA-Label

Das SDEA Label kann grundsätzlich in drei Stufen erreicht werden, wobei es jeweils noch eine Plus-Variante gibt. Aufgrund der Anforderungen kann nicht jede Stufe nicht mit jeder Art von Rechenzentrum erreicht werden [44].

**Tabelle 38: Übersicht Abstufungen SDEA-Label**

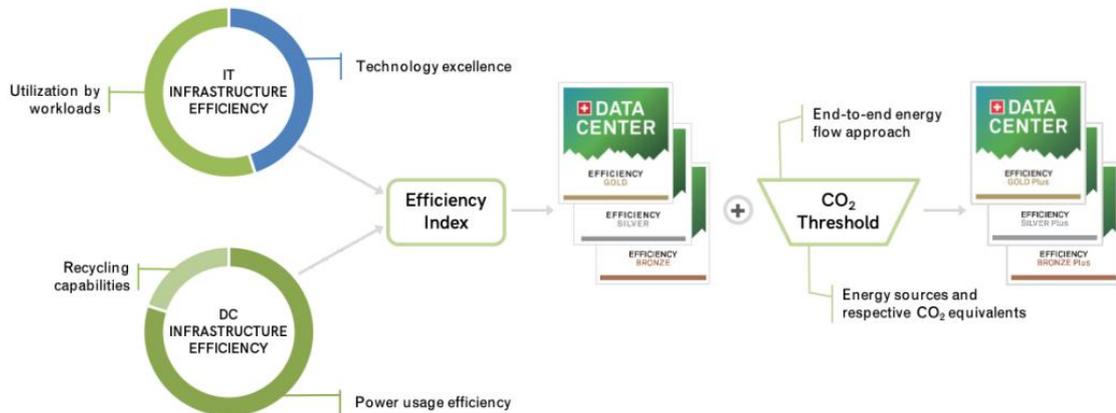
SDEA Label	Anwendungsfall
Bronze (Plus)	Bestand: bereits gute Energieeffizienz im Gebäudebereich und in der IT-Infrastruktur
Silber (Plus)	Optimierter Bestand; Neubau
Gold (Plus)	Neubau: Top-PUE-Wert und eine maximale durchschnittliche Auslastung der IT-Systeme.

Für das Grundlabel werden dabei die Bereiche IT Infrastruktur und DC (Data Center) Infrastruktur hinsichtlich ihrer Effizienz beurteilt.

Der IT Infrastruktur Effizienz Index setzt sich aus Server, «Shared Storage», Netzwerk und «Rack» zusammen.

Bei der DC Infrastruktur wird die Effizienz der Energieverbraucher des Rechenzentrums ausserhalb der IT Infrastruktur beurteilt (analog zum PUE-Wert). Im Rahmen der «Recycling Capabilities» wird dabei zusätzlich aber auch z.B. die Verwendung der Abwärme berücksichtigt.

Zur Erreichung der Plus-Variante müssen zusätzlich noch Kriterien bezüglich des CO<sub>2</sub>-Fussabdrucks erreicht werden (vgl. untenstehende Abbildung).



© Copyright 2022 SDEA

Abbildung 31: Übersicht SDEA-Label (Factsheet KPI Definition, SDEA, 2022)

Das Label kann sowohl für das gesamte Rechenzentrum (IT und DC Infrastruktur) beantragt werden wie auch nur für die DC Infrastruktur, falls der Besitzer des RZ nur diese bereitstellt. In diesem Fall werden für die IT Infrastruktur Standardwerte verwendet.

Nach Erhalt des Labels ist dieses 3 Jahre gültig, anschliessend erfolgt eine Neubeurteilung<sup>42</sup>.

### 7.4.3 Unterstützung und Förderung

Die Übersicht Energiefranken (vgl. [28]) zeigt diverse Förderbeiträge für Beringen auf, wie z.B. für

- Wärmenetzprojekte (Kt. SH)
- Erneuerbare Wärmeverbände und Wärmeverbände mit Abwärme (KliK). Vgl. <https://www.waermeverbuende.klik.ch/home> resp. [27].
- Energieeffizienz in Rechenzentren und Serverräumen (ProKilowatt). Vgl. PUEA+ und [6].
- Abwärmenutzung (InfraWatt)
- Energieeffizienz in Unternehmen (Kt. SH)
- PV-Anlagen (Pronovo)

Der Bund unterstützt Kantone und Gemeinden, z.B. bei (vgl. [7])

- freiwilligen Ansätzen, wie z.B. dem Effizienzlabel der Swiss Datacenter Efficiency Association SDEA für Energieeffizienz und CO<sub>2</sub>-Footprint,
- der Erteilung von Baubewilligungen oder bei der Umsetzung des Grossverbraucherartikels.

Im Rahmen der Programme EnergieSchweiz und Vorbild Energie und Klima erarbeitet das BFE auf der Basis von Best Practices Empfehlungen für Effizienzmassnahmen und stellt diese interessierten Gemeinden zur Verfügung (vgl. [7]).

Die grossen Rechenzentren können mit dem Bund freiwillige Zielvereinbarungen im Energiebereich abschliessen, damit ihnen der Netzzuschlag rückerstattet wird (vgl. [7]).

<sup>42</sup> Factsheet FAQ, SDEA, 2022

## 7.4.4 Vergleich mit anderen Standorten

### 7.4.4.1 Kanton und Stadt Zürich

Im Kanton Zürich ist "das lokale Potenzial an Umweltwärme und Abwärme (z.B. von Rechenzentren) konsequent und mit erster Priorität zu nutzen." Vgl. [36], Energiestrategie und Energieplanung 2022, S.14.

Die Richtlinie "Gebäudetechnik Rechenzentren" des Kantons Zürich fordert in Kap. 7. Energieeffizienz (vgl. [37], nur für vom Kanton genutzte Rechenzentren):

- "Eine Einbindung der Abwärme in die Wärmebedarfsdeckung ist in jedem Fall zu prüfen und sofern sinnvoll, umzusetzen."
- "Ein optimiertes Kühlungskonzept soll den Energieaufwand für die Kühlung minimal halten. Die Energieeffizienz hat einen PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) kleiner oder gleich als 1.3 aufzuweisen."

Daneben wurden die Erfahrungen des Kantons (AWEL) und der Stadt (Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich UGZ) abgefragt. Dabei bestätigten sich die bereits vorgängig dokumentierten, wesentlichen Erkenntnisse, insbesondere die Wichtigkeit der frühzeitigen Kommunikation und Planung sowie der Standortwahl.

### 7.4.4.2 Schweden

Rechenzentren in Schweden werden z.T. sektoral zusammengeschlossen, um grossflächig Wohnungen zu beheizen. D.h. die Planung der Rechenzentren und deren Abwärmenutzung werden von Anfang an konzeptionell entsprechend vorgesehen.

Beispiel Stockholm Data Parks (Rechenzentrum in Stockholm):

- Sieht Rechenzentren als Energiequellen für städtische Infrastrukturen
- Beheizt 10.000 Wohnungen

### 7.4.4.3 Beispiel USA

In den USA erfolgt der Ansatz oft über Benchmarks (State-of-the-art), z.B.

- "The Green Grid" → nachhaltige IT (vgl. [Link](#))
- "High Performance Buildings" (Lawrence Berkeley National Laboratory) → mehr Energieeffizienz in Datencentern (vgl. [Link](#))
- "Energy Star" (USA): mehr Energieeffizienz in Datencentern (vgl. [Link](#))
- "ASHRAE" (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, USA) □ Leitlinien und Kurse (vgl. [Link](#) und [21]).
- Department of Energy DOE (USA). Energy Efficiency in Data Centers (vgl. [Link](#)).

## 7.5 Textvorschlag Energiehaushaltsverordnung

### Vorgaben zur Energieeffizienz

IV. Anforderungen an haustechnische Anlagen

**§xx Energieeffizienz Rechenzentren:** es werden seitens Kanton Vorgaben zur Energieeffizienz von Rechenzentren erlassen. Entsprechend dem Stand der Technik wird ein PUE von 1.15 oder der Nachweis einer vergleichbaren Zertifizierung, z.B. SDEA, verlangt.

V. Vollzug

**§30a Reporting Energieeffizienz Rechenzentren**

### Vorgaben Vorkehrungen zur Abwärmenutzung

#### IV. Anforderungen an haustechnische Anlagen

**§20a externe Abwärmenutzung:** überschüssige Abwärme, welche nicht innerhalb der Liegenschaft genutzt werden kann, ist anderen zur Verfügung zu stellen, soweit dies technisch und betrieblich möglich ist. Hierfür sind geeignete technische Massnahmen zu ergreifen, um dies zu ermöglichen und um hohe Abwärmemperaturen zu ermöglichen.