

Strategiestudie Wärmeverbund Neunkirch, Phase 2

Schlussbericht



27.05.2026, Version 1.1

Impressum

Auftraggeber	Gemeinderat Neunkirch Gemeindepräsidium Bahnhofstrasse 1 8213 Neunkirch tiefbaureferat@neunkirch.ch magdalena.guida@neunkirch.ch 052 687 00 10
Verfasser	Anex Ingenieure AG Limmatstrasse 291, 8005 Zürich www.anex.ch info@anex.ch 044 656 81 81 Luca Brüderlin luca.bruederlin@anex.ch 044 656 81 42 Matthias Kolb matthias.kolb@anex.ch 044 656 81 08
Projektnummer	P11221
Version	Version 1.1
Datum	27.05.2026
Visum	

Inhalt

1	Management Summary	6
2	Einleitung	8
2.1	Ausgangslage	8
2.2	Versorgungsgebiet	9
3	Potenzialgebiete	11
3.1	Bestehendes Versorgungsgebiet	12
3.2	Potenzialgebiet 1	13
3.3	Potenzialgebiet 2	14
3.4	Potenzialgebiet 3	15
3.5	Potenzialgebiet 4	17
3.6	Fazit Versorgungsgebiet	18
4	Standortkonzepte	20
4.1	Variante 1: Standort Muzäll	20
4.2	Variante 2: Standort Schulhaus Randenblick und Mühlengasse	22
5	Energiekonzepte	26
5.1	Variante 1 Holz	26
5.2	Variante 2 Grundwasser Wärmepumpen	28
5.3	Variante 3 Abwärme Wärmepumpen	31
5.4	Variante 4 Grundwasser und Holz	33
5.5	Variante 5 Holz und Grundwasser	35
6	Variantenvergleich	38
6.1	Energiemix	38
6.2	Wirtschaftlichkeitsberechnung	38
6.3	Investitionskosten	39
6.3.1	Standort 1 Muzäll	39
6.3.2	Standort 2 Randenblick und Mühlengasse	41
6.3.3	Contractor-Variante	42
6.4	Mittlere Jahreskosten	44
6.4.1	Standort 1 Muzäll	44
6.4.2	Standort 2 Randenblick	45
6.5	Gestehungskosten	45
6.5.1	Standort 1 Muzäll	45
6.5.2	Standort 2 Randenblick und Mühlengasse	46
6.6	Ökologie	46
6.6.1	Treibhausgasemissionen	46
6.7	Sensitivitätsanalyse	47
6.7.1	Kapitalzins	47
6.8	Nutzwertanalyse	48
7	Empfehlung / Weiteres Vorgehen	50

8	Anhang.....	52
8.1	Nutzwertanalyse Muzäll	52
8.2	Nutzwertanalyse Randenblick und Mühlengasse	54

Änderungsindex

Datum	Version	Anpassung durch	Anpassung
16.12.2025	1.0	Anex Ing. AG, BRL	Aufsetzung Bericht
26.05.2026	1.0	Anex Ing. AG, BRL	Einarbeitung Rückmeldungen der Kommission und Fertigstellung der Version 1.0
27.05.2026	1.1	Anex Ing. AG, BRL	Kleinere Korrekturen

Abkürzungen

BWW	Brauchwarmwasser
CHF	Schweizer Franken
EKS	Elektrizitätswerk des Kantons Schaffhausen
GWh	Gigawattstunden
GWR	Gebäude- und Wohnungsregister
kW	Kilowatt
MCHF	Millionen Schweizer Franken
MWh/a	Megawattstunden pro Jahr
MwSt.	Mehrwertsteuer
Rp.	Rappen
WP	Wärmepumpe

Grundlagen

Titel	Dokumentart	Version/Datum	Verfasser
Phase 1: Strategie mit Pflichtenheft WV Neunkirch	PDF	28.08.2025	Ingenieurbüro Bollinger SIA GmbH, Christoph Bollinger/Lukas Gann
Submission im freihändigen Verfahren Strategie-studie Wärmeverbund	PDF	27.10.2025	Ingenieurbüro Bollinger SIA GmbH, Christoph Bollinger
Machbarkeit thermische Grundwassernutzung vom 21.08.2023	PDF	21.08.2023	Dr. Von Moos AG, Dr. Hans Rudolf Graf
Bericht Vorprojekt Abwärmenutzung Beringen	PDF	03.03.2025	Renercon, Daniel Hänggi
Neubau Energiezentrale Muzäll. Baueingabe.	PDF	26.06.2024	WSP AG Bauingenieure

1 Management Summary

Ziel der vorliegenden Strategiestudie ist es, eine Entscheidungsgrundlage für die künftige Weiterentwicklung des Wärmeverbunds Neunkirch zu schaffen. Ausgangspunkt ist die Erkenntnis, dass die bestehende, grösstenteils auf Holzhackschnitzeln basierende Energieversorgung des Wärmeverbunds zunehmend an ihre Kapazitätsgrenzen gelangt. Gleichzeitig soll geprüft werden, ob neben der bisherigen monovalenten Holzlösung auch alternative bzw. bivalente Versorgungskonzepte in Frage kommen, insbesondere unter Einbezug der thermischen Nutzung von Grundwasser.

Der bestehende Wärmeverbund versorgt heute 46 Bezüger im Kern von Neunkirch und weist eine jährliche Wärmeerzeugung von rund 1'340 MWh/a auf. Die Wärmeerzeugung erfolgt über einen Holzessel mit 700 kW im Schulhaus Randenblick. Zur Deckung von Spitzenlasten steht zusätzlich ein Ölkessel mit 450 kW im alten Schulhaus Mühlengasse zur Verfügung. Für den Variantenvergleich wurde von einer Weiterentwicklung des Verbunds mit einem künftigen Wärmebedarf von rund 6'000 MWh/a sowie einer erforderlichen Erzeugerleistung von rund 2'000 kW ausgegangen. Auf dieser Grundlage wurden verschiedene Energieversorgungsvarianten an den Standorten Muzäll sowie Schulhaus Randenblick / Mühlengasse hinsichtlich technischer Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit, Energiepolitik und strategischer Eignung untersucht.

Im Zentrum der Beurteilung stand die Frage, ob die Wärmeversorgung weiterhin primär über Holz ausgebaut oder künftig stärker auf Grundwasserwärmepumpen abgestützt werden soll. Die Studie kommt zum Schluss, dass die Grundwassernutzung aus energiepolitischer und strategischer Sicht zu bevorzugen ist. Grundwasser steht lokal zur Verfügung, kann standortnah genutzt werden und ermöglicht eine langfristig erneuerbare und ortsgebundene Wärmeversorgung. Holz bleibt zwar ebenfalls ein erneuerbarer Energieträger, soll aus übergeordneter Sicht jedoch gezielt dort eingesetzt werden, wo nur wenige oder keine gleichwertigen Alternativen bestehen.

Ein wesentlicher Vorteil der Grundwasservariante besteht darin, dass die Wärmepumpenanlagen grundsätzlich in der bestehenden Energiezentrale im Schulhaus Randenblick untergebracht werden können. Dadurch kann auf einen zusätzlichen Zentralenstandort verzichtet werden. Gleichzeitig reduziert dies die Komplexität gegenüber einem vollständigen Neubau an einem anderen Standort. Für die Umsetzung sind jedoch bauliche und betriebliche Massnahmen erforderlich, insbesondere Anpassungen in der bestehenden Zentrale, Lärmschutzmassnahmen, eine temporäre mobile Heizanlage während der Umbauphase sowie die Konkretisierung der Leitungsführung und der Betriebsabläufe.

Die wirtschaftliche Bewertung zeigt, dass die Grundwasservariante nur geringfügig höhere Kosten verursacht als eine reine Holzversorgung. Für die Holzvariante wurden Investitionskosten $\pm 25\%$ von rund CHF 11.64 Mio. ermittelt, für die Grundwasservariante am Standort Randenblick rund CHF 12.67 Mio.. Dies entspricht Mehrkosten von rund CHF 1.03 Mio. bzw. etwa 9%. Die Wärmegestehungskosten liegen bei einem kalkulatorischen Kapitalzins von 3% bei rund 18.9 Rp./kWh für die Holzvariante und bei rund 19.8 Rp./kWh für die Grundwasservariante. Die Differenz beträgt damit rund 0.9 Rp./kWh bzw. etwa 5%. Die Mehrkosten der Grundwasservariante sind damit als moderat einzustufen und bewegen sich weiterhin in einer Gröszenordnung, die im Vergleich mit anderen Wärmeverbunden als tragbar erscheint.

Auch hinsichtlich der Preisentwicklung zeigt sich ein robustes Bild. Eine Sensitivitätsanalyse verdeutlicht, dass sowohl Schwankungen des Kapitalzinses als auch Veränderungen der Energiepreise einen relevanten Einfluss auf die Wärmegestehungskosten haben. Gleichzeitig bleibt die Rangfolge der Varianten dadurch weitgehend unverändert. Die Grundwasservariante erweist sich somit auch unter veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen als tragfähige Option.

Neben den wirtschaftlichen Aspekten wurde auch die ökologische und strategische Wirkung der Varianten betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Wärmepumpenvarianten insbesondere dann klare Vorteile aufweisen, wenn für den Betrieb erneuerbarer Strom eingesetzt werden kann. Zudem wird die Abhängigkeit von externen Brennstoffmärkten reduziert, da mit Grundwasser eine lokale und langfristig verfügbare Energiequelle genutzt wird. Dies ist im Hinblick auf Versorgungssicherheit und energiepolitische Zielsetzungen von besonderer Bedeutung.

Die Gesamtauswertung der Varianten bestätigt dieses Bild. In der Nutzwertanalyse erreicht die Variante 2 Grundwasserwärmepumpen an beiden untersuchten Standorten die beste bzw. ausgewogenste Gesamtbewertung. Die Unterschiede zu den bivalenten Varianten sind zwar nicht in allen Kriterien sehr gross, insgesamt zeigt sich jedoch ein konsistenter Vorteil der Grundwasservariante, insbesondere aufgrund ihrer energiepolitischen Einordnung, der lokalen Verfügbarkeit der Ressource und der guten Integration in die bestehende Infrastruktur.

Zusammenfassend empfiehlt die Studie, die Grundwasservariante am Standort Randenblick / Mühlengasse als Vorzugsvariante weiterzuverfolgen. Sie stellt aus heutiger Sicht die ausgewogenste Lösung dar, da sie technisch umsetzbar, energiepolitisch überzeugend und wirtschaftlich vertretbar ist. Für die nächste Projektphase sind insbesondere die bauliche Integration in die bestehende Zentrale, die weiteren hydrogeologischen und bewilligungsseitigen Abklärungen sowie die Auswirkungen auf Tarife und Wirtschaftlichkeit für die bestehenden Wärmebezügler vertieft zu prüfen.

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Die Gemeinde Neunkirch im Kanton Schaffhausen betreibt einen Wärmeverbund, dessen Energieversorgung grösstenteils auf Holzhackschnitzeln aus dem gemeindeeigenen Forstbetrieb basiert. Um Lastspitzen abzudecken, kommt zusätzlich ein Ölkessel zum Einsatz (im Keller des alten Schulhauses «Mühligass»). Durch den kontinuierlichen Ausbau des Wärmeverbunds und die steigende Anzahl angeschlossener Liegenschaften erreicht die bestehende Heizzentrale zunehmend ihre Kapazitätsgrenzen.

Um dieses Problem zu lösen, hat der frühere Gemeinderat (bis 31.12.2024) ein Projekt für den Neubau einer Heizzentrale am Standort «Muzäll» erarbeiten lassen. Das Projekt erfüllte jedoch nicht alle Anforderungen und konnte in mehreren Punkten nicht überzeugen. Der neu gewählte Gemeinderat (seit 01.01.2025) hat daher beschlossen, die Umsetzung dieses Projekts vorerst zu sistieren und eine Zweitmeinung einzuholen.

Basierend auf dem Dokument «Strategie mit Pflichtenheft» (Anhang 1) vom Ingenieurbüro Bollinger SIA GmbH, Schaffhausen, wird nun eine detaillierte Strategiestudie erarbeitet. Die Studie soll die Basis für eine zukunftsfähige und nachhaltige Weiterentwicklung des Wärmeverbunds von Neunkirch schaffen. Die folgenden Kernpunkte stehen dabei im Fokus:

- Prüfung von alternativen Technologien bzw. Wärmequellen: Untersuchung bivalenter Systeme als Ergänzung zu der derzeitigen monovalenten Lösung. Speziell die thermische Nutzung des Grundwassers soll vertieft betrachtet werden.
- Die mögliche Nutzung der Abwärme aus dem Rechenzentrum Beringen. Der Wärmeverbund Beringen ist bereits daran, die Erweiterung des Wärmenetzes technische zu prüfen. Hier müssen mögliche Synergien begutachtet werden.
- Evaluation alternativer Standorte. Überprüfung möglicher neuer Standorte für eine neue Heizzentrale aber auch der Erweiterung der bestehenden Zentrale.
- Prüfung von passenden Organisations- und Betreibermodelle, um die Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit des Wärmeverbunds langfristig zu gewährleisten.
- Abschätzung der baulichen Umsetzbarkeit, der jeweiligen Vor- und Nachteile sowie die zu erwartenden Baukosten mit einer Genauigkeit von $\pm 25\%$ sollen aufgezeigt werden.

2.2 Versorgungsgebiet

Der bestehende Wärmeverbund versorgt heute ab der Heizzentrale im Schulhaus Randenblick (Grüner Kreis) 46 Bezüger im Kern von Neunkirch (siehe Abbildung 1). Der Verbund wurde in Etappen vergrössert und umfasst unterdessen ein Netz von rund 1'100 Trasseemeter. Die letzte Etappe wurde im Jahr 2022 gebaut und hat die Oberhofgasse und die Mühlengasse erschlossen.



Abbildung 1 Bestehender Verbund Stand 2022. Grün markiert der Holzkesse, rot der Ölkessel (Quelle: E+H Ingenieurbüro)

Hauptsächlich wird die Energie über den Holzkessel im Schulhaus (grüner Kreis) bereitgestellt. Dieser hat eine Leistung von 700 kW und wird mit Waldrestholz und weiteren Holzabfällen aus der Region betrieben. Der Ölkessel im alten Schulhaus Mühlengasse hat eine Leistung von 450 kW und deckt allfällige Spitzenlasten ab. Der Verbund läuft nur während der Heizperiode und wird in den Sommermonaten nicht betrieben.

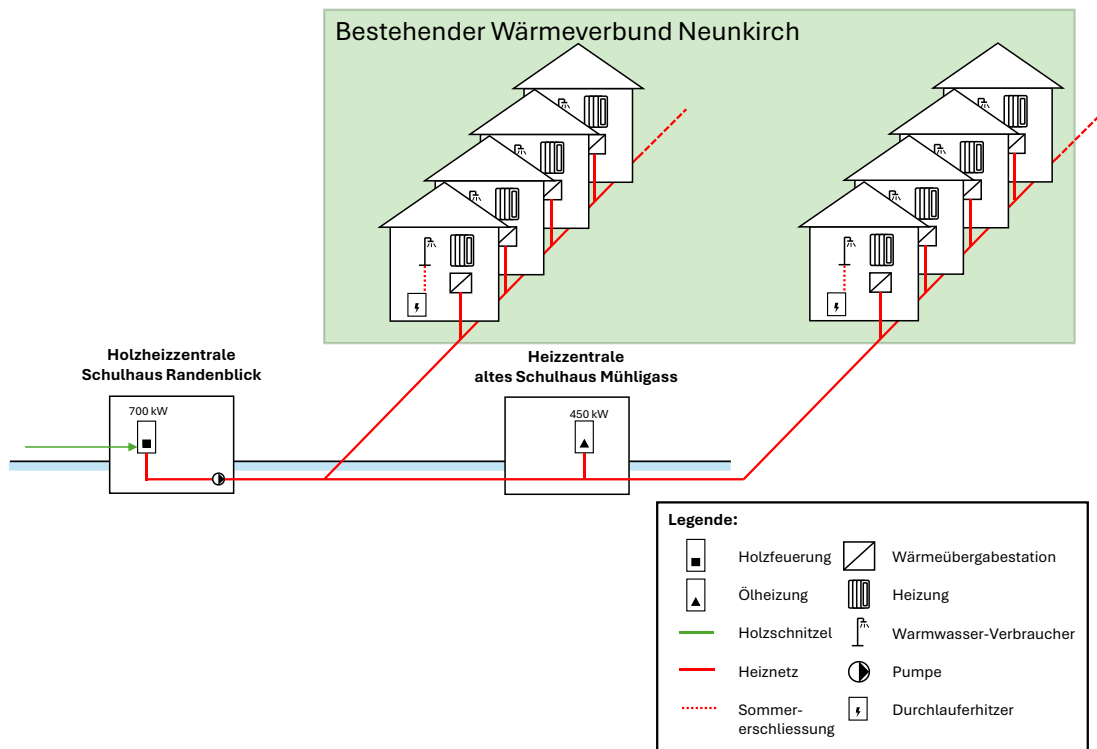


Abbildung 2 Prinzipschemas des bestehenden Verbundes

3 Potenzialgebiete

Der Energiebedarf der Gemeinde Neunkirch wurde mittels Hochrechnung ermittelt. Grundlage dafür bilden die Gebäudekategorien aus dem GWR-Datensatz sowie die zugehörigen spezifischen Bedarfswerte gemäss SIA 2024 Bestand. Aus dieser Berechnung ergibt sich für die Gemeinde ein gesamter Wärmebedarf von 29.8 GWh.

Ergänzend zur Abschätzung des Wärmebedarfs wurden weitere gebäudebezogene Informationen aus den GWR-Daten ausgewertet, insbesondere zu Energieträger, Baujahr und Gebäudestruktur. Diese Datengrundlagen bilden die Basis für die nachfolgende räumliche und energetische Beurteilung des Gemeindegebiets.

Auf Grundlage der Wärmebedarfsanalyse und der Auswertung der Gebäudestruktur wurde die Gemeinde Neunkirch in ein bestehendes Versorgungsgebiet sowie vier Potenzialgebiete gegliedert (siehe Abbildung 3). Die Abgrenzung der Gebiete erfolgte analog zur Studie von E+H Ingenieure; die dort festgelegten Perimeter wurden unverändert übernommen, da sie für die vorliegende Untersuchung als zweckmässig beurteilt wurden.

Ziel der Gebietsausscheidung ist es, jene Bereiche zu identifizieren, in denen eine Erweiterung des Fernwärmenetzes aus energetischer und wirtschaftlicher Sicht zweckmässig erscheint.

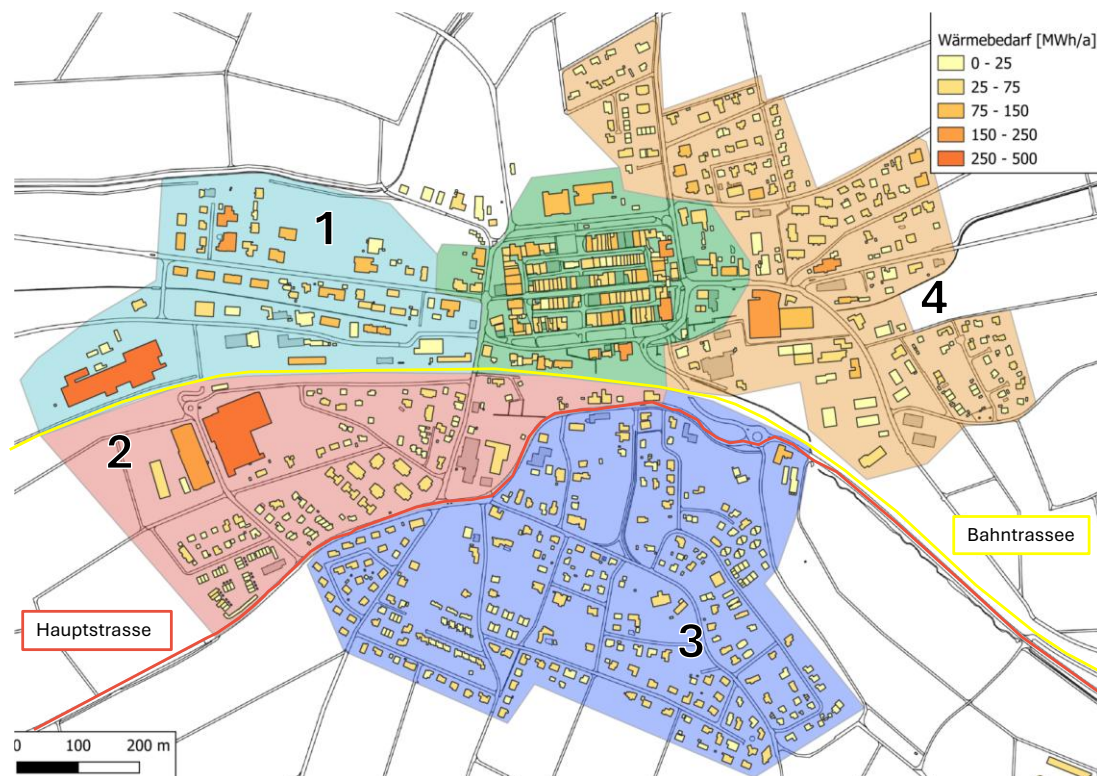


Abbildung 3 Wärmebedarfskarte Gemeinde Neunkirch, eingefärbt sind die Potenzialgebiete

3.1 Bestehendes Versorgungsgebiet

Das bestehende Versorgungsgebiet umfasst 46 Anschlüsse in der Kernzone der Gemeinde. Entlang der bereits verlegten Leitungen besteht die Möglichkeit, weitere Liegenschaften an den Wärmeverbund anzuschliessen.

Tabelle 1 Potenzialabschätzung des bestehenden Versorgungsperimeters

	Anzahl	Energie MWh/a	Nicht erneuerbar MWh/a	Mit Anschlussgrad 70%	Anzahl mit Anschlussgrad 70%
Erschlossen	46	2'470	-	-	-
Potenzial	72	5'100	3'510	2'460	54

Für die Potenzialabschätzung wurden alle Gebäude ohne erneuerbare Wärmeversorgung als potenzielle Anschlüsse definiert. Unter Annahme eines Anschlussgrades von 70 % ergibt sich im bestehenden Versorgungsgebiet ein zusätzliches Absatzpotenzial von rund 2.4 GWh/a. Es wird davon ausgegangen, dass Gebäude, die bereits mit einer erneuerbaren Einzellösung versorgt sind, nicht an den Wärmeverbund anschliessen.

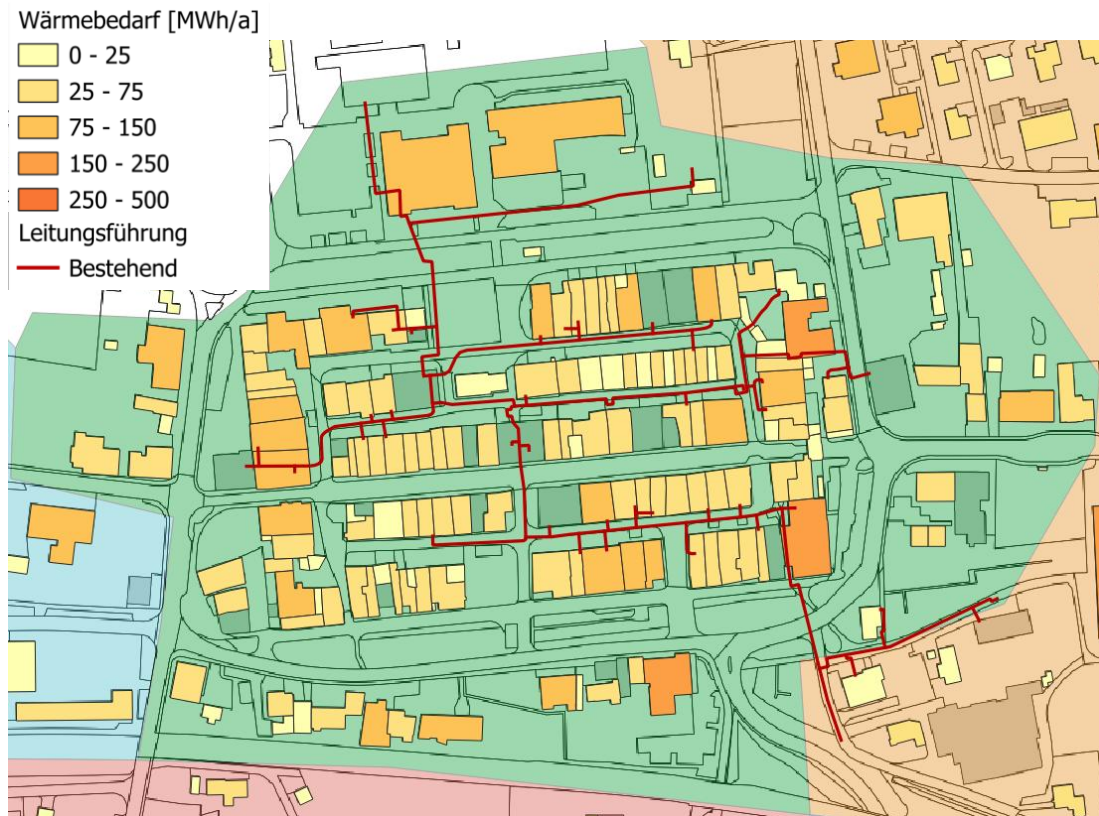


Abbildung 4 Gebäudescharfer Wärmebedarf des bestehenden Versorgungsgebiets

Es zeigt sich, dass der bestehende Perimeter ein sehr günstiges Ausbaugelände darstellt: Die Gebäude liegen nahe beieinander, die erforderlichen baulichen Eingriffe für die Netzerweiterung sind überschaubar, und die erzielbare Absatzdichte ist hoch. Eine Verdichtung des bestehenden Netzes ist deshalb aus wirtschaftlicher und technischer Sicht besonders attraktiv.

3.2 Potenzialgebiet 1

Das Potenzialgebiet 1 liegt westlich der Kernzone und zeichnet sich durch Industrienutzung und einzelne Wohnnutzung aus. Für die Erschliessung des Gebiets vom heutigen Standort aus, ist keine Querung der Hauptstrasse oder der Bahnlinie notwendig.

Tabelle 2 Potenzialabschätzung des Potenzialgebiets 1

	Anzahl	Energie MWh/a	Nicht erneuerbar > 75 MWh/a	Mit Anschlussgrad 70%	Anzahl mit Anschlussgrad 70% und > 75 MWh/a
Gebäude	87	3'640	890	623	5

Um eine Potentialabschätzung zu machen, wurden Gebäude mit einem Energiebedarf höher als 75 MWh/a und noch fossiler Wärmeversorgung als interessant deklariert. Mit einem Anschlussgrad von 70% ergeben sich so im Potenzialgebiet 0.6 GWh/a.



Abbildung 5 Gebäudescharfer Wärmebedarf im Potenzialgebiet 1. Oben der Gesamtbedarf, unten der Bedarf aller Gebäude ohne eine bestehende erneuerbare Lösung.

Im Potenzialgebiet 1 sind zwar einzelne Schlüsselkunden vorhanden, die für einen Anschluss interessant wären, sie liegen jedoch eher peripher, und die insgesamt erreichbare Absatzdichte ist gering. Der Anschluss des Gemeindehauses würde sich durch die Nähe zum bestehenden Netz anbieten.

3.3 Potenzialgebiet 2

Das Potenzialgebiet 2 liegt südwestlich der Kernzone und weist gemischte Wohn- und Industrienutzung auf. Für die Erschliessung des Gebiets ist eine Querung der Bahnlinie erforderlich.

Tabelle 3 Potenzialabschätzung des Potenzialgebiets 2

	Anzahl	Energie MWh/a	Nicht erneuerbar > 75 MWh/a	Mit Anschlussgrad 100%	Anzahl mit Anschlussgrad 100%
Gebäude	174	3'780	680	680	3

Für die Potenzialabschätzung wurden alle Gebäude mit einem jährlichen Wärmebedarf von mehr als 75 MWh/a und einer fossilen Wärmeversorgung als potenzielle Anschlüsse definiert. In diesem Gebiet erfüllen jedoch neben den drei Schlüsselkunden MAVAG, Hidrostal und Polyplex keine weiteren Gebäude die gewählten Anschlusskriterien. Es ist anzumerken, dass Hidrostal heute über einen Holzkessel verfügt. Entsprechend ist die Erschliessung von Potenzialgebiet 2 aus heutiger Sicht nur für diese wenigen Grossverbraucher relevant und wird für eine breitere Fernwärmeerschliessung nicht empfohlen. Unter Annahme eines Anschlussgrades von 100% ergibt sich daraus ein theoretisches Absatzpotenzial von knapp 0.7 GWh/a.

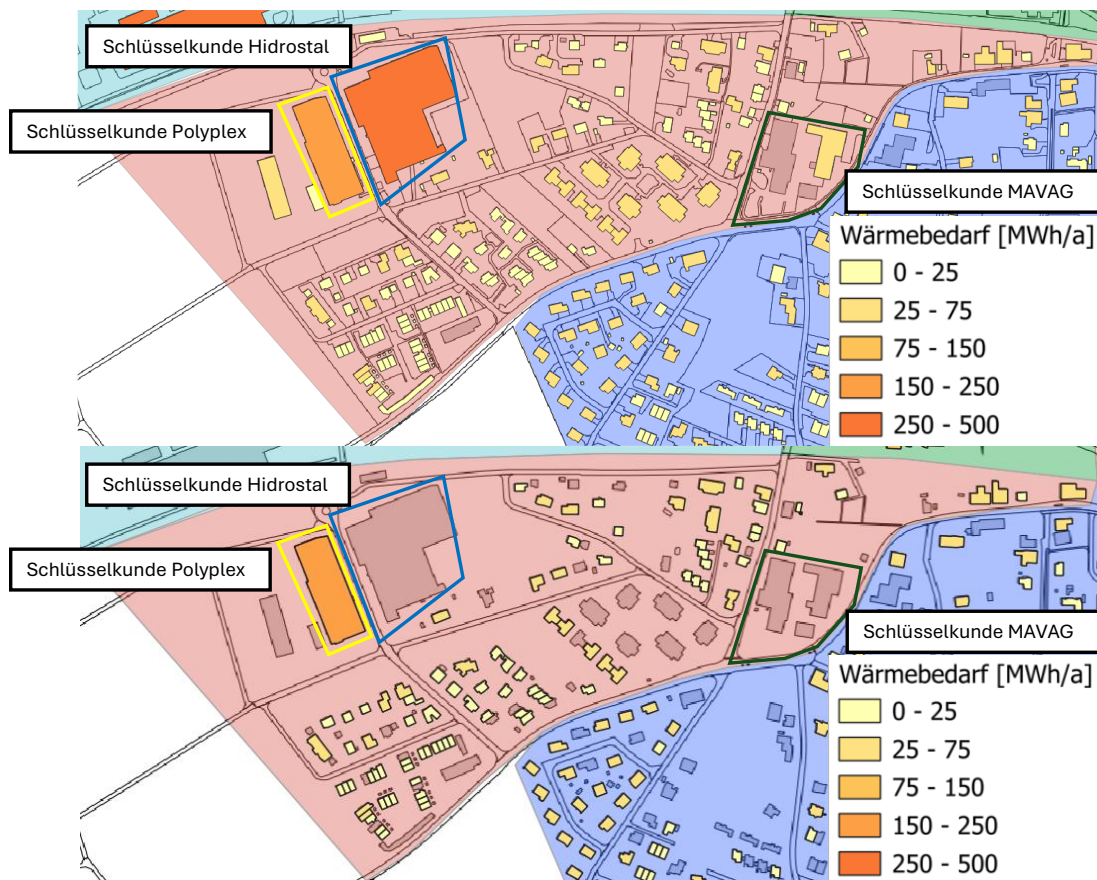


Abbildung 6 Gebäudescharfer Wärmebedarf im Potenzialgebiet 2. Oben der Gesamtbedarf, unten der Bedarf aller Gebäude ohne eine bestehende erneuerbare Lösung.

3.4 Potenzialgebiet 3

Das Potenzialgebiet 3 liegt südlich der Kernzone und ist überwiegend durch Wohnnutzung geprägt. Für die Erschließung des Gebiets wäre eine Querung der Bahnlinie und der Hauptstrasse erforderlich. Das Gebiet setzt sich hauptsächlich aus kleineren Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern mit vergleichsweise geringem Wärmebedarf zusammen.

Tabelle 4 Potenzialabschätzung des Potenzialgebiets 3

	Anzahl	Energie MWh/a	Nicht erneuerbar > 75 MWh/a	Mit Anschlussgrad 70%	Anzahl mit Anschlussgrad 70%
Gebäude	339	6'960	4'500	-	-

Anhand der gewählten Ausschlusskriterien (Mindestwärmebedarf, nicht erneuerbare Versorgung) konnten keine potenziellen Anschlüsse identifiziert werden. Einzig das mögliche Entwicklungsgebiet am Kirchweg könnte in Zukunft als Schlüsselkunde interessant werden. Entsprechend wird eine Fernwärmeerschließung in Potenzialgebiet 3 nicht empfohlen, solange das Entwicklungsgebiet noch in der Projektierungsphase ist.

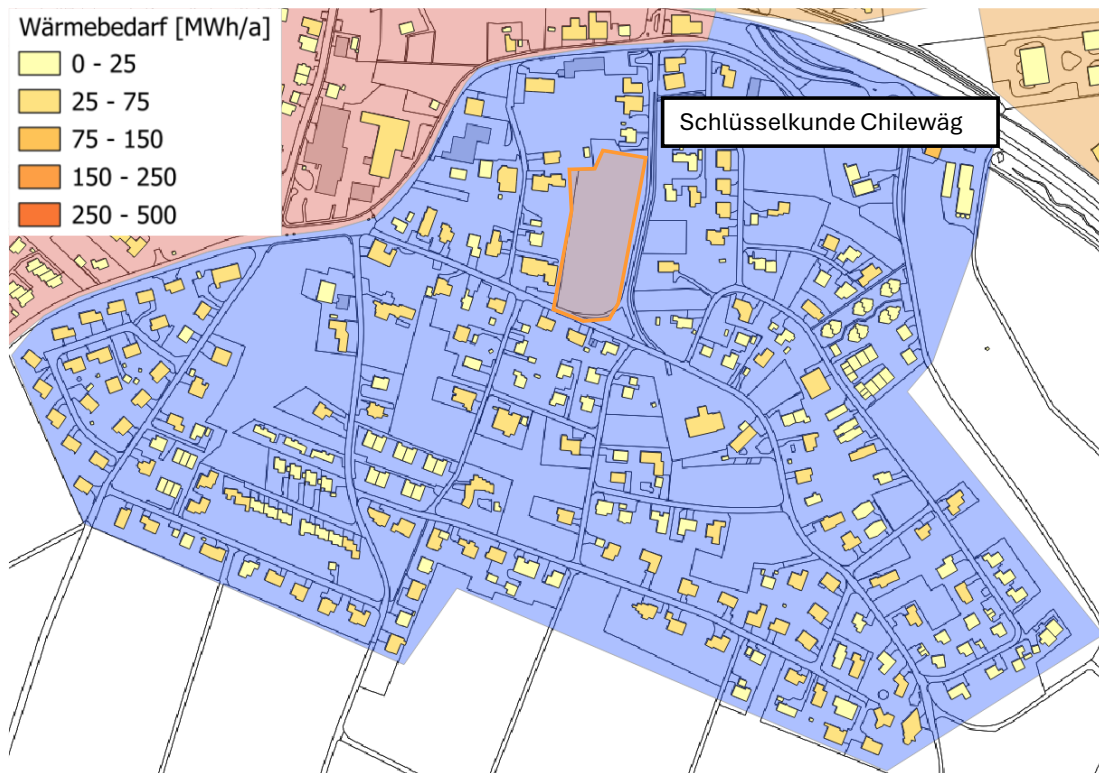


Abbildung 7 Gebäudescharfer Gesamtwärmebedarf im Potenzialgebiet 3.

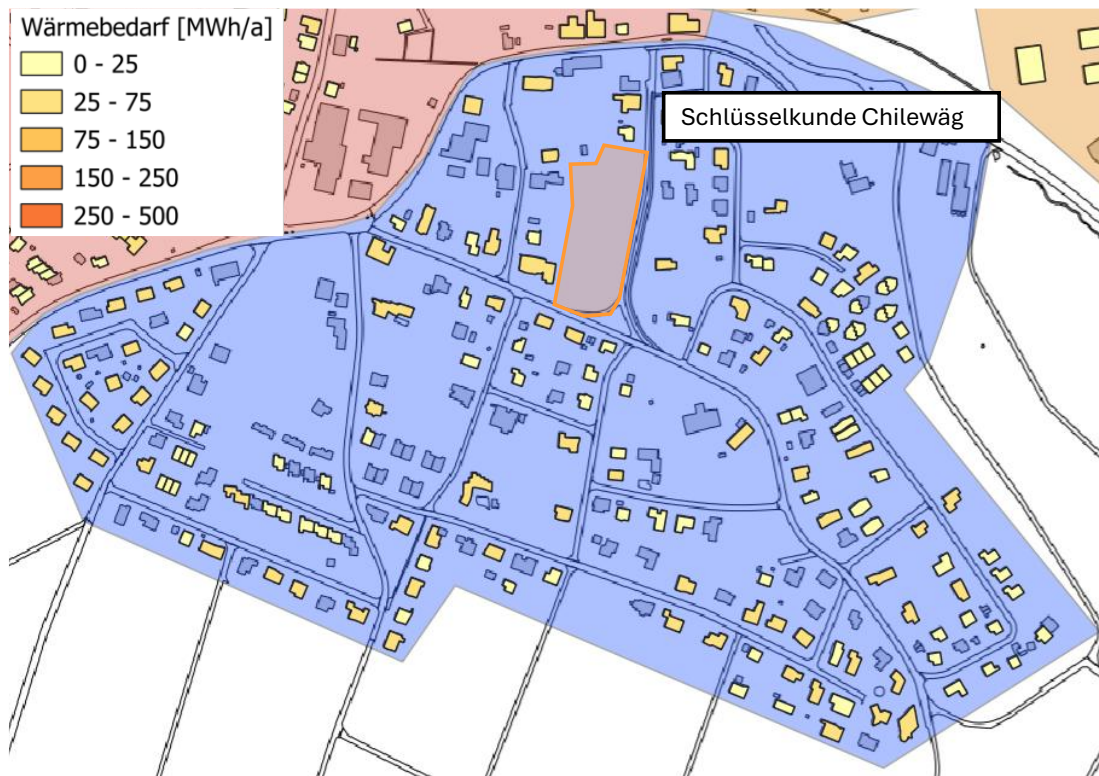


Abbildung 8 Gebäudescharfer Wärmebedarf aller Gebäude ohne eine bestehende erneuerbare Lösung.

3.5 Potenzialgebiet 4

Das Potenzialgebiet 4 liegt östlich der Kernzone und zeichnet sich durch Wohnnutzung und einzelne Industrienutzungen aus. Für die Erschließung des Gebiets ist keine Querung der Hauptstrasse oder der Bahnlinie notwendig.

Tabelle 5 Potenzialabschätzung des Potenzialgebiets 4

	Anzahl	Energie MWh/a	Nicht erneuerbar > 75 MWh/a	Mit Anschlussgrad 70%	Anzahl mit Anschlussgrad 70%
Gebäude	206	5'210	520	428	5

Um eine Potentialabschätzung zu machen, wurden Gebäude mit einem Energiebedarf der höher als 75 MWh/a ist und noch keine erneuerbare Lösung haben als interessant deklariert. Mit einem Anschlussgrad von 70% wurde dann, das Absatzpotential beziffert, im Bestehenden Versorgungsgebiet ergeben sich so rund 0.4 GWh/a.

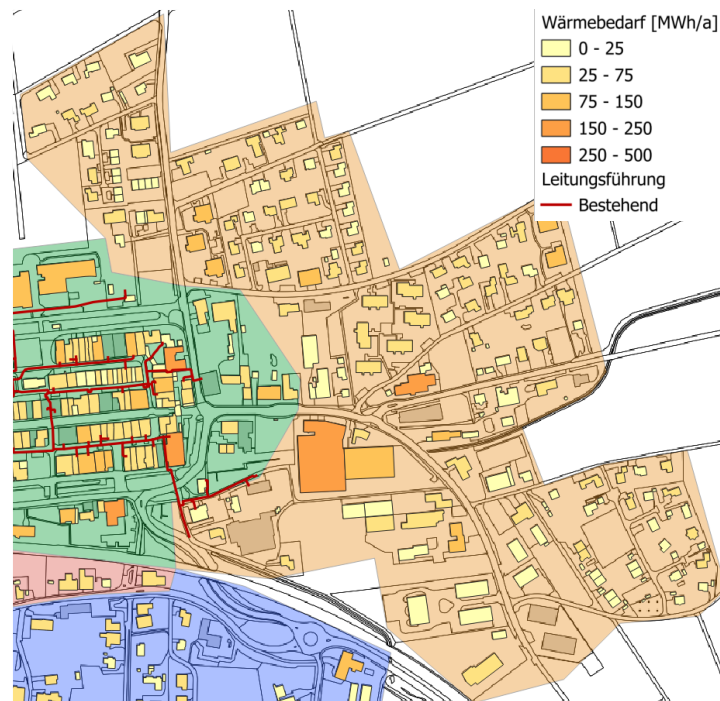


Abbildung 9 Gebäudescharfer Gesamtwärmebedarf im Potenzialgebiet 4.

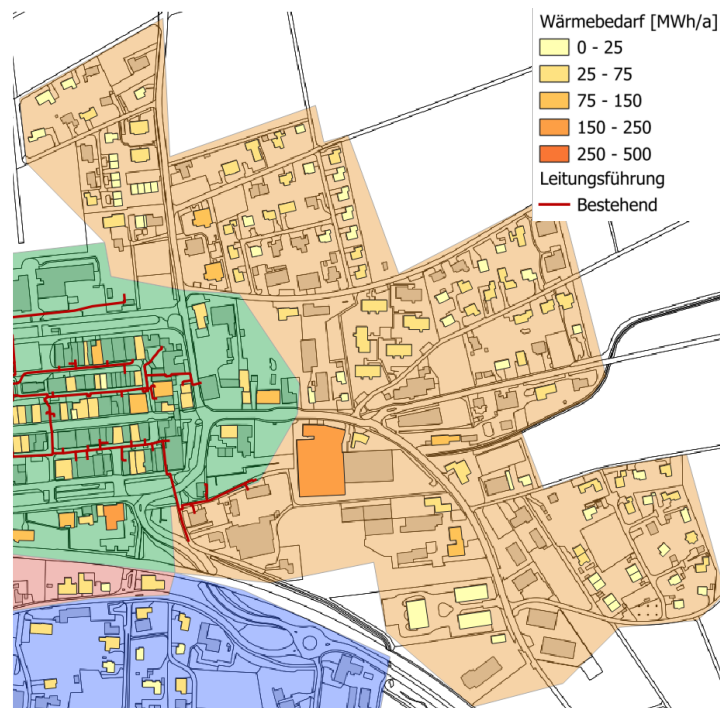


Abbildung 10 Gebäudescharfer Wärmebedarf aller Gebäude ohne eine bestehende erneuerbare Lösung.

Auch wenn sich die Erschliessung des Gebiets baulich unkompliziert umsetzen lässt, ist das Absatzpotenzial aufgrund der geringen Wärmedichte als niedrig einzuschätzen.

3.6 Fazit Versorgungsgebiet

Die Analyse der Wärmedichten zeigt, dass das bestehende Versorgungsgebiet die beste Ausgangslage für eine weitere Verdichtung bietet und daher klar zu priorisieren ist.

Potenzialgebiet 2 umfasst zentrale Schlüsselkunden, die für den Wärmeverbund von grosser Bedeutung sind. Dieses Gebiet sollte daher in der weiteren Planung mitberücksichtigt werden, auch wenn die Erschliessung aufgrund der Bahnquerung anspruchsvoller ist.

Für Potenzialgebiet 3 besteht unter den heutigen Rahmenbedingungen kein unmittelbares Interesse an einer Erschliessung. Im Zusammenhang mit dem Entwicklungsgebiet Kirchweg und abhängig von der Standortwahl kann das Gebiet jedoch perspektivisch wieder an Bedeutung gewinnen.

Potenzialgebiet 4 ist baulich einfach zu erschliessen und kommt deshalb als sinnvolle Option für einen weiteren Ausbauschritt in Frage.

Potenzialgebiet 1 ist zwar baulich gut erschliessbar, die Schlüsselkunden liegen jedoch eher peripher, und die insgesamt geringe Wärmedichte führt dazu, dass das Gebiet aus heutiger Sicht für eine Einbindung in den Wärmeverbund nicht interessant ist.

Für den weiteren Variantenvergleich wurde auf dieser Basis eine Erschliessung definiert, die von einer Verdichtung im bestehenden Versorgungsgebiet ausgeht und sich ergänzend primär am Anschluss der ausgewählten Schlüsselkunden in den Potenzialgebieten 3 und 4 orientiert. Insgesamt resultiert daraus ein Wärmebedarf von rund 6'000 MWh/a sowie eine erforderliche Erzeugerleistung von etwa 2'000 kW ab der Energiezentrale. Diese Annahme bildet die Grundlage für die nachfolgenden Analysen zu Standortfragen sowie für den Variantenvergleich und die Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbeurteilung.

Tabelle 6 Gegenüberstellung der Versorgungsgebiete (Potenzialgebiet)

Gebiet	Lage / Nutzung	Machbarkeit	Empfehlung
Bestehendes Versorgungsgebiet	Kernzone, gemischte Nutzung, 46 erschlossene Liegenschaften	Sehr gute Rahmenbedingungen, hohe Wärmedichte, kurze Leitungslängen, Netzinfrastruktur teilweise vorhanden	Klar zu priorisieren, Verdichtung ist wirtschaftlich attraktiv
Potenzialgebiet 1	Westlich der Kernzone, Industrie und einzelne Wohnnutzung	Baulich einfach erschliessbar, Schlüsselkunden jedoch peripher und insgesamt geringe Wärmedichte. Anschluss des Gemeindehauses möglich.	Aus heutiger Sicht nicht interessant, keine Einbindung in den Wärmeverbund empfohlen. Einzelanschluss Gemeindehaus müsste geprüft werden
Potenzialgebiet 2	Südwestlich der Kernzone, gemischte Wohn- und Industrienutzung	Erschliessung aufgrund Bahnquerung anspruchsvoller; zentrale Schlüsselkunden mit hoher Bedeutung für den Verbund	In der weiteren Planung zu berücksichtigen, v.a. aufgrund der Schlüsselkunden
Potenzialgebiet 3	Südlich der Kernzone, überwiegend Wohnnutzung	Erschliessung anspruchsvoll (Querung Bahnlinie und Hauptstrasse), heute keine geeigneten Kunden; perspektivisch relevant im Zusammenhang mit Entwicklungsgebiet Kirchweg	Derzeit keine Erschliessung empfohlen; spätere Prüfung in Verbindung mit Entwicklungsgebiet möglich
Potenzialgebiet 4	Östlich der Kernzone, vorwiegend Wohnnutzung mit einzelnen Industriebauten	Baulich einfach zu erschliessen, jedoch geringe Wärmedichte	Sinnvolle Option für einen weiteren Ausbauschritt, sofern ausreichender Anschlussgrad bzw. Anschlussdichte erreicht wird

4 Standortkonzepte

Zur Beurteilung der Versorgungskonzepte wurden zwei unterschiedliche Standortvarianten für die Energiezentrale vertieft untersucht. Beide Varianten gehen von denselben Grundlagen aus: Es wird ein definierter Netzperimeter mit identischem Wärmeabsatz von rund 6'000 MWh/a (inkl. Bestand) und den gleichen Schlüsselkunden erschlossen. Damit können die Standorte Muzäll (Neubau einer Zentrale) sowie Schulhaus Randenblick/Mühlengasse (Nutzung und Ausbau bestehender Anlagen) auf vergleichbarer Basis hinsichtlich baulicher Machbarkeit, Netzanbindung und Wirtschaftlichkeit beurteilt werden.

In der früheren Studie wurden zwei zusätzliche Standorte für eine mögliche Energiezentrale geprüft. Diese Optionen wurden im Rahmen der aktuellen Bearbeitung jedoch aus folgenden Gründen nicht weiterverfolgt:

- Der eine Standort im Bereich vor dem Obertor steht nicht zur Verfügung, da der Eigentümer das Grundstück nicht für eine Nutzung als Energiezentrale veräußern möchte.
- Beim zweiten Standort im Gebiet Langfeld wären umfangreiche Umzonungen erforderlich, was den planerischen und zeitlichen Aufwand deutlich erhöhen würde.

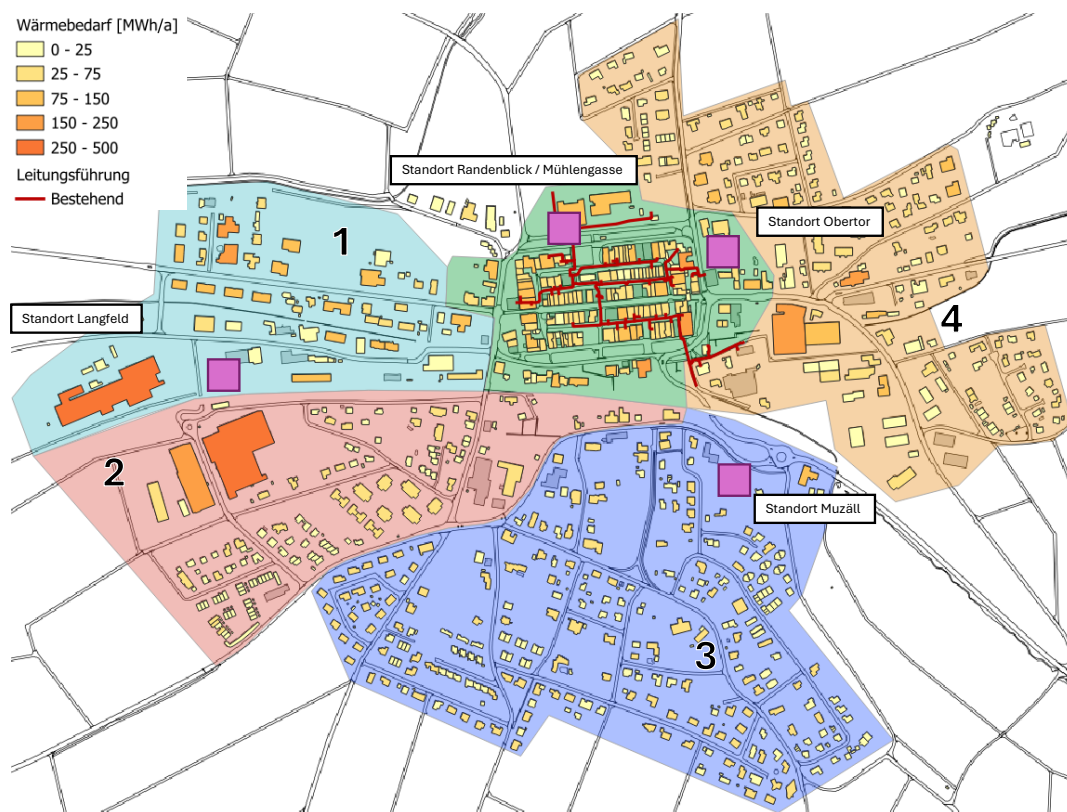


Abbildung 11 Übersichtskarte der vier möglichen Zentralenstandorte

4.1 Variante 1: Standort Muzäll

In Variante 1 wird die Energiezentrale am Standort Muzäll vorgesehen. Hierzu ist der Neubau eines eigenständigen Gebäudes erforderlich, in welchem die gesamte Wärmeerzeugungsanlage untergebracht wird. Am Standort Muzäll stehen geeignete Flächen zur Verfügung, sodass die Anlagen kompakt in einem Gebäude angeordnet werden können. Der Standort wurde im Rahmen früherer Arbeiten bereits umfassend geprüft, und für den Standort Muzäll liegt ein Bauprojekt vor, welches auch vom Volk abgesegnet wurde.

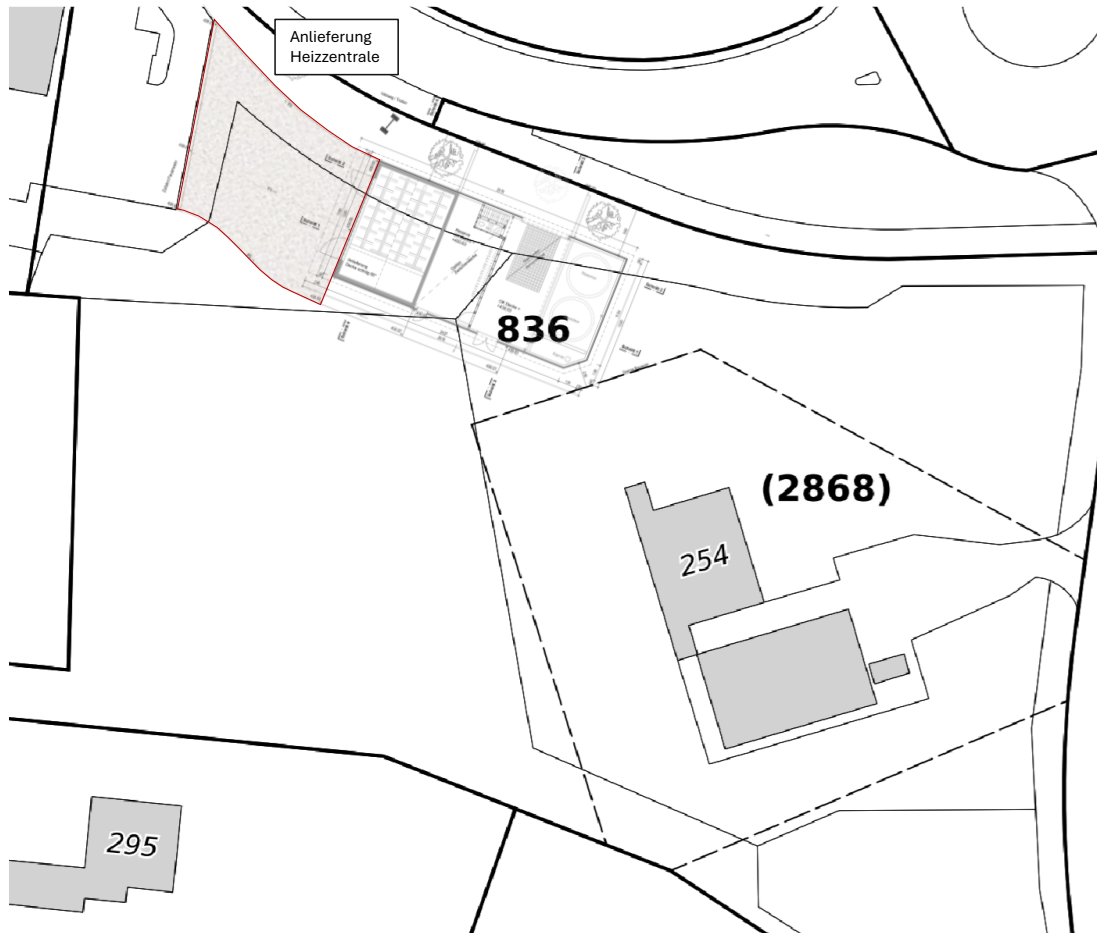


Abbildung 12 Situationsplan des Projekts Muzäll (Quelle: WSP AG, Baueingabe, 26.06.2024, Amtlicher Vermessung, angepasst von Anex Ingenieure)

Der Standort bietet den Vorteil, dass die neue Zentrale unabhängig von der bestehenden Heizzentrale geplant und gebaut werden kann, was die bauliche Umsetzung vereinfacht und eine klare Trennung zwischen Alt- und Neuanlagen ermöglicht. Es ist keine provisorische Versorgung für die bestehenden Anschlüsse nötig während der Bauzeit.

Gleichzeitig sind ein vollständiger Neubau der technischen Infrastruktur sowie zusätzliche Erschliessungs- und Netzanschlussarbeiten erforderlich. Muzäll liegt im Potenzialgebiet 3, das nur eine geringe Wärmedichte aufweist; daher ist für die Anbindung an den heutigen Verbund eine Fernwärmeleitung nötig, die mittels Spülbohrung unter Kantonsstrasse und Bahntrasse geführt und anschliessend über den Floraweg an das bestehende Netz angeschlossen wird. Auf diese Weise entsteht zwar ein zusammenhängendes Netz zwischen dem neuen Standort und dem bestehenden Versorgungsgebiet, der Leitungsbau ist jedoch mit entsprechendem Aufwand und Mehrkosten verbunden. Von der neuen Zentrale aus werden die Schlüsselkunden in Richtung Westen erschlossen (siehe Abbildung 13).

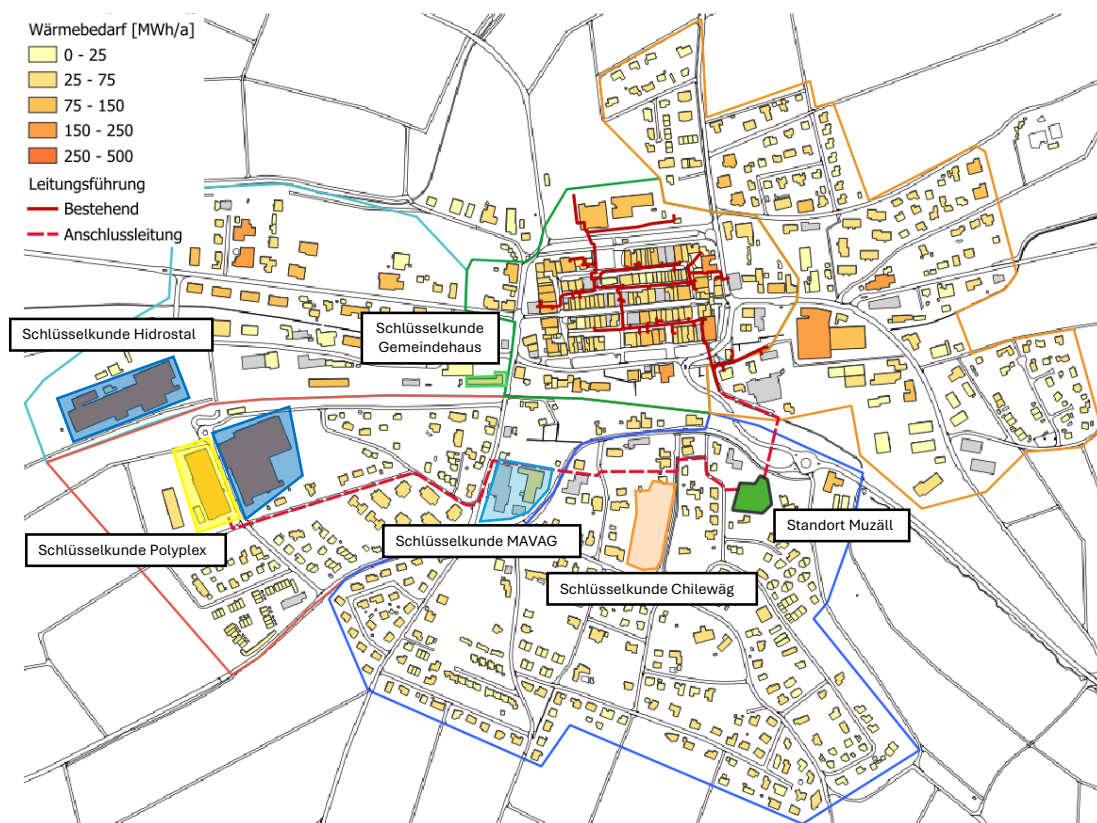


Abbildung 13 Schematische Darstellung des Standorts Muzäll und der Erschliessung der Schlüsselkunden

4.2 Variante 2: Standort Schulhaus Randenblick und Mühlengasse

In Variante 2 wird die Energiezentrale an den bestehenden Standorten Schulhaus Randenblick und Mühlengasse vorgesehen. Die neue Wärmeerzeugungsanlage würde bei monovalenten Lösungen vollständig in der heutigen Heizzentrale beim Schulhaus Randenblick untergebracht (ca. 235 m²). Bei bivalenten Lösungen mit zwei Energieträgern wäre zusätzlich der Standort Mühlengasse (ca. 150 m²) einzu-beziehen, um den zusätzlichen Platzbedarf der beiden Erzeugungssysteme abdecken zu können.

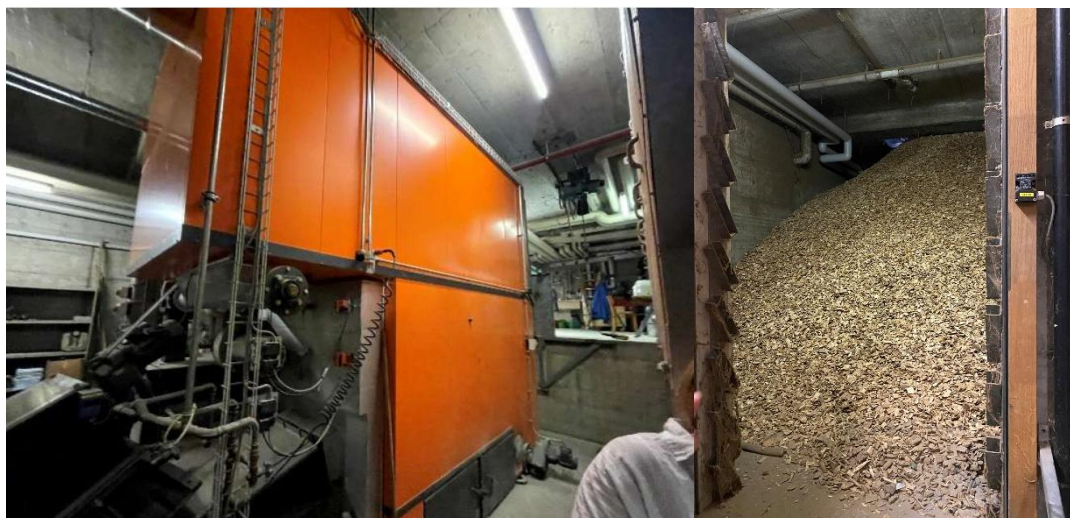


Abbildung 14 Fotos der bestehenden Holzfeuerung im Schulhaus Randenblick

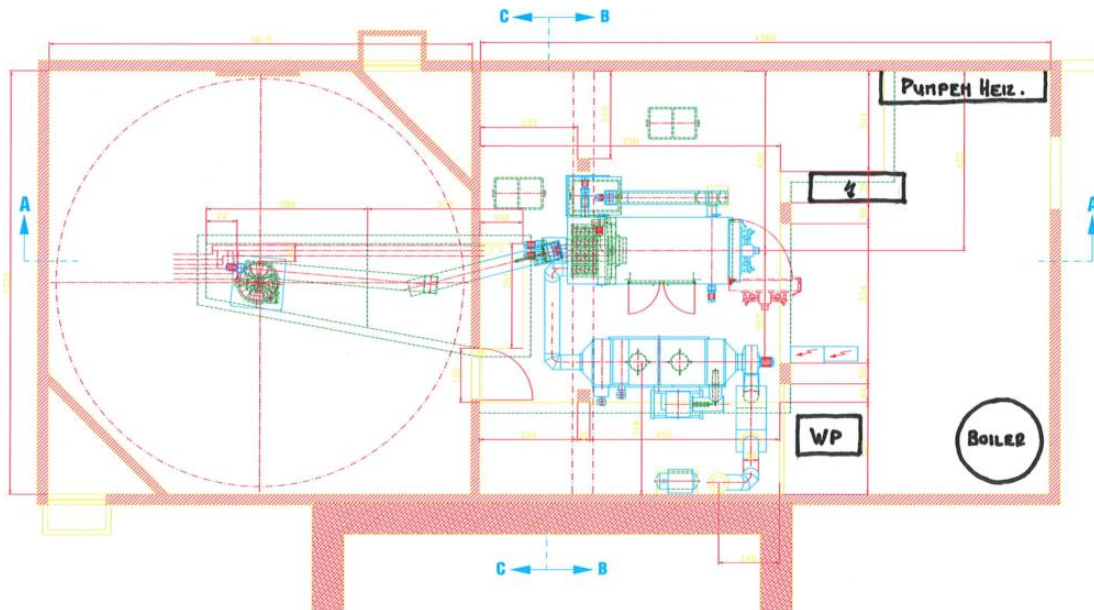


Abbildung 15 Grundriss und Fotos der bestehenden Holzfeuerung im Schulhaus Randenblick (Quelle: Strategie mit Pflichtenheft, Bollinger GmbH).

Dieses Konzept basiert auf der Sanierung und dem Ausbau der bestehenden Infrastruktur: Die Heizzentrale Randenblick wird ertüchtigt und für die künftige Anlage angepasst, der bestehende Schnitzelbunker wird saniert und für einen weitergehenden Betrieb ausgebaut. Im Gewölbekeller des alten Schulhauses Mühlengasse sind zusätzliche bauliche Massnahmen notwendig (bauliche Ertüchtigung, Anpassungen an Statik, Brandschutz und Lärmschutz), um die neuen Installationen aufnehmen zu können.



Abbildung 16 Foto des Gewölbekellers an der Mühlengasse

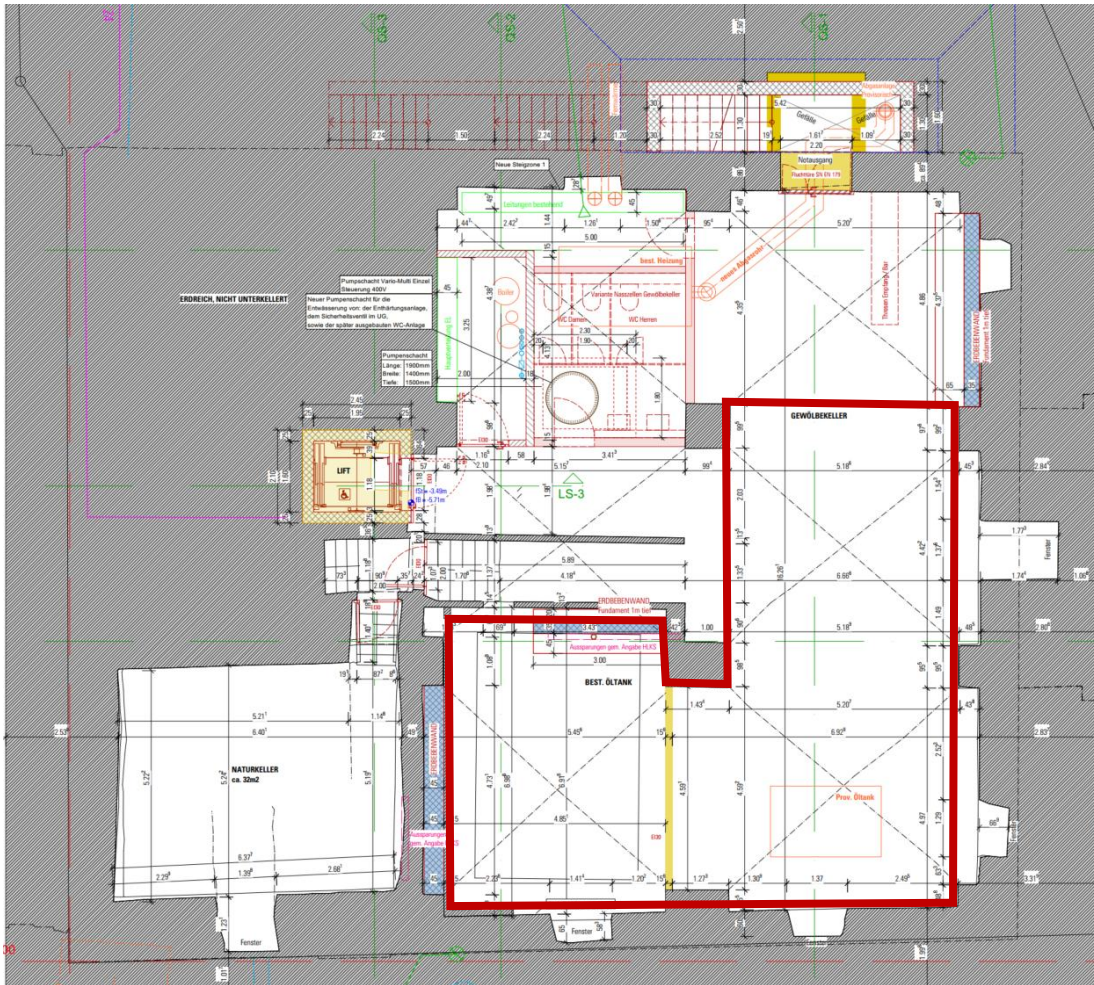


Abbildung 17 Grundriss und Fotos des Gewölbekellers an der Mühlengasse. Markiert der Bereich, welcher sich für die Aufstellung der Heizinstalltionen anbietet.

Variante 2 nutzt damit vorhandene Bausubstanz und bestehende Anlagen, erfordert im Gegenzug aber einen höheren Koordinationsaufwand bei der Sanierung und Integration in die bestehenden Gebäude. Zudem ist eine provisorische Versorgung der bestehenden Anschlüsse während dem Umbau nötig (mobile Heizanlage in der Nähe des Schulhaus Randenblick).

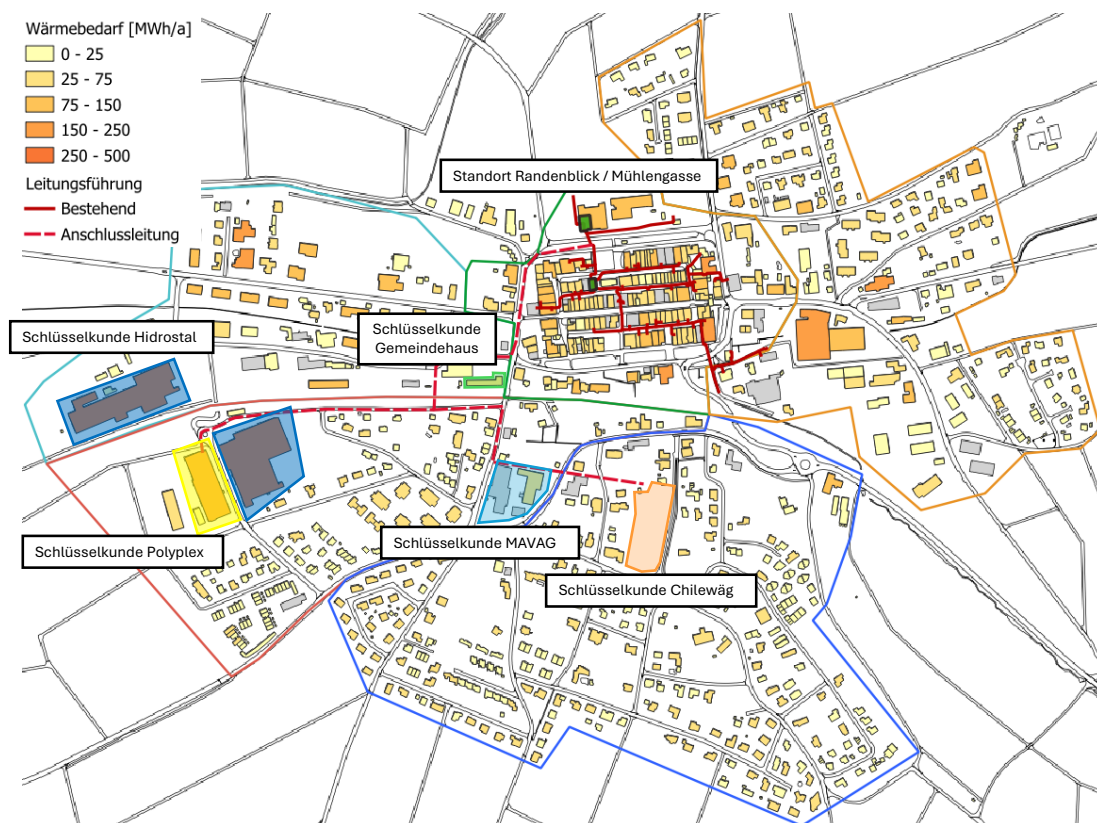


Abbildung 18 Schematische Darstellung des Standorts Randenblick und der Erschliessung der Schlüsselkunden

Beim Standortkonzept Schulhaus Randenblick/Mühlengasse erfolgt der Anschluss der Schlüsselkunden entlang der Strasse «Kleiner Letten» in Richtung Bahnhof. Die Querung von Bahnlinie und Kantonsstrasse wird dabei über die geplante Unterführung beim Bahnhof realisiert, um bauliche Synergien mit diesem Infrastrukturprojekt zu nutzen und zusätzliche Eingriffe im Strassen- und Bahnraum zu minimieren. Auf der gegenüberliegenden Seite der Unterführung werden die Schlüsselkunden im erweiterten Versorgungsgebiet erschlossen und an den bestehenden Verbund angebunden.

5 Energiekonzepte

Folgende Varianten wurden im Zuge der Weiterentwicklung des Verbundes betrachtet genauer betrachtet:

- Variante 1: Holz (Hackschnitzel)
- Variante 2: Grundwasser Wärmepumpen
- Variante 3: Abwärmenutzung Rechenzentrum Beringen
- Variante 4: Kombination Grundwasser und Holz (Bandlast Grundwasser)
- Variante 5: Kombination Holz und Grundwasser (Bandlast Grundwasser und Holz je nach Saison)

5.1 Variante 1 Holz

In der Variante 1 Holz wird der Wärmebedarf des Verbundes vollständig durch eine Holz hackschnitzelheizung gedeckt. Vorgesehen ist der Ersatz der bestehenden Holzfeuerung durch eine neue Anlage mit einer installierten Leistung von 2'000 kW, welche den Verbund monovalent versorgt (ohne fossile Spitzendeckung). Die Heizanlage wird zur Vermeidung von Vorinvestitionen in zwei Etappen realisiert.

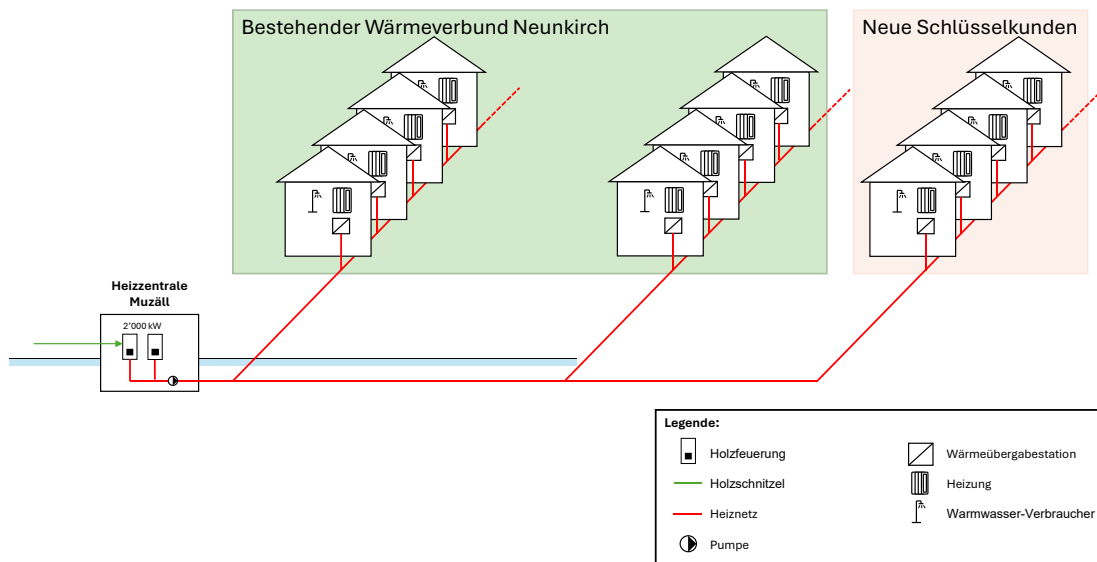


Abbildung 19 Schematische Darstellung des Netzes der Variante 1

Die Anlage deckt den gesamten Wärmeleistungsbedarf von 6'000 MWh/a mittels Holzes (Wald-)Hackschnitzeln. Es sind grosse Wärmespeicher vorgesehen. Damit würde sich der heutige Holzeinsatz von rund 2'400 Sm³/a auf etwa 6'500 Sm³/a erhöhen bzw. etwa verdreifachen.

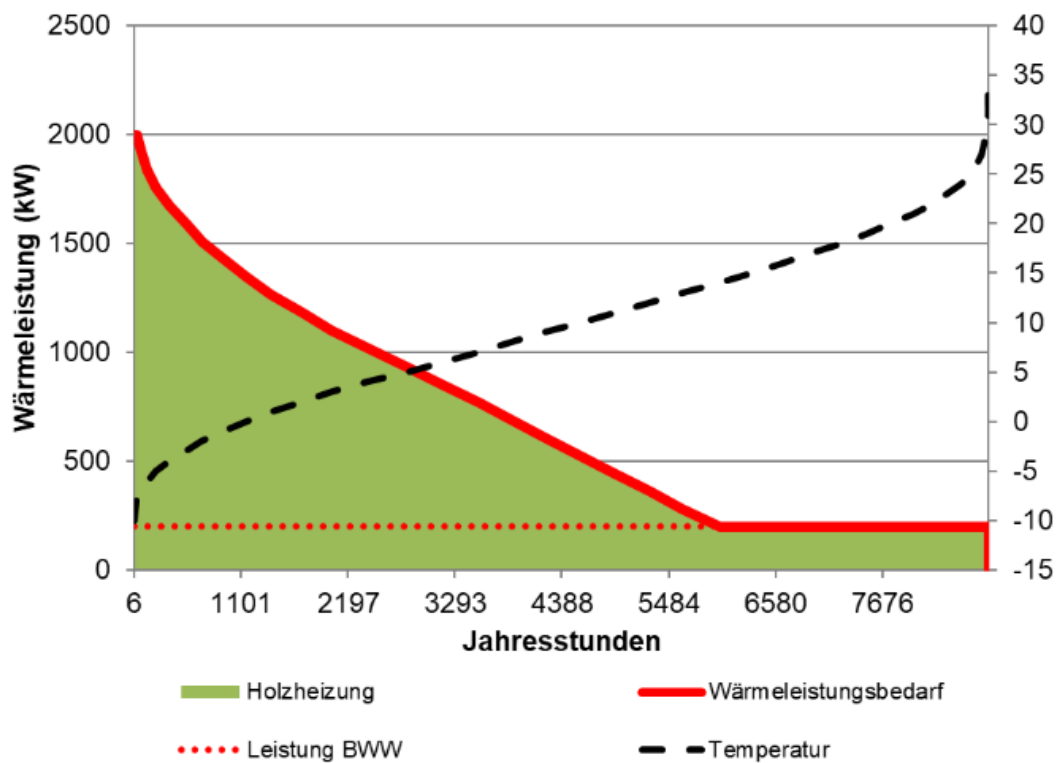


Abbildung 20 Lastprofil der monovalenten Holzheizung

Der Platzbedarf für Kessel, Bunker und Anlagentechnik wird auf rund 350 m² geschätzt. Aus diesem Grund kann diese Variante nur am Standort Muzäll realisiert werden, da der Platz am bestehenden Standort nicht ausreichend ist.

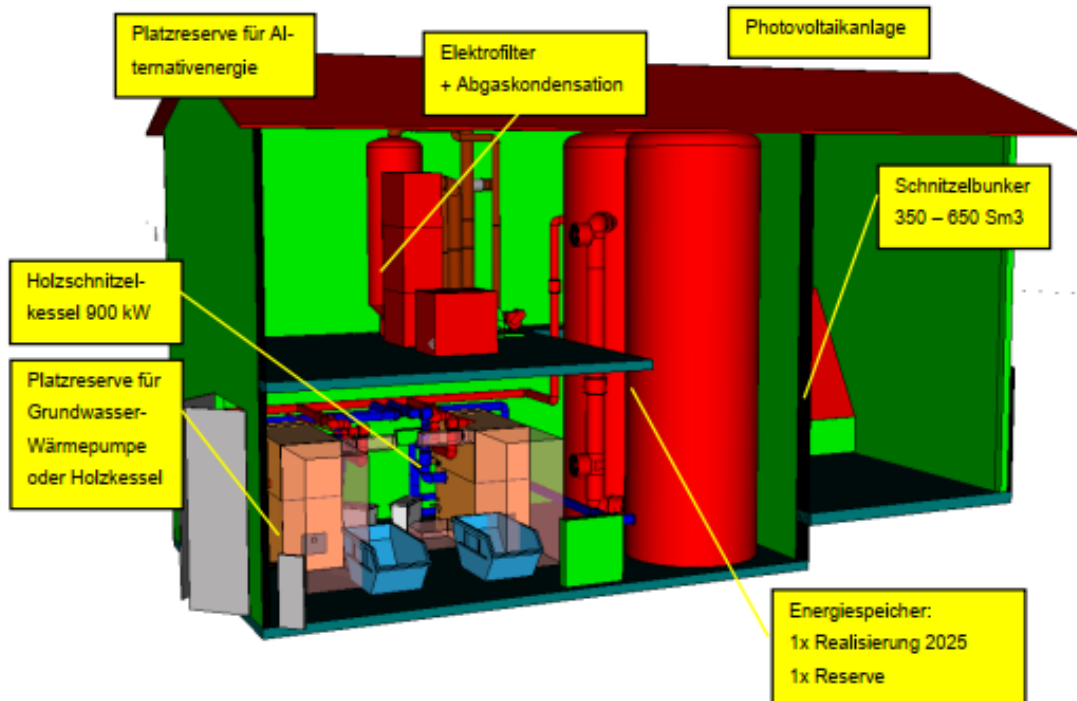


Abbildung 21 Modell der Zentrale Muzäll aus dem Bauprojektbeschrieb von E+H (28.09.2023)

Das benötigte Brennstoffvolumen kann nach heutigem Kenntnisstand durch die regional verfügbaren Holzressourcen abgedeckt werden. Mit einer solchen Anlage sind jedoch auch spezifische Anforderungen verbunden: Es wird eine verlässliche Brennstofflogistik benötigt (Anlieferung, Zwischenlagerung, etc.). Weiter sind Emissions- und Lärmschutzmassnahmen (insbesondere bezüglich Feinstaub, Geruch und Fahrzeugverkehr) zu berücksichtigen sowie Anforderungen an die Ascheentsorgung, die Erschliessung für Lieferfahrzeuge und die Einbindung in die Gebäude- und Sicherheitstechnik.

5.2 Variante 2 Grundwasser Wärmepumpen

In der Variante 2 Grundwasser Wärmepumpen wird der gesamte Wärmebedarf des Verbundes über Grundwasser-Wärmepumpen gedeckt. Vorgesehen ist eine Wärmepumpenanlage mit einer installierten Leistung von 2'000 kW und einer Jahresarbeitszahl von 3.3 (ca. 1/3 Strom und 2/3 Grundwasser-Wärme des gesamten Wärmebedarfs).

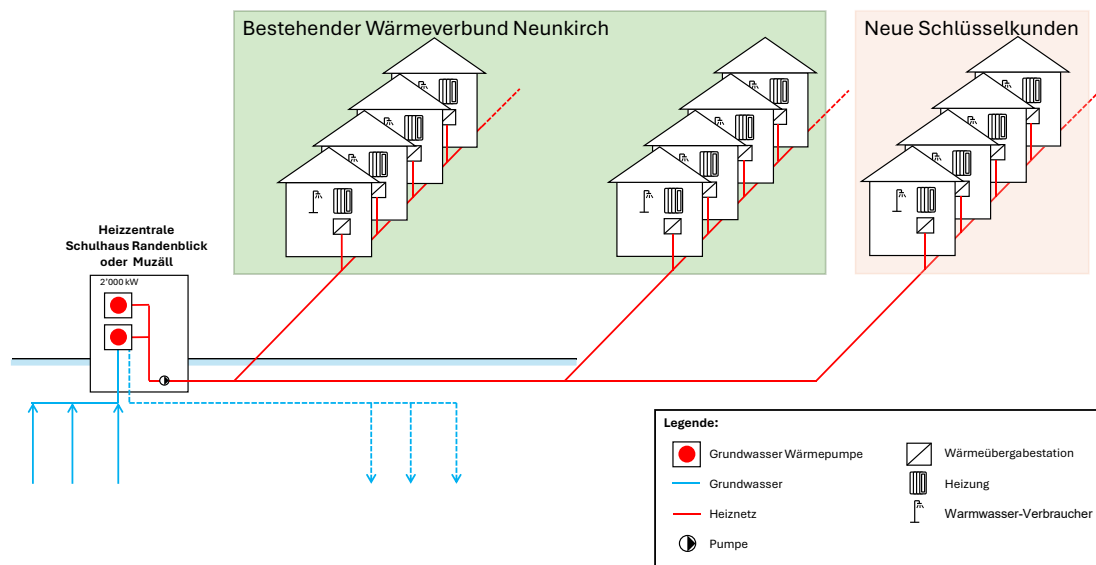


Abbildung 22 Schematische Darstellung des Netzes der Variante 2

Die Anlage kann den gesamten Wärmebedarf ohne fossile Wärmeträger (analog Variante 1) mit rund 4'200 MWh Grundwasser und 1'800 MWh/a Strom bereitstellen.

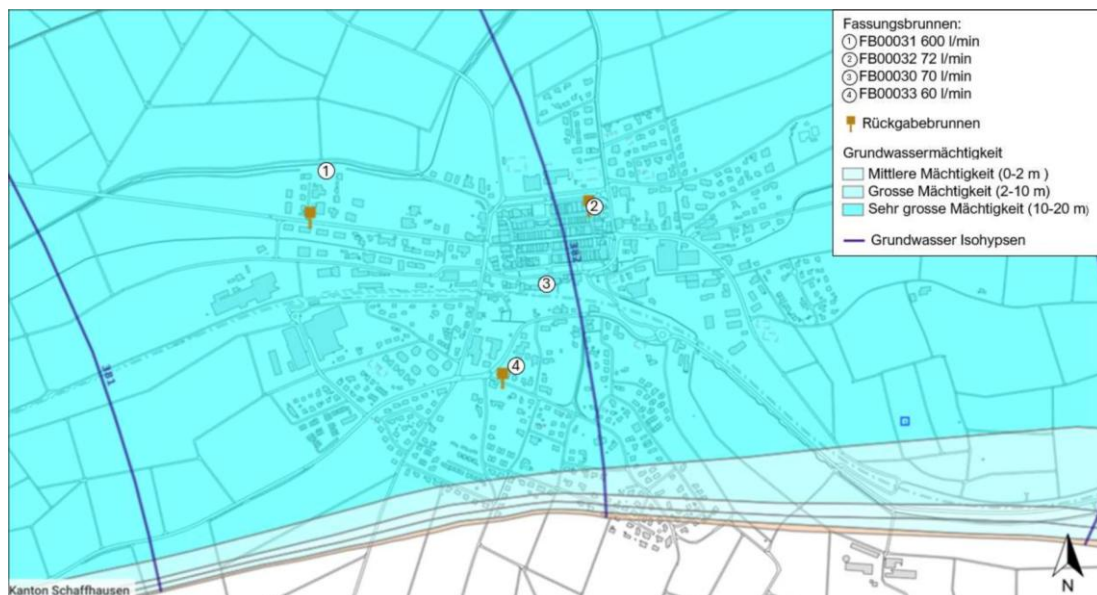
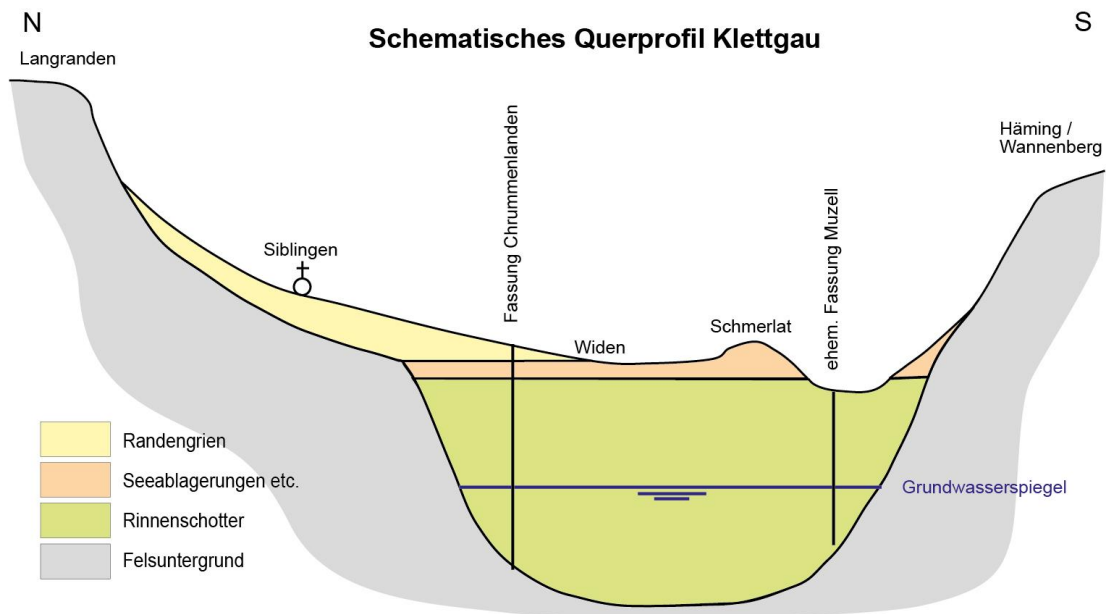


Abbildung 23 Querschnitt durchs Klettgau und Übersichtsplan des Grundwasserträgers in Neunkirch (Quelle: Ausbau Wärmeverbund Neunkirch, Bollinger, 2025)

Die Nutzung des Grundwassers als alleinige Wärmequelle erfordert gemäss den bisherigen Abklärungen den Bau von drei Entnahmehrunnen und drei Rückgabebrunnen, um die notwendigen Grundwassermengen bereitzustellen und geordnet zurückzuführen. Der Platzbedarf der Energiezentrale beträgt rund 250 m².

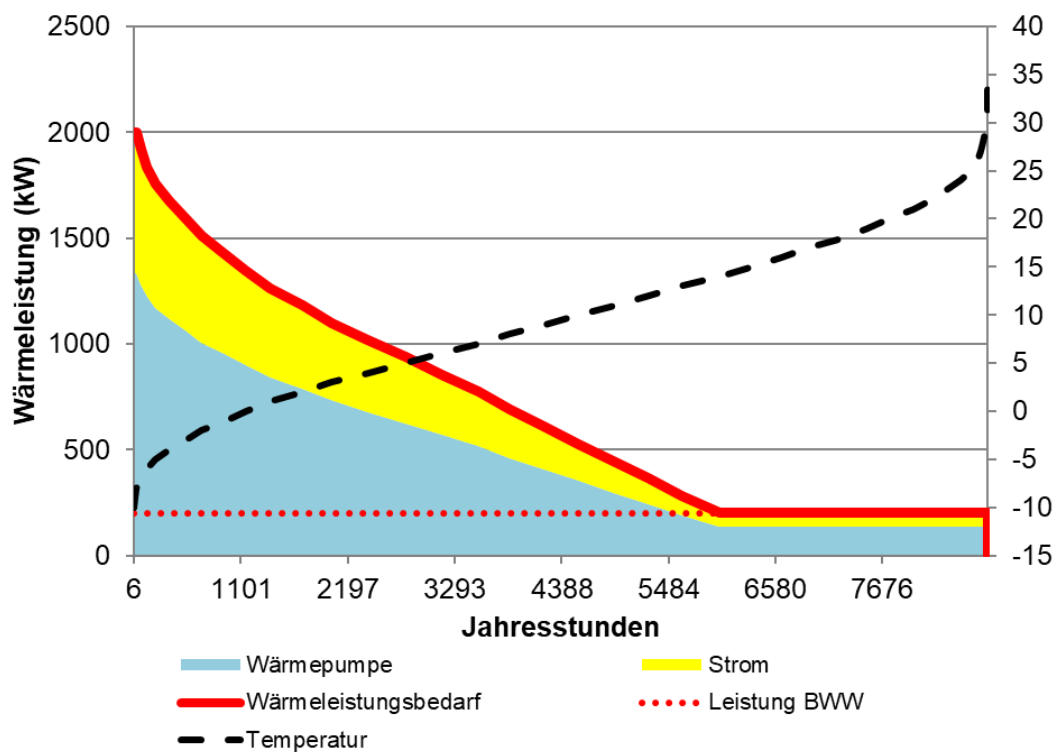


Abbildung 24 Lastprofil der monovalente Grundwassernutzung

Die Grundwassernutzung bietet als Wärmequelle eine relativ konstante Temperatur über das Jahr und damit sehr gute Betriebsbedingungen für die Wärmepumpe. Dies führt zu einer hohen Effizienz und zu stabilen Betriebskosten. Zudem liegt die Gemeinde Neunkirch auf einem grossen, gut nutzbaren Grundwasservorkommen, wie es in der Schweiz nur selten anzutreffen ist, was die grundsätzliche Eignung dieses Energieträgers unterstreicht. Dem stehen ein hoher elektrischer Energiebedarf und damit eine klare Abhängigkeit vom Strompreis gegenüber. Die Bewilligung der Grundwassernutzung erfordert einen detaillierten Nachweis zu Entnahme- und Rückgabemengen, zum vorgesehenen Temperaturhub sowie zu den möglichen Auswirkungen auf das Grundwasserregime. Vorabklärungen mit dem örtlichen Geologen (Hans Rudolf Graf) zeigen, dass die Machbarkeit einer solchen Grundwassernutzung insgesamt als sehr gut einzustufen ist.

Am Standort Schulhaus Randenblick kann die Wärmepumpenanlage in der bestehenden Heizzentrale untergebracht werden. Hierfür müssten die Zentrale sowie der Schnitzelbunker saniert und an die neue Nutzung angepasst werden. Die Entnahmebrunnen könnten auf der Parkplatzfläche vor dem Schulhaus angeordnet werden, sofern sie so positioniert werden, dass die unterirdische Zivilschutzanlage nicht beeinträchtigt wird. Für die Rückgabe des Grundwassers sind aufgrund der erforderlichen Abstände mehrere Brunnen rund 600 m stromabwärts vorgesehen. Hierzu sind im nördlich anschliessenden Landwirtschaftsgebiet geeignete öffentliche Parzellen zu prüfen, welche eine Rückgabe ohne Beeinflussung bestehender Fassungen ermöglichen.

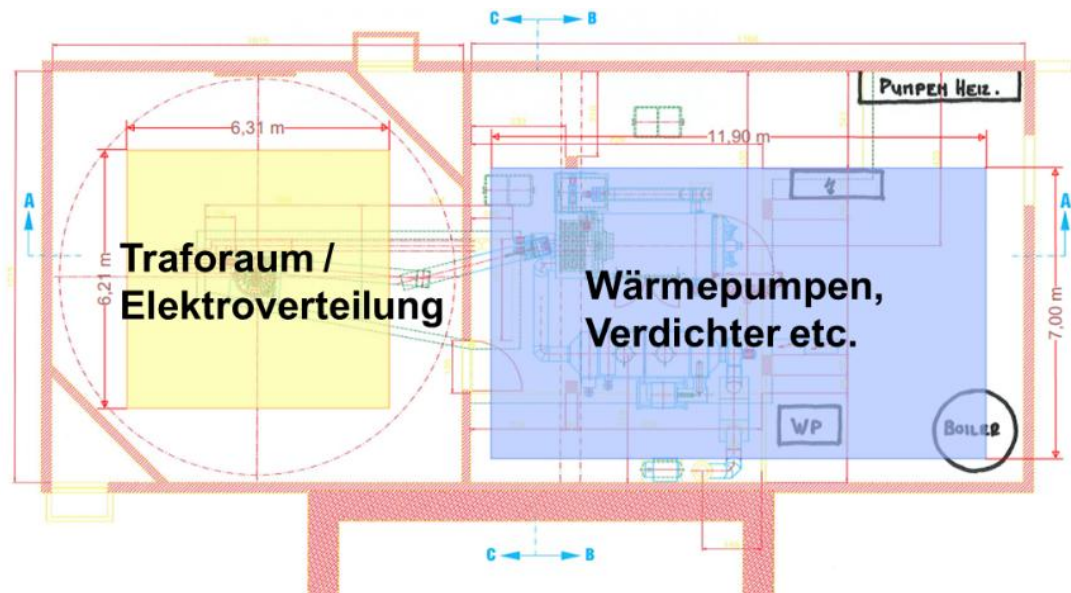


Abbildung 25 Ungefährer Flächenbedarf in der bestehenden Zentrale schematisch dargestellt.

Der Standort Muzäll kann diese Variante ebenfalls aufnehmen. Das geplante Zentralengebäude würde dabei entsprechend den Anforderungen der Grundwasser-Wärmepumpe angepasst und gegenüber der ursprünglichen Auslegung verkleinert. Die Entnahmebrunnen könnten direkt auf der vorgesehenen Bauparzelle realisiert werden. Die Rückgabebunnen müssten auch hier rund 600 m stromabwärts platziert werden. Eine Möglichkeit bestünde darin, die Leitung entlang der geplanten Erschliessungsleitung beispielsweise bis in den Bereich der Firma Hidrostal zu führen und dort eine Rückgabe zu realisieren, vorausgesetzt, die Eigentümer stimmen einer solchen Nutzung zu. Zusätzliche mögliche Rückgabestandorte sind zu prüfen.

5.3 Variante 3 Abwärme Wärmepumpen

In der Beringer Industrie entsteht ein Rechenzentrum, das jährlich rund 315 GWh Strom beziehen wird. Gemäss Vorprojekt von Renercon (Quelle: *E-Hub Beringen/Schaffhausen, Vorprojekt Abwärmenutzung Rechenzentrum Beringen, 03.03.2025, Renercon*) ist von einem Potenzial von bis zu 114 GWh Nutzwärme aus der Rechenzentrumsabwärme auszugehen.

Im Rahmen der Abklärungen zum Wärmeverbund in Beringen hat sich gezeigt, dass trotz der Wärmeabgabe in Richtung Schaffhausen noch freie Kapazitäten von rund 2 MW vorhanden wären. Grundsätzlich besteht damit die Möglichkeit, einen Teil dieser Abwärme nach Neunkirch zu führen und den dortigen Wärmeverbund zu speisen. Hierfür wäre der Bau einer rund 6.5 km langen Verbindungsleitung zwischen Beringen und Neunkirch erforderlich (siehe Abbildung 27).

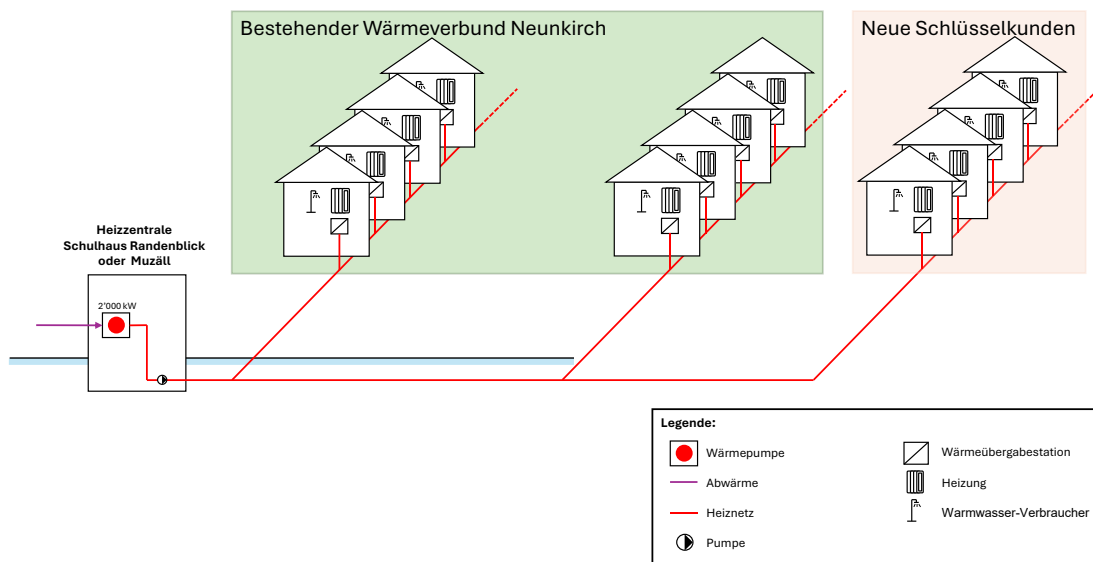


Abbildung 26 Schematische Darstellung der Abwärmenutzung

Die technische Machbarkeit einer solchen Erschließung aus Beringen wird insgesamt als gegeben eingestuft. Weiterführende Abklärungen haben jedoch gezeigt, dass die Kommunikation und Schnittstellenorganisation mit dem Rechenzentrum anspruchsvoll sind. Zudem konnte bestätigt werden, dass vereinfachte Leitungsführungen, etwa durch Mitnutzung des bestehenden Abwasserkanals, nicht realisiert werden können. Diese Rahmenbedingungen schränken die praktische Umsetzbarkeit und Attraktivität einer Anbindung von Neunkirch an den Wärmeverbund in Beringen deutlich ein.



Abbildung 27 Mögliche Verbindungsleitung nach Beringen.

In der Variante wird der gesamte Wärmebedarf monovalent durch eine Wärmepumpe mit 2'000 kW Leistung und einer Jahresarbeitszahl von 4.3 gedeckt. Die Abwärme aus dem Rechenzentrum Beringen wird dabei in Neunkirch über diese Wärmepumpe auf das für den Wärmeverbund benötigte Temperaturniveau angehoben. Die jährliche Wärmebereitstellung beträgt rund 4'600 MWh, wofür etwa 1'400 MWh elektrische Energie benötigt werden. Der Platzbedarf der Energiezentrale wird analog zur Grundwasservariante auf etwa 250 m² geschätzt.

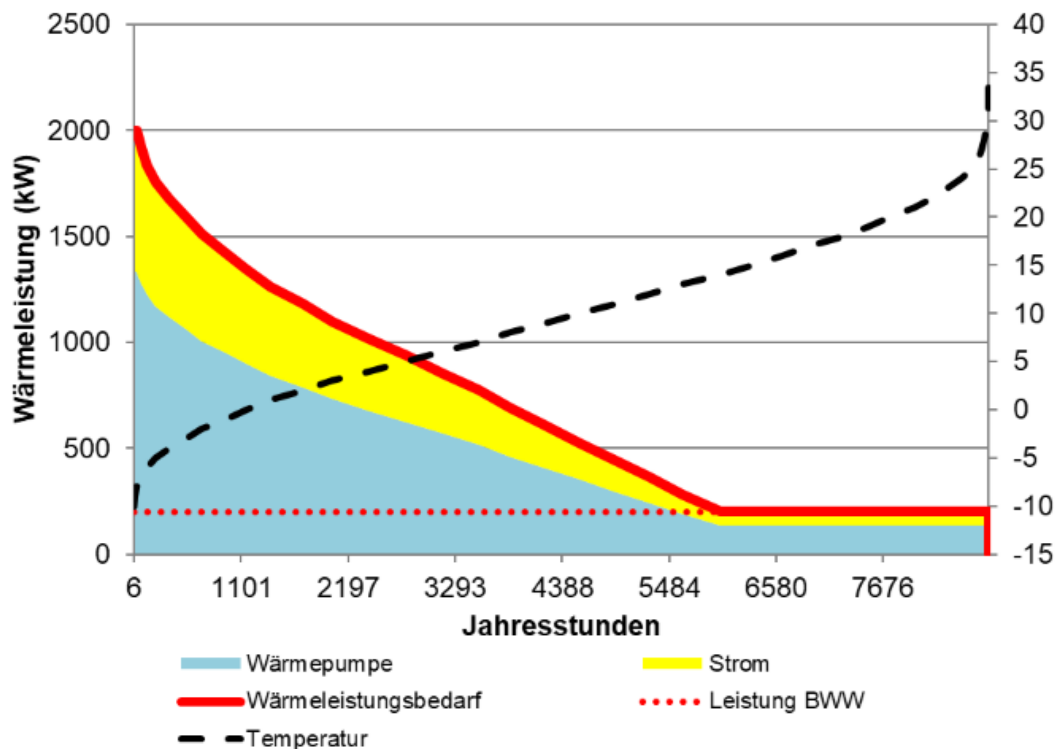


Abbildung 28 Lastprofil der Abwärmenutzung

Die Ausgestaltung der Energiezentrale entspricht damit im Wesentlichen jener der Variante 2 Grundwasser Wärmepumpen. Die Nutzung der Abwärme ist grundsätzlich an beiden Standorten realisierbar und würde dort jeweils vergleichbare bauliche Anpassungen wie bei der Grundwasserlösung (Variante 2) erfordern.

5.4 Variante 4 Grundwasser und Holz

Das Grundwasser kann auch bivalent zur Energiebereitstellung genutzt werden. In diesem Konzept wird die Bandlast über eine Wärmepumpe mit einer Leistung von 1'000 kW und einer Jahresarbeitszahl von 3.3 gedeckt, während die Spitzenlast durch eine zusätzliche Holzheizung mit ebenfalls 1'000 kW Leistung abgedeckt wird. Dies würde zu einem Verbrauch von rund 400 Sm³/a führen, diese beläuft sich heute auf etwa 2'400 Sm³/a. Die bestehende Energiezentrale bietet jedoch nicht genügend Platz, um sowohl Wärmepumpe als auch Holzkessel aufzunehmen. Der erforderliche Flächenbedarf wird auf rund 450 m² geschätzt.

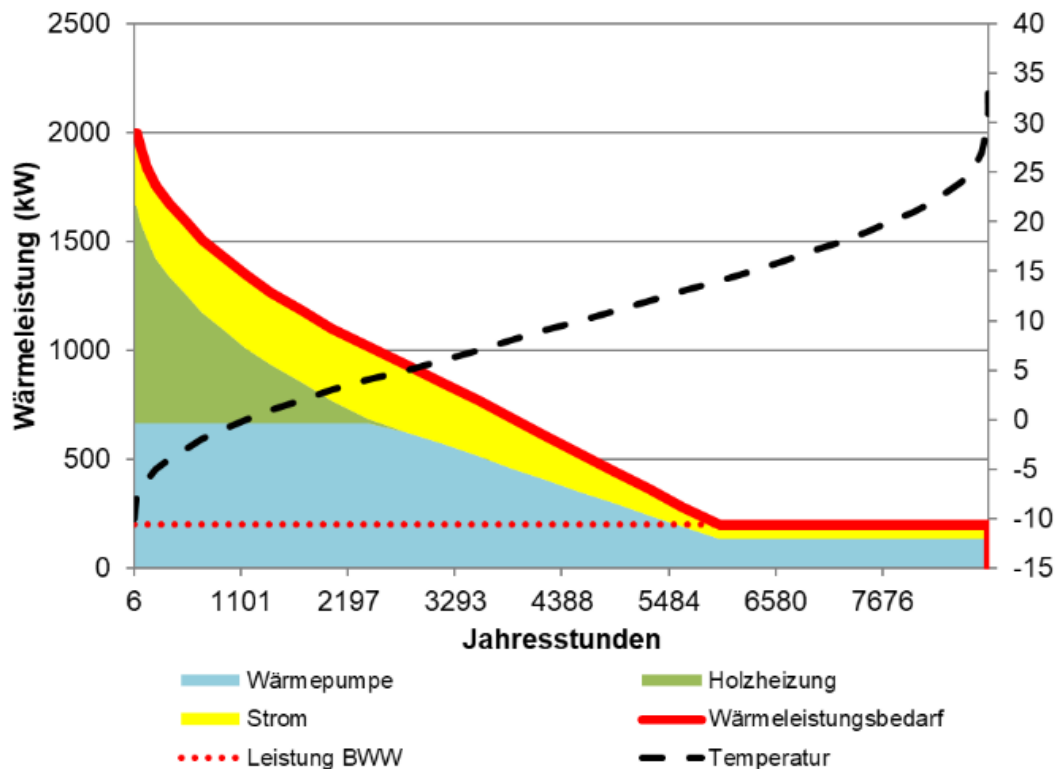


Abbildung 29 Lastprofil der bivalenten Grundwassernutzung zusammen mit Holz

Je nach gewähltem Standort führt dieses bivalente Konzept zu zwei unterschiedlichen Ausgestaltungen. Im Gebiet Muzäll kann die gesamte Anlage, das heisst Wärmepumpe und Holzheizung, innerhalb des neu geplanten Gebäudes untergebracht werden.

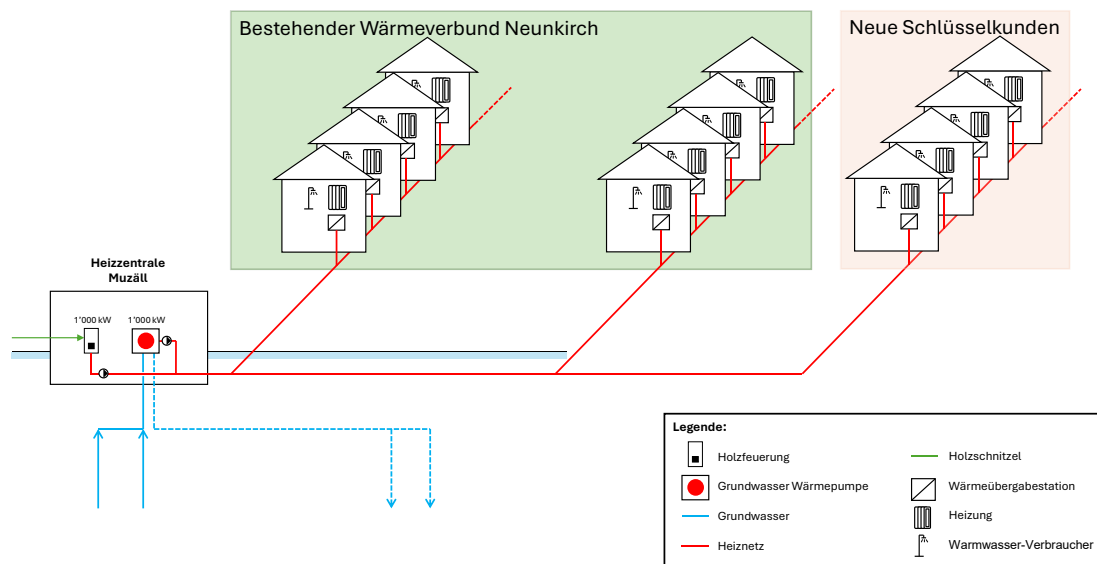


Abbildung 30 Schematische Darstellung der Variante mit Grundwasser und Holz am Standort Muzäll.

In der Variante mit den Standorten Schulhaus Randenblick und Mühlengasse hingegen wird die Spitzenlastdeckung durch die Holzheizung in der bestehenden Zentrale beim Schulhaus Randenblick realisiert, während die Grundwassererschließung und die Wärmepumpen im Gewölbekeller an der Mühlengasse installiert werden.

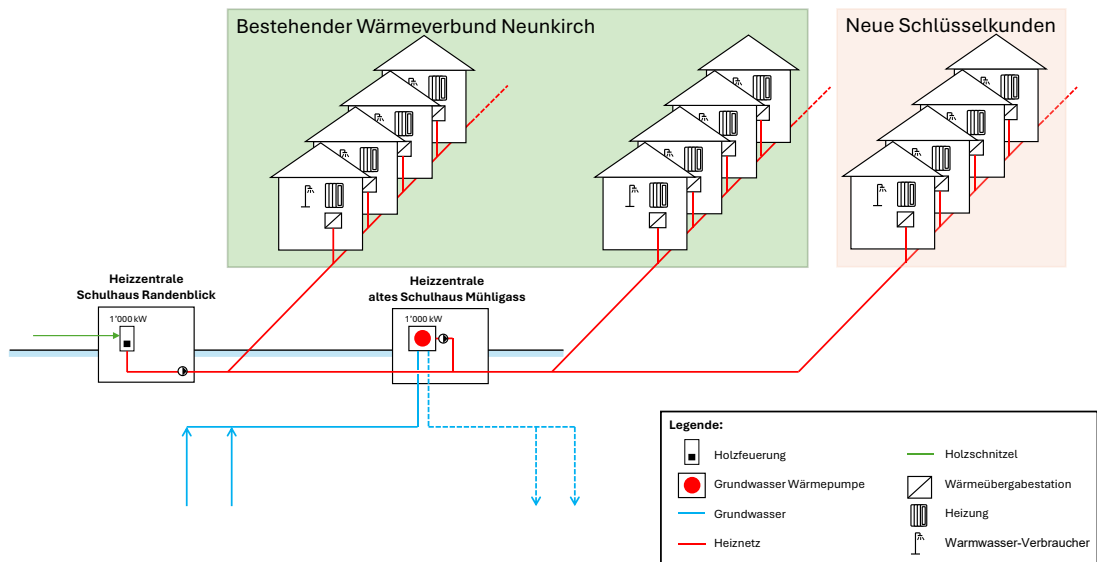


Abbildung 31 Schematische Darstellung der Variante mit Grundwasser und Holz am Standort Randenblick und Mühlengasse.

Bei der Variante Randenblick ist zudem die Lärmbelastung durch die Wärmepumpen zu berücksichtigen. So müssten mindestens die Verdichter aus Schallschutzgründen eingehaust werden.

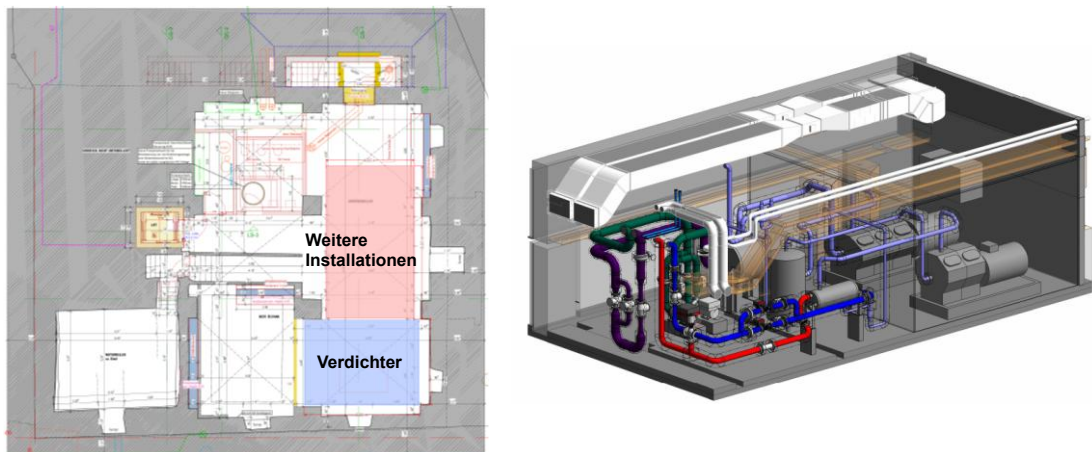


Abbildung 32 Mögliche Aufstellung der Grundwasserinstallationen im Gewölbekeller (links) und eine mögliche Ausgestaltung der Lärmschutzmassnahmen (rechts) mit Einhausung der Wärmepumpenanlage

5.5 Variante 5 Holz und Grundwasser

Diese Variante sieht vor, dass die Bandlast im Sommer über Wärmepumpen mit 700 kW Leistung und einer Jahresarbeitszahl von 3.3 gedeckt wird. Im Winter wird das Heizsystem gewechselt, und die Bandlast wird dann über eine Holzheizung mit 1'300 kW bereitgestellt. Die Spitzenlast wird in dieser Betriebsweise durch die Grundwasserwärmepumpen abgedeckt. Der Holzverbrauch würde sich dadurch auf rund 910 Sm³/a reduzieren (heute rund 2'400 Sm³/a).

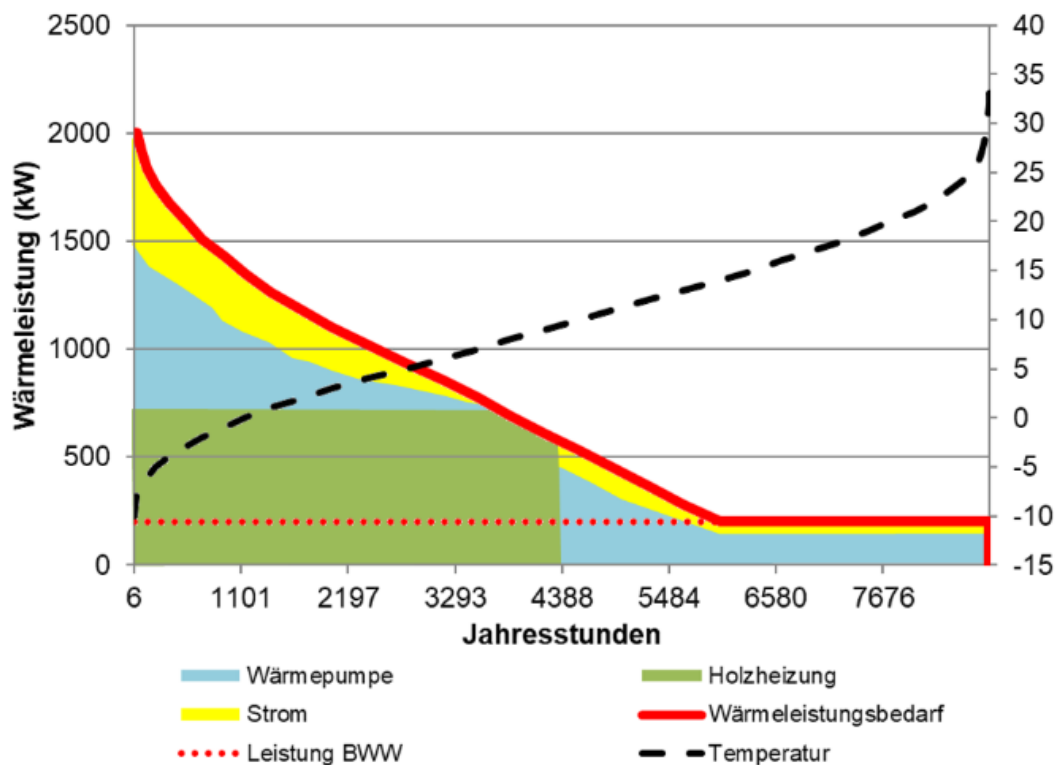


Abbildung 33 Lastprofil der bivalenten Grundwassernutzung im Wechsel mit Holz je nach Jahreszeit

Gegenüber der zuvor beschriebenen bivalenten Auslegung unterscheidet sich diese Variante im Wesentlichen in der Leistungsaufteilung zwischen Wärmepumpen und Holzheizung sowie in der saisonalen Nutzung der Energieträger. Am Standort Muzäll kann die gesamte Anlage (Wärmepumpe und Holzheizung) innerhalb des geplanten Gebäudes untergebracht werden. In der Variante mit den Standorten Schulhaus Randenblick und Mühlengasse wird die Holzheizung in der bestehenden Zentrale beim Schulhaus Randenblick installiert, während die Grundwassererschließung und die Wärmepumpe im Gewölbekeller an der Mühlengasse platziert werden (Analog zu Variante 4).

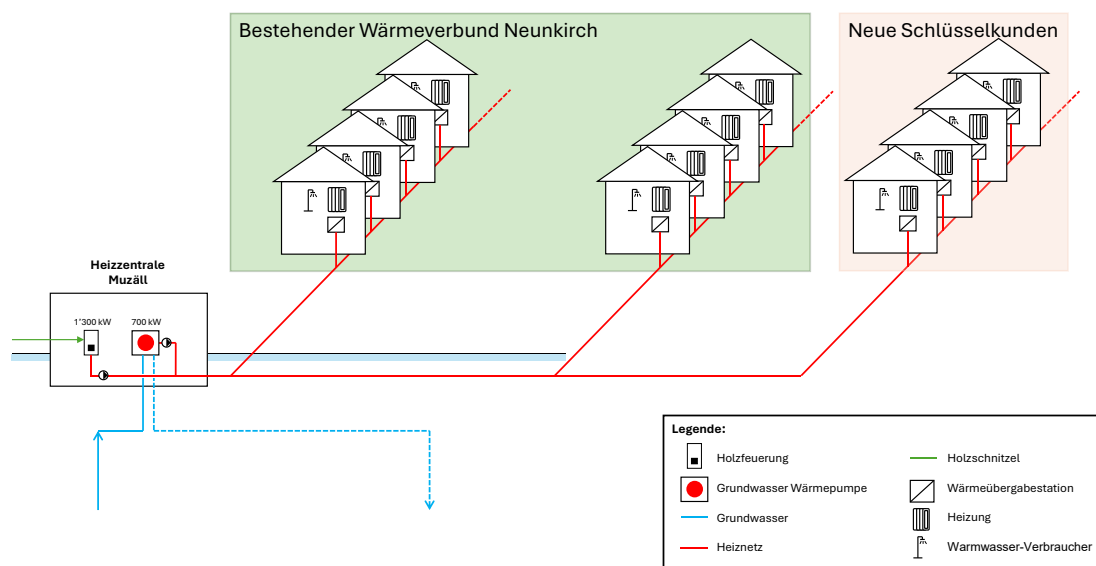


Abbildung 34 Schematische Darstellung der Variante 5 am Standort Muzäll

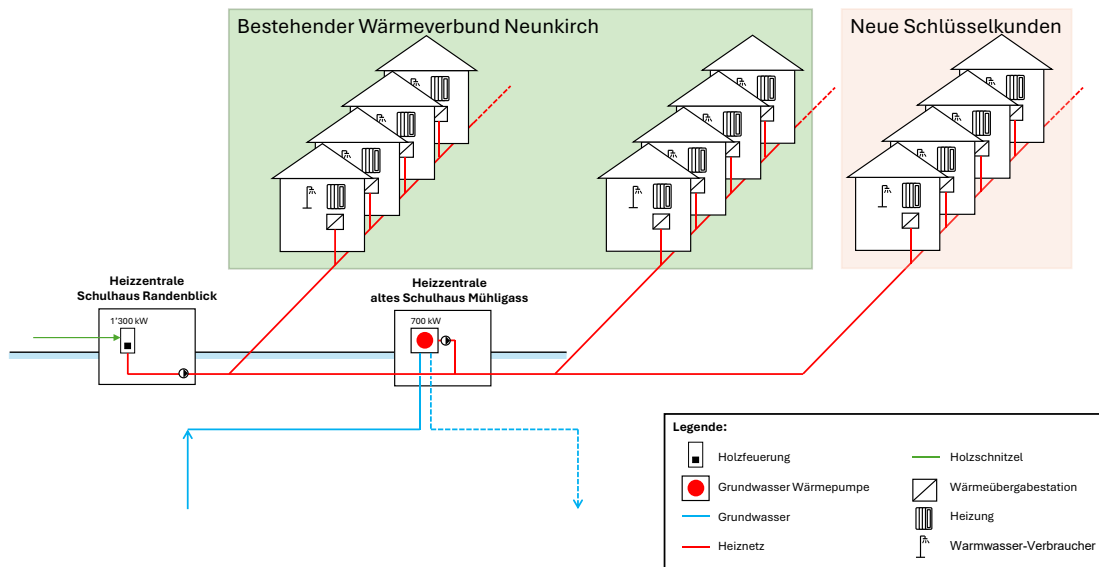


Abbildung 35 Schematische Darstellung der Variante 5 am Standort Randenblick und Mühligasse

6 Variantenvergleich

6.1 Energiemix

Die Abbildung zeigt den jährlichen Energieeinsatz der untersuchten Varianten, aufgeteilt nach Holz, Anergie sowie Strombedarf für Wärmepumpen und Umwälzpumpen. Die Varianten weisen einen vergleichbaren Gesamtenergieeinsatz auf, unterscheiden sich jedoch deutlich in der Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger. Insbesondere bei den Wärmepumpenvarianten verschiebt sich der Energiebezug von direkter Wärmeerzeugung hin zu Umweltenergie und elektrischem Antriebsstrom. Entsprechend wirken sich Preisänderungen der Energieträger je nach Variante unterschiedlich auf die Betriebskosten aus: Während Holzpreiserhöhungen bei holzbasierten Lösungen nahezu direkt auf die Wärmekosten durchschlagen, betrifft der Strompreis bei Wärmepumpenvarianten nur den elektrischen Antriebsanteil von rund einem Drittel des Wärmebedarfs.

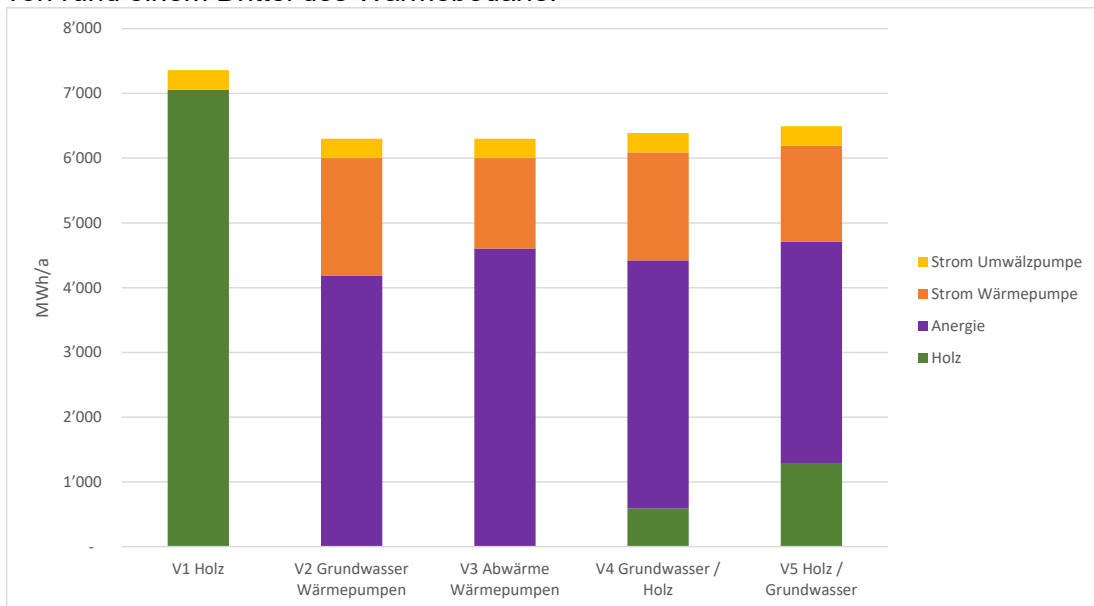


Abbildung 36 Gesamtenergiemix der einzelnen Varianten.

6.2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Kalkulationsgrundlagen	
Kalkulationszinssatz	3.0%
Teuerung	0.0%
Jährliche Energiepreissteigerung	0.0%
Jährliche Anergiepreissteigerung	0.0%
Mehrwertsteuer	8.1%
Preise, wenn nicht anders vermerkt exkl. MwSt.	
Unvorhergesehenes	10.0%
Planungshonorar	12.0%
Kostengenauigkeit	+/- 25%
Kostengenauigkeit Holzzentrale Muzäll	+/- 10%

6.3 Investitionskosten

Spezifische Kosten		
Vorbereitungsarbeiten / Altlastensanierung	CHF/Stk	180'000
Rückbau bestehende Anlage	CHF/Stk	55'000
Sanierung bestehende Zentralen	CHF/m ²	1'000
Neubau Heizzentrale	CHF/m ³	430
Holzsnitzelheizanlage inkl. Elektrofilter und weiteren Anlagen	CHF/kW	1'200
Wärmepumpenanlage	CHF/kW	1'100
Elektroanlagen	CHF/kW	1'400
Entnahme- / Rückgabebrunnen	CHF/Stk	150'000
Fernwärmenetz	CHF/Tm	1'600
Leitungsbau Spülbohrung	CHF/Tm	3'400
Grundwasserleitungen	CHF/m	1'000
Wertverlust der Fläche	CHF/m ²	100
Ersatz bestehender Kundenstationen	CHF/Stk	12'000
Bereits erbrachte Leistungen im Projekt Muzäll	CHF/Stk	680'000

In den Erstellungskosten sind alle Anlagen enthalten, die zusätzlich zu den bereits installierten Einrichtungen für die Wärmeaufbereitung erforderlich sind. Zusätzlich wird auch das bestehende Netz in den Varianten jeweils eingerechnet. Daraus ergeben sich die Gesamtkosten für den Endausbau der jeweiligen Variante.

Bei der Variante Grundwasser Wärmepumpen beinhalten die Erstellungskosten die Grundwassererschliessung inklusive Fassung und Rückgabe sowie sämtliche Anlagenteile der Wärmepumpe. Bei den bivalenten Varianten aus Grundwasser/Wärmepumpe und Holzheizung wird zusätzlich die Holzfeuerung inklusive Peripherie berücksichtigt. Ebenfalls eingerechnet sind die erforderlichen Umbauten an der bestehenden Infrastruktur, insbesondere an den Energiezentralen Schulhaus Randenblick und Mühlengasse. Zusätzlich werden bei allen Varianten der Wertverlust der bebauten Fläche sowie die bereits erbrachten Planerleistungen berücksichtigt.

Abbildung 37/Abbildung 39 zeigen die Grössenordnung der Investitionskosten (für den Endausbau) der untersuchten Varianten sowie deren Aufteilung auf die wesentlichen Kostengruppen für die beiden Standortvarianten Muzäll und Randenblick.

6.3.1 Standort 1 Muzäll

Für den Standort Muzäll (Abbildung 37) weist Variante 1 (Holz) die tiefsten Investitionskosten auf. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass bei dieser Variante keine Kosten für die Grundwassererschliessung inklusive Fassung, Rückgabe und Verbindungsleitungen anfallen. Die grössten Kostenanteile entfallen auf die Wärmeerzeugung sowie auf die baulichen Massnahmen und das Leitungsnetz.

Variante 2 (Grundwasser Wärmepumpen) liegt investitionsseitig über der Holzvariante, jedoch weiterhin im unteren Bereich des Vergleichs. Ausschlaggebend sind hier insbesondere die zusätzlichen Kosten für die Grundwassererschliessung und die Wärmepumpenanlage, während Aufwendungen für Holzlagerung und Förder-technik entfallen.

Die höchsten Investitionskosten weist Variante 3 (Abwärme Wärmepumpen) auf. Hauptursache dafür sind die im Vergleich deutlich höheren Kosten für das Leitungsnetz.

Die bivalenten Varianten 4 und 5 mit Grundwasser Wärmepumpen und Holzheizung liegen investitionsseitig nur geringfügig über der monovalenten Variante 1 und 2. Trotz der zusätzlichen Holzfeuerung inklusive Peripherie, der Grundwassererschliessung sowie des höheren Aufwands für bauliche Massnahmen ergeben sich keine markant höheren Gesamtinvestitionen.

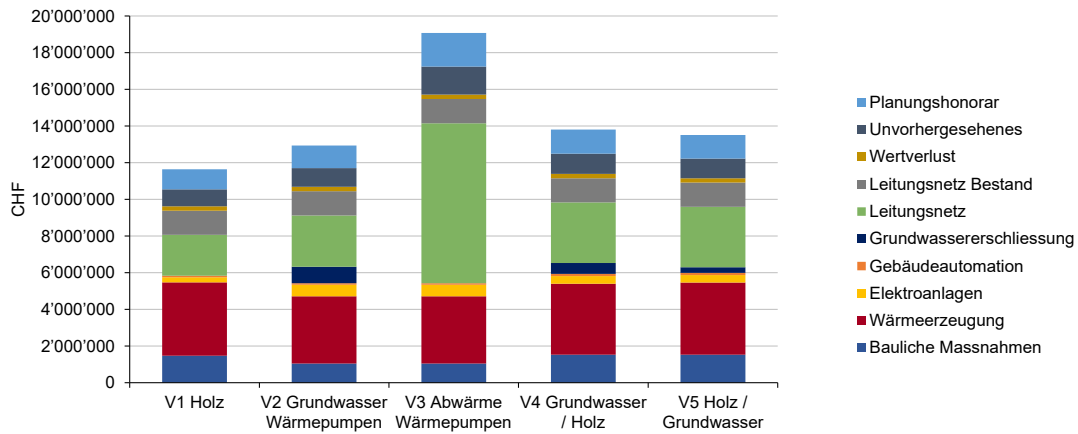


Abbildung 37 Gesamtinvestitionskosten der Varianten am Standort Muzäll.

Für den Standort Muzäll zeigen die Anlagenkosten (Abbildung 38), dass sich die Varianten insbesondere bei den baulichen Massnahmen und Grundwassererschliessung unterscheiden. Variante 3 mit Abwärmenutzung weist hier den geringsten Aufwand auf, während die bivalenten Varianten 4 (Grundwasser/Holz) und 5 (Holz/Grundwasser) die höchsten baulichen Investitionen erfordern. Variante 1 (Holz) und Variante 2 (Grundwasser-Wärmepumpen) liegen diesbezüglich im Mittelfeld. Die Kosten für Wärmeerzeugung, Elektroanlagen und Gebäudeautomation unterscheiden sich deutlich weniger stark. Die Hauptdifferenzen der Varianten am Standort Muzäll entstehen somit aus dem Umfang des Leitungsbaus.

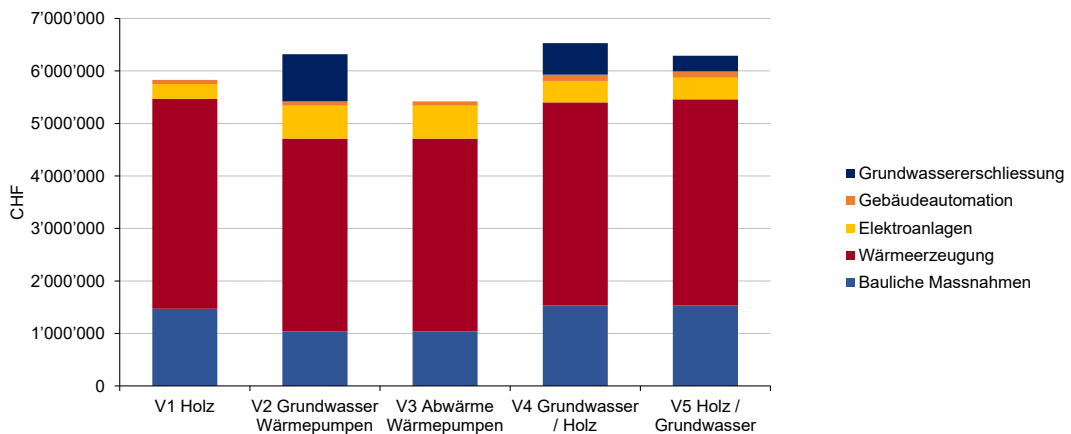


Abbildung 38 Investitionskosten für die Anlage pro Variante.

6.3.2 Standort 2 Randenblick und Mühlengasse

Für den Standort Randenblick weist die Variante 2 Grundwasser Wärmepumpen die tiefsten Investitionskosten auf (Abbildung 39). Trotz der erforderlichen Grundwassererschliessung und der Wärmepumpenanlage bleibt diese Lösung insgesamt günstiger als die übrigen betrachteten Varianten.

Auch am Standort Randenblick verursacht Variante 3 (Abwärme/Wärmepumpe) die höchsten Investitionskosten. Massgebend dafür sind wiederum die sehr hohen Aufwendungen für das Leitungsnetz.

Die bivalenten Varianten 4 und 5 liegen kostenseitig zwischen Variante 2 und Variante 3, jedoch über der monovalenten Grundwasser-Wärmepumpenlösung. Die Mehrkosten ergeben sich auch hier aus der zusätzlichen Holzfeuerung inklusive Peripherie, den Umbauten an der bestehenden Infrastruktur sowie den Kosten für die Grundwassererschliessung.

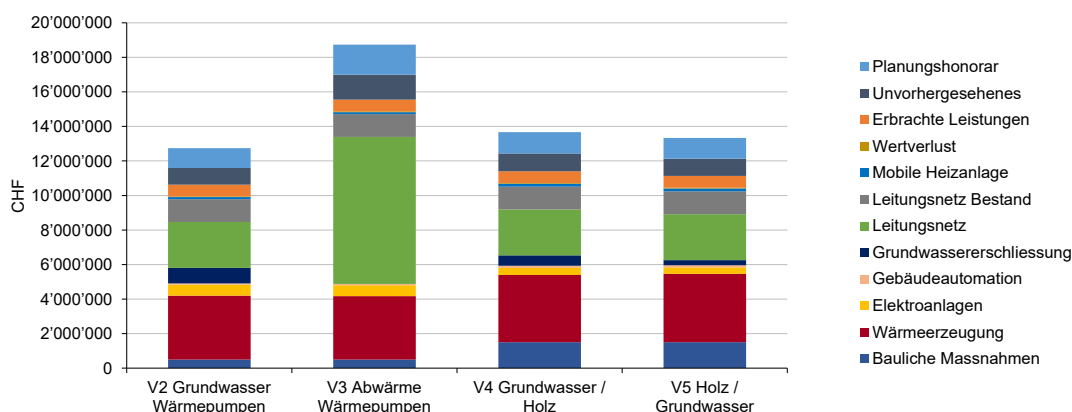


Abbildung 39 Gesamtinvestitionen der Varianten beim Schulhaus Randenblick.

Am Standort Randenblick zeigt sich ein ähnliches Bild (Abbildung 40). Variante 3 mit Abwärmenutzung benötigt am wenigsten Investitionskosten für den Anlagenbau, da keine Grundwasserinstallationen gebaut werden müssen. Die Variante 2 ist grundsätzlich baugleich, erfordert aber den Bau der Fassungs- und Rückgabebrunnen. Die bivalenten Varianten 4 und 5 verursachen auch hier die höchsten baulichen Investitionen, da für die Kombination der Erzeugungssysteme zusätzliche Technikflächen und Erschliessungen bereitgestellt werden müssen. Die übrigen Anlagenteile, insbesondere Wärmeerzeugung, Elektroanlagen und Gebäudeautomation, liegen im Vergleich der Varianten näher beieinander, sodass die Unterschiede der Investitionskosten am Standort Randenblick primär auf die baulichen Massnahmen und Grundwassererschliessung zurückzuführen sind.

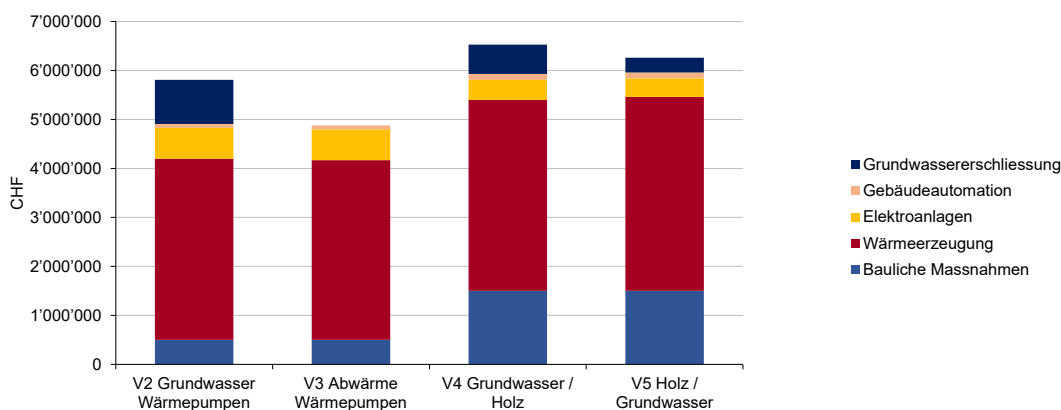


Abbildung 40 Investitionskosten für die Anlage pro Variante.

6.3.3 Contractor-Variante

Wärmeverbundlösungen werden häufig im Contracting betrieben (Externer professioneller Investor und Betreiber). Eine Contractor-Lösung wurde im Rahmen früherer Überlegungen bereits geprüft. Die damals eingeholten Offerten erwiesen sich jedoch als wirtschaftlich nicht ausreichend attraktiv und boten insbesondere für die bestehenden Wärmebezüger keine erkennbaren Vorteile. Die Gemeinde kann den Betrieb des Wärmeverbunds grundsätzlich selbst tragen, da die Anlage über die Wärmeanschlüsse refinanziert wird und kostendeckend betrieben werden kann. Vor diesem Hintergrund wird eine Contractor-Lösung derzeit nicht als vorrangige Umsetzungsoption beurteilt. Bei veränderten Marktbedingungen oder neuen, wirtschaftlich attraktiveren Angeboten kann diese Option erneut geprüft werden.

Allfällige neue Angebote für eine Contracting-Lösung können auf Grundlage der obigen Varianten und Kostenvergleiche für den Endausbau geprüft und kalkulatorisch verglichen werden. Wesentliche Faktoren wie Zeitwert der Anlage, Energiepreise, Tarifmodelle, Investitionsverpflichtungen und Preisstabilität wären mit einem potenziellen Contractor zu verhandeln sowie vertraglich zu definieren und festzuhalten.

	Muzäll					Randenblick / Mühlengasse			
Investitions- kosten	V1 Holz	V2 Grund- wasser Wärmepum- pen	V3 Abwärme Wärmepum- pen	V4 Grund- wasser / Holz	V5 Holz / Grundwas- ser	V2 Grund- wasser Wärmepum- pen	V3 Abwärme Wärmepum- pen	V4 Grund- wasser / Holz	V5 Holz / Grundwas- ser
Bauliche Massnahmen ¹	1'470'000	1'040'000	1'040'000	1'530'000	1'530'000	500'000	500'000	1'500'000	1'500'000
Wärme- erzeugung ²	4'000'000	3'670'000	3'670'000	3'870'000	3'930'000	3'700'000	3'670'000	3'900'000	3'960'000
Elektroanlagen	280'000	630'000	630'000	410'000	410'000	630'000	630'000	410'000	380'000
Gebäude- automation	80'000	80'000	80'000	120'000	120'000	80'000	80'000	120'000	120'000
Grundwasser- erschliessung	-	900'000	-	600'000	300'000	900'000	-	600'000	300'000
Leitungsnetz	2'230'000	2'800'000	8'730'000	3'300'000	3'300'000	2'660'000	8'510'000	2'660'000	2'660'000
Leitungsnetz Bestand	1'320'000	1'320'000	1'320'000	1'320'000	1'320'000	1'320'000	1'320'000	1'320'000	1'320'000
Mobile Heiz- anlage						120'000	120'000	170'000	170'000
Wertverlust ³	240'000	240'000	240'000	240'000	240'000	40'000	40'000	40'000	40'000
Erbrachte Leistungen						680'000	680'000	680'000	680'000
Unvorhergese- henes	920'000	1'020'000	1'530'000	1'100'000	1'070'000	960'000	1'450'000	1'030'000	1'000'000
Planungs- honorar	1'100'000	1'230'000	1'830'000	1'310'000	1'290'000	1'150'000	1'740'000	1'240'000	1'200'000
Total	11'640'000	12'930'000	19'070'000	13'800'000	13'510'000	12'740'000	18'740'000	13'670'000	13'330'000
Davon Erstin- vestitionen	8'295'000	9'322'500	15'537'500	10'252'500	10'027'500	9'145'000	15'230'000	10'132'500	9'870'000

¹Vorbereitungsarbeiten, Sanierung, Gebäude etc., ²Heizanlagen, Speicher, etc., ³Werteverlust durch den Bebau der Fläche/Räumlichkeiten

6.4 Mittlere Jahreskosten

Amortisationszeiten	
Bauliche Massnahmen	50 Jahre
Anlagenbau	25 Jahre
Heizkessel Holz	25 Jahre
Wärmepumpen	25 Jahre
Elektroanlagen	20 Jahre
MSRL / Gebäudeautomation	20 Jahre
Fernwärmenetz	50 Jahre
Grundwassererschliessung	50 Jahre
Durchschnittliche Nutzungsdauer	25 Jahre

Jahresarbeitszahlen und Nutzungsgrad	
Holzschnitzel mit Filter und Abgaskondensation	0.9
Wärmepumpe Grundwasser	3.30
Wärmepumpe Abwärme	4.30

6.4.1 Standort 1 Muzäll

Die Darstellung der mittleren Jahreskosten am Standort Muzäll zeigt, dass die Variante 1 Holz und Variante 2 Grundwasserwärmepumpen die tiefsten Gesamtkosten aufweisen. Die Holzvariante liegt dabei auf dem niedrigsten Kostenniveau, während die Grundwasservariante nur geringfügig höhere Jahreskosten verursacht. Deutlich höhere mittlere Jahreskosten ergeben sich für die Variante 3 Abwärmewärmepumpen, was insbesondere auf die erhöhten Kapitalkosten zurückzuführen ist. Auch die bivalenten Varianten 4 Grundwasser/Holz und Variante 5 Holz/Grundwasser liegen über den Kosten der reinen Holz- bzw. Grundwasservariante, jedoch weiterhin deutlich unterhalb der Abwärmevariante. Insgesamt wird ersichtlich, dass die Kapitalkosten bei allen Varianten den grössten Anteil an den mittleren Jahreskosten ausmachen, während die Betriebs- und Energiekosten geringer ausfallen.

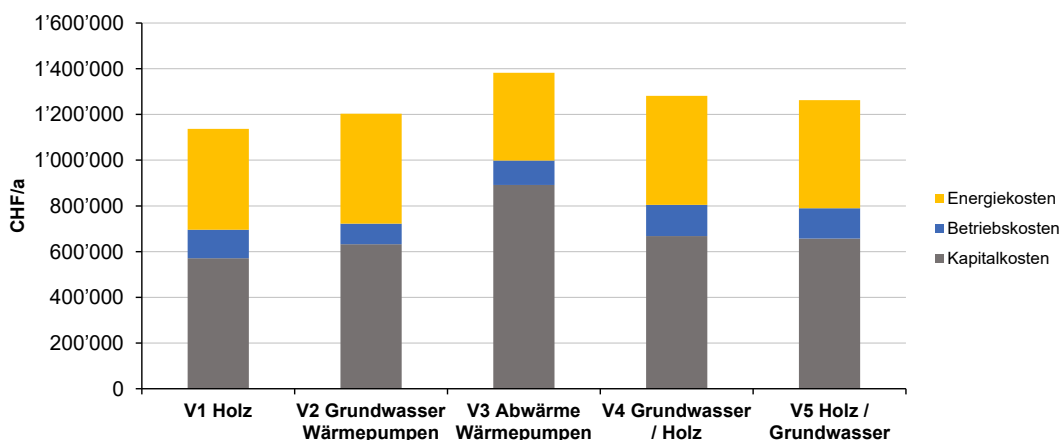


Abbildung 41 Mittlere Jahreskosten am Standort Muzäll pro Variante.

6.4.2 Standort 2 Randenblick und Mühlangasse

Die Darstellung der mittleren Jahreskosten am Standort Randenblick zeigt, dass die Variante 2 Grundwasserwärmepumpen die tiefsten Gesamtkosten aufweist. Die Variante 4 Grundwasser/Holz und Variante 5 Holz/Grundwasser liegen kostenmässig in einer ähnlichen Grössenordnung, jedoch leicht über der reinen Grundwasservariante. Die höchsten mittleren Jahreskosten resultieren bei der Variante Abwärmewärmepumpen, was in erster Linie auf die deutlich höheren Kapitalkosten zurückzuführen ist. Insgesamt zeigt sich auch am Standort Randenblick, dass die Kapitalkosten bei allen Varianten den grössten Anteil an den mittleren Jahreskosten ausmachen, während Betriebs- und Energiekosten einen kleineren, aber dennoch relevanten Beitrag leisten.

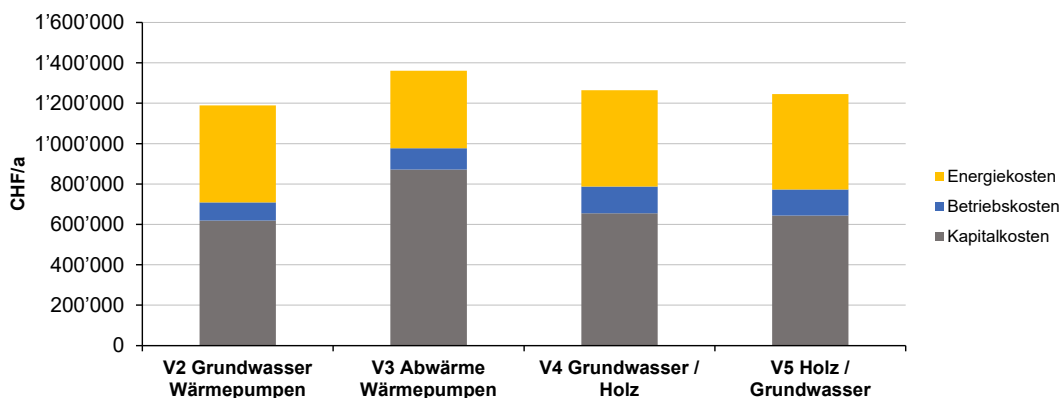


Abbildung 42 Mittlere Jahreskosten am Standort Randenblick pro Variante.

6.5 Gesteungskosten

Energieträger	Rp./kWh	Quelle
Strom	22.66	EKS-Tarifblatt
Holzschnitzel	5.6	E+H Studie

6.5.1 Standort 1 Muzäll

Die Darstellung der Wärmegestehungskosten am Standort Muzäll zeigt, dass die Variante 1 Holz und Variante 2 Grundwasserwärmepumpen mit rund 18.9 bzw. 20 Rp./kWh die tiefsten Werte aufweisen. Die Grundwasservariante liegt damit nur geringfügig über der Holzvariante. Deutlich höhere Wärmegestehungskosten resultieren bei der Variante 3 Abwärmewärmepumpen mit rund 23 Rp./kWh. Die bivalenten Varianten 4 Grundwasser/Holz und Variante 5 Holz/Grundwasser liegen mit rund 21 bis 21.4 Rp./kWh zwischen den reinen Grundwasser- bzw. Holzvarianten und der Abwärmevariante.

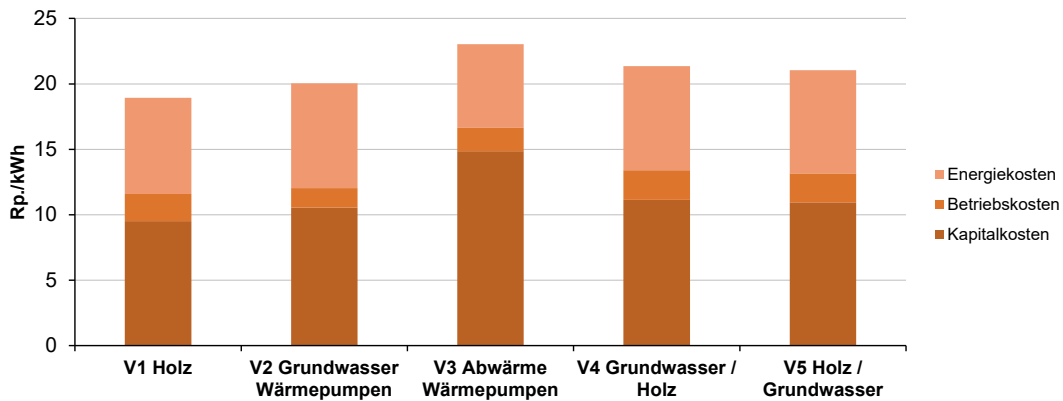


Abbildung 43 Energiegestehungskosten am Standort Muzäll.

6.5.2 Standort 2 Randenblick und Mühlengasse

Die Darstellung der Wärmegegestehungskosten am Standort Randenblick zeigt, dass die Variante Grundwasserwärmepumpen mit 19.8 Rp./kWh die tiefsten Kosten aufweist. Die bivalenten Variante 4 Grundwasser/Holz und Variante 5 Holz/Grundwasser liegen mit ca. 21 Rp./kWh leicht darüber und bewegen sich in einer ähnlichen Grössenordnung. Die höchsten Wärmegegestehungskosten ergeben sich mit rund 22.7 Rp./kWh für die Variante 3 Abwärme/Wärmepumpen.

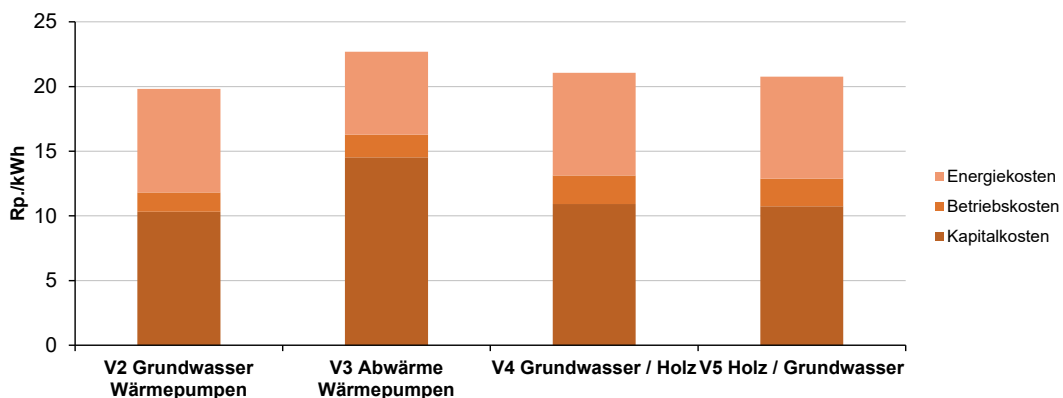


Abbildung 44 Energiegestehungskosten am Standort Randenblick.

6.6 Ökologie

6.6.1 Treibhausgasemissionen

Energieträger	Kg CO ₂ / kWh
Strom (CH Verbrauchermix)	0.101
Strom (Wasserkraft)	0.011
Holzschnitzel	0.011

Die Treibhausgasemissionen unterscheiden sich je nach angenommenem Strommix deutlich. Auf Basis des Schweizer Verbrauchermix liegen die Wärmepumpenvarianten mit rund 170 bis 215 tCO₂-eq/a deutlich über der Holzvariante mit rund 100 tCO₂-eq/a. Bei Annahme von Strom aus Wasserkraft reduzieren sich die Emissionen der Wärmepumpenvarianten hingegen auf rund 20 bis 35 tCO₂-eq/a und liegen damit deutlich tiefer. Die Holzvariante bleibt mit rund 70 tCO₂-eq/a weitgehend unverändert.

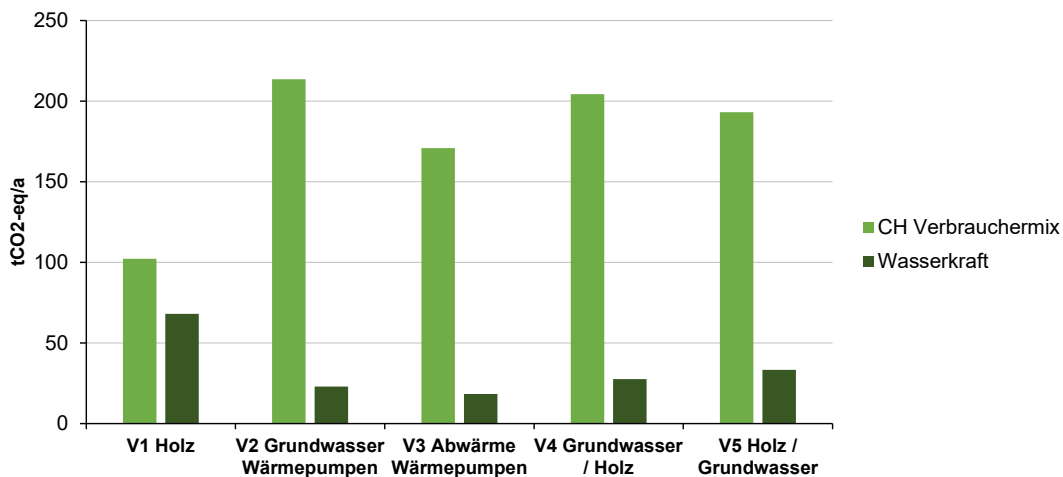


Abbildung 45 Vergleich der Treibhausgasemissionen mit unterschiedlichen Stromquellen.

6.7 Sensitivitätsanalyse

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird untersucht, wie sich Veränderungen des Kapitalzinses sowie Schwankungen der Holz- und Strompreise auf die Gesteungskosten der betrachteten Varianten auswirken.

6.7.1 Kapitalzins

Die Sensitivitätsanalyse am Standort Muzäll zeigt, dass ein tieferer Kapitalzins von 1 % bei allen Varianten zu deutlich tieferen Wärmegestehungskosten führt. Der Einfluss ist insbesondere bei den kapitalintensiveren Varianten ausgeprägt, namentlich bei Variante 3 Abwärmewärmepumpen sowie bei den bivalenten Varianten 4 und 5. Die Reihenfolge der Varianten verändert sich dadurch jedoch nicht wesentlich: Die Holzvariante 1 weist weiterhin die tiefsten Wärmegestehungskosten auf, gefolgt von Variante 2 Grundwasserwärmepumpen. Die beiden roten Linien markieren zudem die heutige Grössenordnung der Wärmekosten im bestehenden Verbund und dienen damit als Vergleichswert für die Beurteilung der künftigen Varianten.

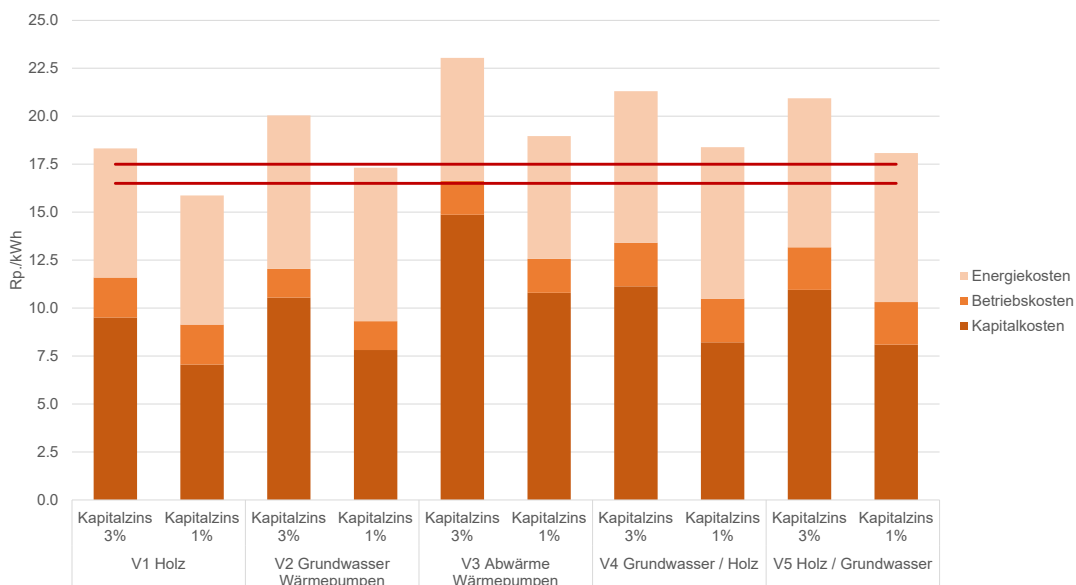


Abbildung 46 Vergleich der Gesteungskosten mit unterschiedlichem Kapitalzins am Standort Muzäll.

Die Sensitivitätsanalyse am Standort Randenblick zeigt, dass ein tieferer Kapitalzins von 1 % bei allen Varianten zu spürbar tieferen Wärmegestehungskosten führt. Der

Einfluss ist insbesondere bei den kapitalintensiveren Varianten ausgeprägt, namentlich bei Variante 3 Abwärme/Wärmepumpen sowie bei den hybriden Varianten 4 und 5. Die Reihenfolge der Varianten verändert sich dadurch nicht wesentlich: Variante 2 Grundwasser/Wärmepumpen weist weiterhin die tiefsten Wärmegestehungskosten auf. Die beiden roten Linien markieren zudem die heutige Grössenordnung der Wärmekosten im bestehenden Verbund und dienen damit als Vergleichswert für die Beurteilung der künftigen Varianten.

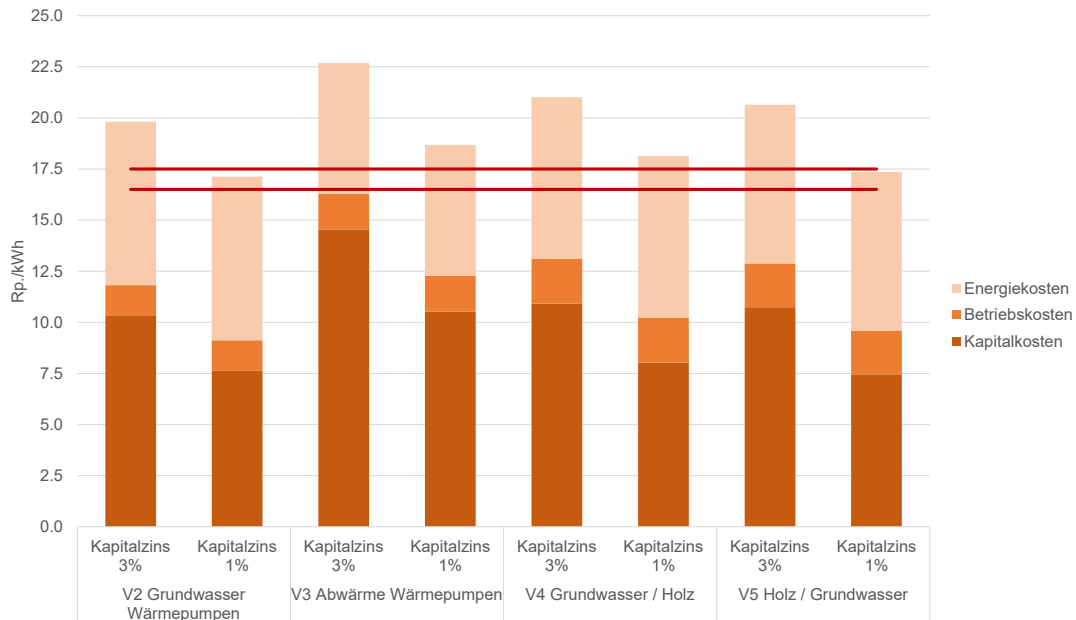


Abbildung 47 Vergleich der Gestehungskosten mit unterschiedlichem Kapitalzins am Standort Randenblick

6.8 Nutzwertanalyse

Eine detaillierte Auflistung der Analyse befindet sich im Anhang.

Tabelle 7 Kriterienkatalog der Nutzwertanalyse

Ökonomie	
Energiegestehungskosten	Wie hoch sind die Energiegestehungskosten?
Sensitivität Energiepreisentwicklung	Wie gross ist der Anteil der Energiekosten an den Energiegestehungskosten?
Unterhaltskosten	Wie hoch sind die Unterhaltskosten?
Investitionskosten	Wie hoch ist die erste Investition?
Ökologie	
Primärenergiebedarf	Wie hoch ist der Primärenergiebedarf?
CO2-eq. Emissionen	Wie gross sind die Treibhausgas-Emissionen?
Erneuerbarkeit	Wie gross ist der Anteil an erneuerbaren Primärenergieträgern?
Gesellschaft	
Autarkiegrad/Abhängigkeit von "Dritten"	Wie gross ist die Abhängigkeit von "Dritten"/der Autarkiegrad?
Verfügbarkeit Energieträger	Ist die Verfügbarkeit der Energieträger in Zukunft eingeschränkt?

Politischer Einfluss	
Energetische Ziele vom Kanton	Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft
Kompatibilität zur lokalen Energiewirtschaft	Wie gross ist der Anteil Nutzenergie basierend auf lokalen Energieträgern?
Leuchtturmcharakter / Kommunikation	Wie innovativ ist die neue Energieversorgung? Wie stark trägt sie zur Werterhaltung der Immobilie bei?
Technik	
Skalierbarkeit	Wie flexibel kann das System erweitert werden?
Anfälligkeit der Energieerzeugung	Wie wahrscheinlich sind Betriebsausfälle?
Redundanzen	Inwieweit kann der Energiebedarf durch redundante Systeme gedeckt werden?

Die Nutzwertanalyse am Standort Muzäll zeigt, dass Variante 2 Grundwasserwärmepumpen die höchste Gesamtpunktzahl erreicht. Dahinter folgen Variante 3 Abwärmewärmepumpen sowie die beiden bivalenten Varianten 4 Grundwasser/Holz und 5 Holz/Grundwasser mit insgesamt ähnlichen Bewertungen. Variante 1 Holz weist die tiefste Gesamtpunktzahl auf. Die Unterschiede ergeben sich insbesondere aus den Bereichen Ökologie, gesellschaftliche Aspekte sowie politischer Einfluss, während die technischen Bewertungen der Varianten näher beieinander liegen. Insgesamt bestätigt die Bewertung die Grundwasservariante auch am Standort Muzäll als die insgesamt ausgewogenste Lösung.

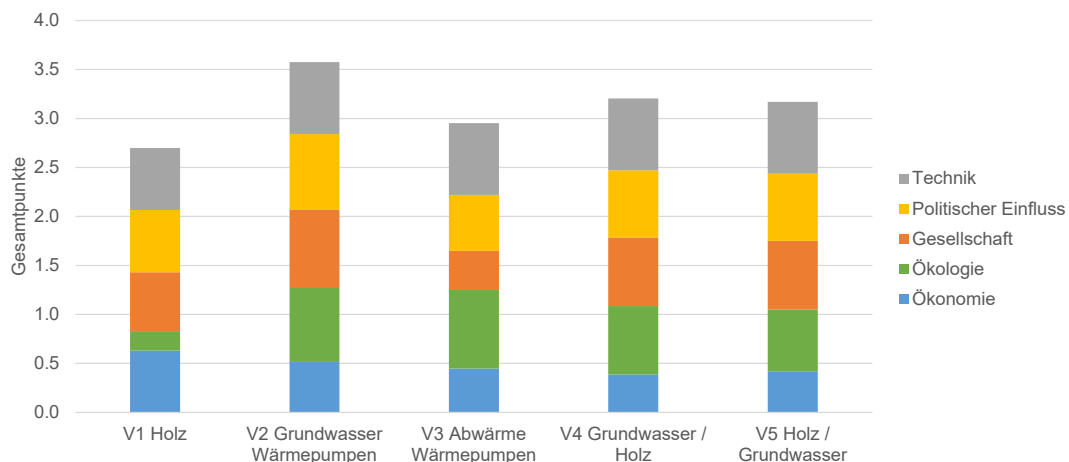


Abbildung 48 Die Nutzwertanalyse der Varianten am Standort Muzäll.

Die Nutzwertanalyse für den Standort Randenblick zeigt insgesamt ein ausgewogenes Bild der untersuchten Variante. Die höchste Gesamtpunktzahl erreicht Variante 2 Grundwasserwärmepumpen, gefolgt von den beiden bivalenten Varianten 4 Grundwasser/Holz und 5 Holz/Grundwasser. Variante 3 Abwärmewärmepumpen weist die tiefste Gesamtbewertung auf. Die Unterschiede zwischen den Varianten sind insgesamt jedoch eher moderat. Auffällig ist, dass sich die Varianten insbesondere in den Bereichen Gesellschaft, politischer Einfluss und Technik unterscheiden, während die ökonomischen Beiträge vergleichsweise gering ausfallen. Insgesamt bestätigt die Bewertung die Grundwasservariante als vorzugswürdige Lösung, ohne dass die übrigen Varianten grundsätzlich aus dem Betrachtungsfeld fallen.

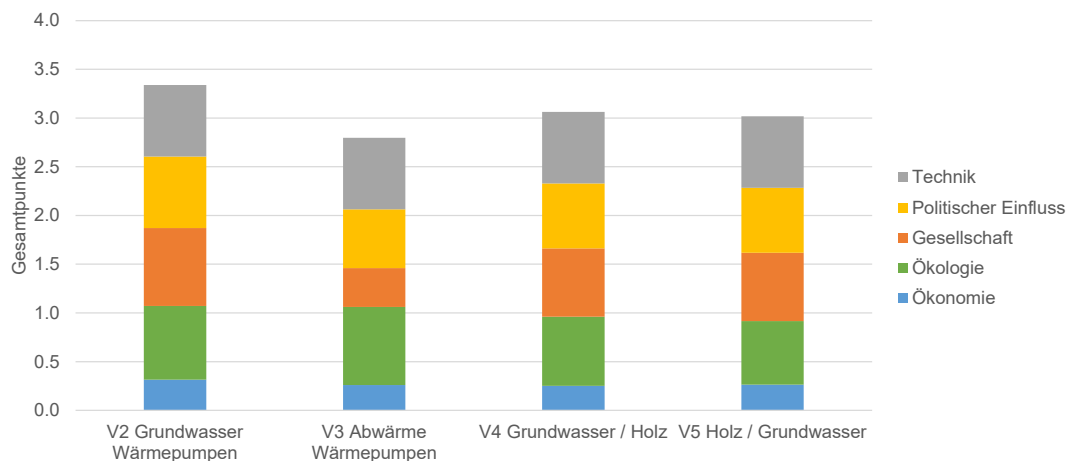


Abbildung 49 Die Nutzwertanalyse der Varianten am Standort Randenblick.

7 Empfehlung / Weiteres Vorgehen

Aus energiepolitischer Sicht ist die Grundwassernutzung klar zu favorisieren. Das Grundwasser steht lokal zur Verfügung und kann standortnah genutzt werden. Demgegenüber ist Holz als Energieträger gezielt dort einzusetzen, wo nur wenige oder keine gleichwertigen Alternativen bestehen. Dies betrifft insbesondere industrielle Anwendungen sowie Anlagen mit Stromproduktion. Vor diesem Hintergrund erscheint ein Einsatz von Holz für die vorliegende Wärmeversorgung nur eingeschränkt zweckmässig. Auch unter Berücksichtigung der zusätzlich erforderlichen Aufwendungen für eine mobile Heizanlage während der Umbauphase, für die bauliche Ertüchtigung der bestehenden Zentrale sowie der bereits getätigten Aufwendungen zugunsten des Standorts Muzäll bleibt die Grundwasservariante zu favorisieren. Die Mehrkosten der Grundwasservariante gegenüber der Holzversorgung fallen insgesamt nur moderat aus. Falls dennoch eine bivalente Lösung weiterverfolgt werden soll, was grundsätzlich als plausibel erscheint, sollte diese in jedem Fall mit Grundwasser als primärem Energieträger starten.

Ein wesentlicher Vorteil der Grundwasservariante besteht darin, dass die Wärmepumpenanlagen grundsätzlich in der bestehenden Energiezentrale im Schulhaus Randenblick untergebracht werden können. Damit kann auf einen zusätzlichen Zentralenstandort verzichtet werden. Im Rahmen der Weiterbearbeitung sind jedoch die hierfür erforderlichen Massnahmen zu konkretisieren. Dazu gehören insbesondere:

- bauliche Anpassungen in der bestehenden Energiezentrale
- Prüfung und Umsetzung des erforderlichen Lärmschutzes
- Sicherstellung der Wärmeversorgung während der Umbauphase, z. B. mittels mobiler Heizanlage
- Ausarbeitung des Leitungsbaus, der gegenüber der Variante Muzäll voraussichtlich einfacher realisierbar ist
- Überprüfung der Einbringung, Zugänglichkeit und betrieblichen Abläufe in der bestehenden Zentrale

Wirtschaftlich liegen die Kosten der Grundwasservariante nur geringfügig über jenen einer Holzversorgung. Die Investitionskosten betragen rund CHF 11.64 Mio. und bei der Grundwasservariante rund CHF 12.67 Mio., was Mehrkosten von rund CHF 1.03 Mio. bzw. etwa 9 % entspricht. Die Wärmegestehungskosten liegen bei einem kalkulatorischen Kapitalzins von 3 % bei rund 19.8 Rp./kWh gegenüber 18.9 Rp./kWh bei der Holzvariante. Dies entspricht einer Differenz von rund 0.9 Rp./kWh bzw.

etwa 5 %. Insgesamt bewegen sich die Gestehungskosten damit weiterhin in einer Grössenordnung, die mit anderen Wärmeverbunden vergleichbar ist.

Positiv zu bewerten ist zudem die geringere Abhängigkeit vom Energiemarkt. Die Grundwasservariante weist zudem eine geringere Abhängigkeit vom Energiemarkt auf. Bei einer Erhöhung des Strompreises um 20 % steigt der Wärmegestehungspreis der Grundwasservariante von 19.8 auf 21.4 Rp./kWh. Dies entspricht einer Zunahme von 1.6 Rp./kWh bzw. rund 8 %. Bei der Holzvariante führt eine Erhöhung des Holzpreises um 20 % zu einem Anstieg des Wärmegestehungspreises von 18.9 auf 20.2 Rp./kWh. Dies entspricht einer Zunahme von 1.3 Rp./kWh bzw. rund 7 %.

Abschliessend ist festzuhalten, dass die Grundwasservariante aus technischer, energiepolitischer und langfristig strategischer Sicht als vorzugswürdige Lösung erscheint. Im nächsten Schritt ist zu prüfen, ob die resultierenden Mehrkosten für die bestehenden Wärmebezüger tragbar sind und in welchem Umfang eine Anpassung der Tarife möglich bzw. zulässig ist. Auf dieser Grundlage kann anschliessend ein belastbarer Entscheid für die Weiterverfolgung der Vorzugsvariante getroffen werden.

8 Anhang

8.1 Nutzwertanalyse Muzäll

Übergeordnete Gewichtung Total 100%	Kriterien	Gewichtung Unterkategorie	Gewichtete Gewichtung	Messgrösse	Bemerkung			
20%	Ökonomie	Energiegestehungskosten Sensitivität Energieerzeugung Umfeldkosten Investitionskosten	30%	6%	Preis [Rp./kWh]	Wie hoch sind die Energiegestehungskosten?		
			35%	7%	Anteil Energiekosten an Energiegestehungskosten [%]	Wie gross ist der Anteil der Energiekosten an den Energiegestehungskosten?		
			10%	2%	Preis [Rp./kWh]	Wie hoch sind die Umfeldkosten?		
			25%	5%	Preis [CHF]	Wie hoch ist die erste Investition?		
		100%		20%				
		20%	Ökologie	Primärenergiebedarf CO ₂ -eq. Emissionen Erneuerbarkeit	33%	7%	Primärenergiebedarf (MWh/a)	Wie hoch ist der Primärenergiebedarf?
					33%	7%	CO ₂ -eq. Ausstoss (t CO ₂ /a)	Wie gross sind die Treibhausgas-Emissionen?
					34%	7%	Menge erneuerbare Energien am Primärenergiebedarf [%]	Wie gross ist der Anteil an erneuerbaren Primärenergieträgern?
					100%	20%		
				20%	Gesellschaft			
Adaptiergrad/Abhängigkeit von "Dritten" Verfügbarkeit Energieträger	50%			10%	Adaptie Energiemenge pro Jahr (MWh)	Wie gross ist die Abhängigkeit von "Dritten"/der Adaptiergrad?		
	50%			10%	Verfügbarkeit [-]	Ist die Verfügbarkeit der Energieträger in Zukunft angesichert?		
	100%			20%				
20%	Politischer Einfluss			Energetische Ziele vom Kanton Kompatibilität zur lokalen Energiewirtschaft Leuchttürmaçker / Kommunikation	35%	7%	Übereinstimmung mit den energiepolitischen Zielen des Kantons [-]	Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft
					50%	10%	Anteil [%]	Wie gross ist der Anteil Nutzenergie basierend auf lokalen Energieträgern?
		15%	3%		Innovationsgrad [%]	Wie innovativ ist die neue Energieversorgung? Wie stark trägt sie zur Verhaltensänderung der Immobilie bei?		
		100%	20%					
		20%	Technik					
		Skalierbarkeit Anfälligkeit der Energieerzeugung Redundanzen	33%	7%	Skalierbarkeit [-]	Wie flexibel kann das System erweitert werden?		
			34%	7%	Wirtschaftlichkeit [%]	Wie wirtschaftlich sind Betriebsausgaben?		
			33%	7%	Redundanz [%]	Inwieweit kann der Energiebedarf durch redundante Systeme gedeckt werden?		
		100%	Gesamt		100%			

Minimale Punktzahl:				Maximale Punktzahl:			
V1 Holz	V2 Grundwasser	V3 Abwärme	V4 Grundwasser /	V5 Holz /			
Note	Total	Note	Total	Note	Total	Note	Total
4							
4.0	0.2	3.2	0.2	1.0	0.1	2.2	2.4
2.2	0.2	1.0	0.1	4.0	0.3	1.1	0.1
1.8	0.0	4.0	0.1	3.0	0.1	1.0	0.0
4.0	0.2	3.5	0.2	1.0	0.1	3.1	3.2
				0.6	0.5	0.4	
1.0	0.1	3.7	0.2	4.0	0.3	3.4	0.2
1.0	0.1	3.7	0.2	4.0	0.3	3.4	0.2
1.0	0.1	3.9	0.3	4.0	0.3	3.6	3.3
				0.2	0.8	0.7	
4.0	0.4	4.0	0.4	2.0	0.2	4.0	0.4
2.0	0.2	4.0	0.4	2.0	0.2	3.0	0.3
				0.6	0.8	0.7	
3.5	0.2	4.0	0.3	4.0	0.3	3.5	0.2
3.0	0.3	4.0	0.4	2.0	0.2	3.5	0.4
3.0	0.1	3.0	0.1	3.0	0.1	3.0	3.0
				0.6	0.8	0.7	
3.0	0.2	3.0	0.2	3.0	0.2	3.0	0.2
3.0	0.2	4.0	0.3	4.0	0.3	4.0	0.3
3.5	0.2	4.0	0.3	4.0	0.3	4.0	0.3
				0.6	0.7	0.7	
2.7		3.6		3.0		3.2	

8.2 Nutzwertanalyse Randenblick und Mühlengasse

Übergeordnete Gewichtung	Kriterien	Gewichtung Unterkategorie	Gewichtete Gewichtung	Messgrösse	Bemerkung	
Total 100%						
20%	Ökonomie	Energiegestehungskosten	25%	5%	Preis (Rp./kWh)	Wie hoch sind die Energiegestehungskosten?
		Sensitivität Energiepreisentwicklung	25%	5%	Anteil Energiekosten an Energiegestehungskosten [%]	Wie gross ist der Anteil der Energiekosten an den Energiegestehungskosten?
		Umfeldkosten	25%	5%	Preis (Rp./kWh)	Wie hoch sind die Umfeldkosten?
		Investitionskosten	25%	5%	Preis (CHF)	Wie hoch ist die erste Investition?
			100%	20%		
20%	Ökologie	Primärenergiebedarf	33%	7%	Primärenergiebedarf [MWh/a]	Wie hoch ist der Primärenergiebedarf?
		CO ₂ -eq. Emissionen	33%	7%	CO ₂ -eq. Ausstoss [t CO ₂ /a]	Wie gross sind die Treibhausgas-Emissionen?
		Erneuerbarkeit	34%	7%	Menge erneuerbare Energien am Primärenergiebedarf [%]	Wie gross ist der Anteil an erneuerbaren Primärenergieträgern?
			100%	20%		
20%	Gesellschaft	Avantkredit/Abhängigkeit von "Dritten"	50%	10%	Avantkredit Energiemenge pro Jahr [MWh]	Wie gross ist die Abhängigkeit von "Dritten"/der Avantkredit?
		Verfügbarkeit Energieträger	50%	10%	Verfügbarkeit [-]	Ist die Verfügbarkeit der Energieträger in Zukunft eingeschränkt?
			100%	20%		
20%	Politischer Einfluss	Energetische Ziele vom Kanton	34%	7%	Übereinstimmung mit den energiepolitischen Zielen des Kantons [-]	Beitrag zur 2000-Watt-Gesellschaft
		Kompatibilität zur lokalen Energiewirtschaft	33%	7%	Anteil [%]	Wie gross ist der Anteil Nutzenergie basierend auf lokalen Energieträgern?
		Leichtumsetzbarkeit / Kommunikation	33%	7%	Investitionsgrad [%]	Wie innovativ ist die neue Energielösung? Wie stark trägt sie zur Werterhaltung der Immobilie bei?
20%	Technik	Skalierbarkeit	33%	7%	Ausbauhbarkeit [-]	Wie flexibel kann das System erweitert werden?
		Anteiligkeit der Energieerzeugung	34%	7%	Wahrscheinlichkeit [%]	Wie wahrscheinlich sind Betriebsausfälle?
		Redundanzen	33%	7%	Redundanz [%]	Inwieweit kann der Energiebedarf durch redundante Systeme gedeckt werden?
100%	Gesamt		100%			

