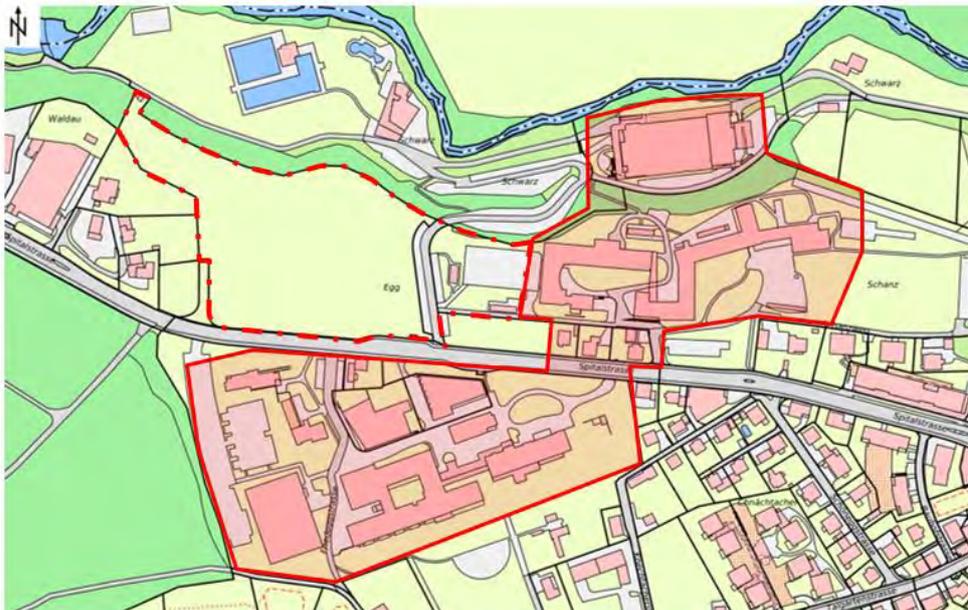


Heizungersatz und Vernetzung Sekundarschule Rüti ZH

Abschlussbericht Machbarkeitsstudie



Version 1.3 / 30. September 2021

Impressum

Auftraggeber	Gemeindewerke Rüti Daniel Beeler Werkstrasse 27 8630 Rüti	
Auftragnehmer	Amstein + Walthert AG Andreasstrasse 5 8050 Zürich Telefon +41 44 305 91 11 amstein-walthert.ch	
Verfasser	Matthias Mast Nadia Sperr Bojan Stojakovic	
Verteiler	Daniel Beeler Marie-Therese Büsser Thomas Stauber Marianne Meister Angelo Colombo Toni Melliger Josef Hunkeler Beat Schüpbach	Gemeindewerke Rüti Gemeinderätin Rüti - Ressort Werke und Energie Gemeinderat Rüti - Ressort Natur und Umwelt Schulpflege Rüti Schule Rüti Zweckverband Altes Spital Gemeinde Rüti – Natur- und Umweltamt Gemeindewerke Rüti
Version	Version 1.3	30. September 2021
Freigegeben	30. September 2021	
Bezeichnung	HAUC/MASM/107567/B001_Heizungser- satz_Sekschule_Rueti_Phase2_v1_0	



Inhaltsverzeichnis

I	Management Summary	4
1	Zielsetzung	5
1.1	Ausgangslage.....	5
1.2	Ziele	5
2	Grundlagen	6
2.1	Allgemein	6
2.2	Perimeter.....	6
2.3	Schnittstellen / Termine	7
2.4	Grundlagendokumente	7
2.5	Projektteam	7
2.6	Grundlagen Bestandsgebäude.....	8
2.7	Energieangebot	10
3	Analyse	11
3.1	Energiebedarf	11
3.2	Leistungsbedarf	12
3.3	Versorgungspereimeter	12
4	Erzeugungskonzept	13
4.1	Varianten	13
4.2	A0 – Referenzvariante	14
4.3	A2, A4, A5, A6 – Holzschnitzel.....	14
4.4	A3 – Wärmepumpe + EWS	15
4.5	Solarthermische Unterstützung	17
5	Energiezentrale und Vernetzung	18
5.1	Temperaturen	18
5.2	Holzschnitzel	18
5.3	Wärmepumpe mit Erdwärmesonden	21
6	Energetische und ökologische Bewertung	23
6.1	Endenergiebedarf	23
6.2	Ökologische Bilanzierung.....	24
7	Investitionen und Wirtschaftlichkeit	27
7.1	Grundlage Kostenschätzung	27
7.2	Investitionen	29
7.3	Energiegestehungskosten.....	29
7.4	Sensitivität.....	29
7.5	CO ₂ -Vermeidungskosten	32
8	Nutzwertanalyse	33
8.1	Vorgehen und Gewichtung.....	33
8.2	Ergebnis Nutzwertanalyse	35
9	Empfehlung und weiteres Vorgehen	37
9.1	Empfehlung Versorgungsvariante	37
9.2	Schulhäuser / Sporthalle Schwarz.....	37
9.3	Weiteres Vorgehen / Terminplan.....	37
9.4	Offene Punkte / nächste Schritte.....	38
10	Anhang	40
10.1	Verzeichnisse	40
10.2	Grundlagendokumente	42
10.3	Grundlagen EWS Auslegung / Regeneration.....	42
10.4	Solarthermische Unterstützung Energieverbund.....	46
10.5	Bewertung Nutzwertanalyse	48
11	Beilagen	50

I Management Summary

Die Gemeinde Rüti ZH ist seit 2015 als Energiestadt Gold zertifiziert und hat in 2020 die Re-Zertifizierung erlangt. Sie zeigt grosses Engagement in der Umsetzung ihrer Zielvorgaben. Im Energie-richtplan ist das Gebiet um die Sekundarschule und das Areal des ehemaligen Spitals aufgrund der hohen baulichen Dichte als Prioritätsgebiet für einen Wärmeverbund ausgewiesen.

In einer **ersten Phase 1** (Strategische Planung) wurden Grundlagen und mögliche Vernetzungsvarianten für dieses Gebiet erarbeitet, mit den relevanten Akteuren diskutiert und eine Vorauswahl getroffen. Für die weitere Vertiefung wurden **Versorgungsvarianten basierend auf Holzschnitzeln sowie Wärmepumpe mit EWS ausgewählt**. Als Perimeter wurde die Sekundarschule plus Sporthalle Schwarz definiert, wobei die Möglichkeit einer späteren Versorgung des ehemaligen Spitalareal mitbetrachtet werden soll.

In der **nächsten Phase** wurden die **gewählten Varianten vertieft**. Der Perimeter wurde erweitert, da ein Anschluss der Gärtnerei Meier nun ebenfalls eine Option darstellt. Entsprechend wurden vier verschiedene Versorgungsperimeter untersucht, von einer Versorgung der Sekundarschule und Turnhalle Schwarz («mini») bis zur Versorgung aller Verbraucher («maxi»). Neben den Versorgungsvarianten mit Holzschnitzeln und Wärmepumpen wurde eine **Referenzvariante mit Biogas zusätzlich** in die Betrachtung mit aufgenommen.

Alle Varianten wurden technisch ausgearbeitet, insbesondere die Verortung der Energiezentrale und ihr Flächenbedarf. Ausserdem wurden die **Investitionen und die Gestehungskpreise bestimmt**, sowie die **ökologischen Auswirkungen untersucht**. Für die Holzschnitzel-Varianten wurde die Parzelle 7362 an der Spitalstrasse als möglicher Standort identifiziert. Diese Parzelle befindet sich im Eigentum der Schule Rüti. In den Varianten mit Wärmepumpen kann die Energieerzeugung in der bestehenden Energiezentrale der Sekundarschule untergebracht werden. Die Erdwärmesonden könnten unter dem Sportplatz erstellt werden. Es wird davon ausgegangen, dass die Erdwärmesonden im Sommer regeneriert werden müssen, damit diese Variante bewilligungsfähig ist. Hierfür müssen ein Rückkühler oder Solarkollektoren vorgesehen werden.

Die Variante A6 weist die niedrigsten Gestehungskosten auf, gleichzeitig aber die höchsten Investitionen. Die Variante A0 mit Biogas hat demgegenüber die niedrigsten Investitionen aber höhere Gestehungskosten. Die höchsten Gestehungskosten weisen die Varianten mit einer Holzschnitzelheizung nur für den kleinen Verbund «mini» auf. **Die Investitionen bewegen sich zwischen 1.4 und 6.2 Mio CHF, die Gestehungskosten zwischen 16.6 und 18.9 Rp./kWh¹.**

In einem weiteren Schritt wurde mittels einer Nutzwertanalyse eine umfassende Bewertung der Varianten anhand der Kategorien «Wirtschaftlichkeit», «Ökologie» und «Soziales» durchgeführt. Die Bewertung erfolgte durch die Projektgruppe. **Als Ergebnis wird für den Fall, dass nur die Sekundarschule versorgt wird («Mini») die monovalente Wärmepumpen-Variante am besten bewertet, während in allen anderen Fällen («Midi 1», «Midi 2» und «Maxi») die bivalente Holzschnitzelvariante zu bevorzugen ist.**

Mit dem zwischenzeitlichen Abschluss einer Absichtserklärung mit der Gärtnerei Meier für einen Anschluss an den Wärmeverbund steht nun die Variante «Midi 2» (mit Option einer späteren Versorgung des ehemaligen Spitalareals) im Vordergrund.

Die weiteren Schritte bestehen in der Variantenwahl, inklusive Definition des Perimeters, der Wahl eines Planers und des Beginns der Projektierung. Es wird empfohlen, die Variantenwahl vor Beginn der Projektierung durchzuführen. Im Rahmen der Projektierung ist insbesondere die Energiezentrale zu vertiefen.

Zusätzlich wird empfohlen die Brauchwarmwassererzeugung zu überprüfen. In der Sekundarschule wird diese sinnvollerweise weiter dezentralisiert. In der Turnhalle Schwarz sollte ein Speicher vorgesehen werden, um Leistungsspitzen zu vermeiden. Das entsprechende Konzept sollte im Rahmen der Projektierung der Wärmeversorgung ausgearbeitet werden.

¹ Alle Angaben +/-25%; exkl. MwSt.

1 Zielsetzung

1.1 Ausgangslage

Die Gemeinde Rüti ZH ist seit 2015 als Energiestadt Gold zertifiziert und hat in 2020 die Re-Zertifizierung erlangt. Sie zeigt grosses Engagement in der Umsetzung ihrer Zielvorgaben und hat sich bspw. zum Ziel gesetzt, in den kommenden Jahren die Wärmeversorgung aus erneuerbaren Energien, basierend auf einer sorgfältigen Sanierungs- und Investitionsplanung, zu stärken.

Im Bericht «Energiekonzept und Energieplanung Rüti ZH» von Basler & Hofmann aus dem Jahr 2015 wird das Gebiet um die Sekundarschule und das ehemalige Spitalareal aufgrund der hohen baulichen Dichte als Prioritätsgebiet für einen Wärmeverbund ausgewiesen.

In einer ersten Phase 1 (Strategische Planung) wurden Grundlagen und mögliche Vernetzungsvarianten erarbeitet, mit den relevanten Akteuren diskutiert und eine Vorauswahl getroffen. Für die weitere Vertiefung wurden Versorgungsvarianten basierend auf Holzschnitzeln sowie Wärmepumpe mit Erdwärmesonden (EWS) ausgewählt. Als Perimeter wurde das Areal der Sekundarschule plus Sporthalle Schwarz definiert, wobei die Möglichkeit einer späteren Versorgung des ehemaligen Spitalareals mitbetrachtet werden soll.

In der nächsten Phase sollen nun die gewählten Varianten soweit vertieft werden, dass der definitive Variantenentscheid gefällt werden kann und die eigentliche Planung (Phase 3 nach SIA 108) in Angriff genommen werden kann.

1.2 Ziele

Das Ziel der Machbarkeitsstudie ist, die Grundlagen für den Entscheid zur Planung und Realisierung des Wärmeverbunds zu schaffen.

Dazu gehören:

- Machbarkeit der in Phase 1 identifizierten Varianten aufzeigen (technisch und räumlich)
- Kosten der Varianten bestimmen
- Umsetzungsempfehlung erarbeiten

2 Grundlagen

2.1 Allgemein

Diese Machbarkeitsstudie ist eine Fortsetzung des Projekts «Wärmeverbund Sekundarschule / ehemaliges Spital Rütli – Strategische Planung»², welches die wichtigste Grundlage für dieses Projekt bildet. Im Folgenden wird deshalb primär auf Grundlagen eingegangen, welche sich seit Abschluss der Phase 1 geändert haben oder neu hinzugekommen sind.

2.2 Perimeter

Die folgende Abbildung stellt den Projektperimeter dar.

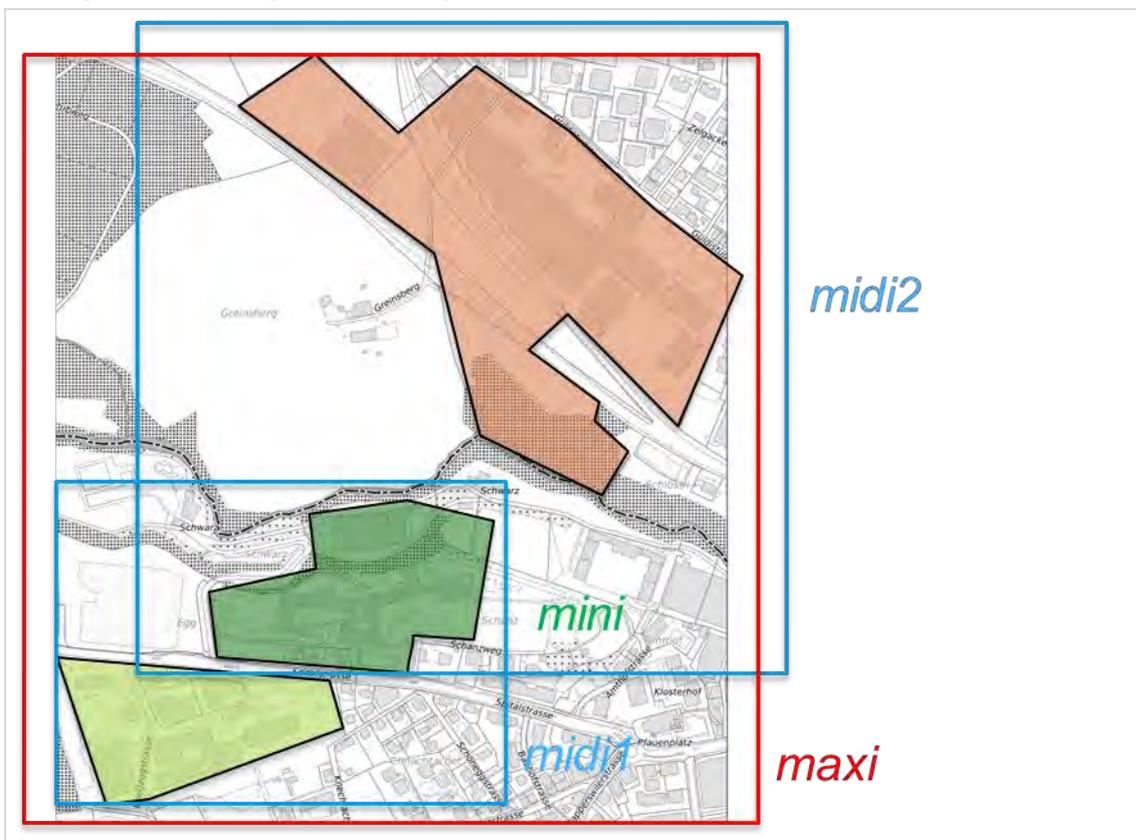


Abbildung 1 Projektperimeter

Für die Abschätzung des Leistungsbedarfs des Wärmeverbunds wurden die Gebäude aus Phase 1 einbezogen, welche in den nächsten Jahren für einen Anschluss in Frage kommen. Zusätzlich werden neu die Gebäude der Gärtnerei Meier (rote Fläche) mitbetrachtet. Für die Kostenschätzung wurden nur die wichtigsten Wärmebezügler (Sekundarschule Schanz + Turnhalle Schwarz, Rekrutierungszentrum, Gärtnerei) betrachtet, die Anschlusskosten für die EFH wurden vernachlässigt.

Daraus ergeben sich vier mögliche Perimeter («mini», «midi1», «midi2», «maxi»). Die Zusammensetzung der verschiedenen Perimeter ist in Tabelle 1 beschrieben. Die Perimeter «mini» und «midi1» entsprechen den Perimetern der vorherigen Studie.

² Wärmeverbund Sekundarschule / ehemaliges Spital Rütli – Strategische Planung nach SIA 108, Phase 11 Schlussbericht, Amstein + Walther AG, 2020

Tabelle 1: Betrachtete Perimeter des Wärmeverbundes

Perimeter	mini	midi1	midi2	maxi
Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundar-schule • Turnhalle Schwarz 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundar-schule • Turnhalle Schwarz • Areal ehemali-ges-Spital 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundar-schule • Turnhalle Schwarz • Gärtnerei Meier 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundar-schule • Turnhalle Schwarz • Gärtnerei Meier • Areal ehemali-ges-Spital

2.3 Schnittstellen / Termine

Folgende Schnittstellen sind bekannt und für das Projekt relevant.

Tabelle 2: Schnittstellen

Schnittstelle	Inhalt	Termin
Versorgung Gärtnerei Meier	Versorgungskonzept für die Gärtnerei Meier liegt vor / Vorentscheid Versorgungsvariante	März 2021
Entwicklung Areal ehemaliges Spital	Statutenrevision	Ende 2021
Entwicklung Areal ehemaliges Spital	Mögl. Kündigungstermin Rekrutenzentrum durch VBS	31. März 2022
Entwicklung Areal ehemaliges Spital	Vertragsverlängerung bis 2029 oder Schliessung des Rekrutierungszentrums	31. März 2024

2.4 Grundlagendokumente

Eine Liste mit den relevanten Dokumenten befindet sich im Kapitel 10.2.

2.5 Projektteam

Das folgende Projektteam begleitet die Erarbeitung der Machbarkeitsstudie:

Tabelle 3: Projektteam

Name	Funktion
Daniel Beeler	Gemeindewerke Rüti (Projektleitung)
Marie-Therese Büsser	Gemeinderätin Rüti - Ressort Werke und Energie
Thomas Stauber	Gemeinderat Rüti - Ressort Natur und Umwelt
Marianne Meister	Schulpflege Rüti
Angelo Colombo	Schule Rüti
Toni Melliger	Zweckverband Altes Spital
Josef Hunkeler	Gemeinde Rüti – Natur- und Umweltamt
Beat Schüpbach	Gemeindewerke Rüti

2.6 Grundlagen Bestandsgebäude

Die Grundlagen zu den Bestandsgebäuden sind im Abschlussbericht der Phase 1 enthalten. Im Zuge der Bearbeitung der Machbarkeitsstudie wurden folgende zusätzliche Informationen erhoben:

2.6.1 Energiezentrale Schulgebäude Schanz

Im Schulgebäude Schanz befindet sich eine Energiezentrale, welche u.U. als Standort für eine neue Energiezentrale genutzt werden könnte.

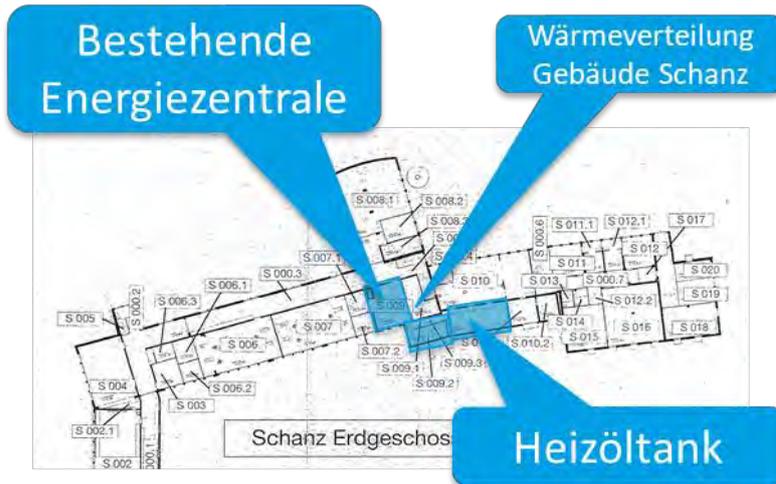


Abbildung 2: Energiezentrale und Heizöltank Schulgebäude Schanz

In der Energiezentrale befinden sich die bestehenden Kombikessel sowie, in einem angrenzenden Raum, der Heizöltank.

2.6.2 Gärtnerei Meier

Auf dem Areal der Gärtnerei Meier stehen verschiedene Gebäude (siehe Abbildung 3).

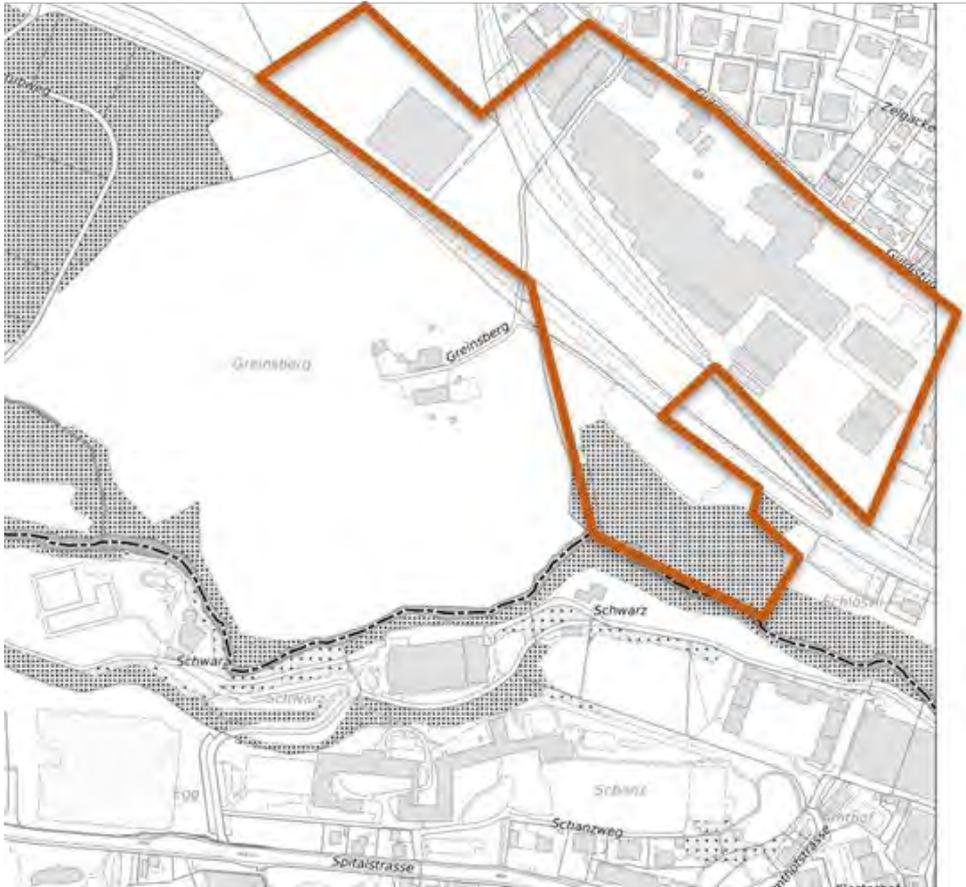


Abbildung 3: Areal Gärtnerei Meier

Die Gewächshäuser werden mit zwei Ölkesseln betrieben, welche eine Leistung von 2'000 kW (1'200 kW + 800 kW) aufweisen. Die Gewächshäuser werden aktuell mit einer hohen Vorlauftemperatur von 90 °C versorgt, aufgrund der aktuell verbauten Abgabesysteme zur Gewächshausheizung. Der Heizölverbrauch liegt bei ca. 200'000 l Öl pro Jahr.

Seitens Gärtnerei Meier wird gewünscht, mindestens einen Ölkessel vorerst beizubehalten, um eine redundante Wärmeversorgung zu garantieren. Es wird davon ausgegangen, dass vorerst weiterhin hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden, da die Abgabesysteme bestehen bleiben.

Die weiteren Gebäude auf dem Areal werden mit drei Gasheizungen geheizt. Diese haben insgesamt eine installierte Leistung von 175 kW.

2.7 Energieangebot

2.7.1 Allgemein

Siehe Studie Phase 1 für die umfassende Abklärung zu den verfügbaren Energiequellen.

2.7.2 Biomasse

Die Holzschnitzelverfügbarkeit wurde nochmals mit der Forstverwaltung sowie dem Staatswald Tössstock abgeklärt³. An den Angaben aus Phase 1 hat sich nichts Grundsätzliches geändert.

Der gesamte Verbund (Perimeter maxi) benötigt ca. 7'100 Sm³ Holzschnitzel pro Jahr. Das Potential kann voraussichtlich regional gedeckt werden (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Potential Holzschnitzel in der Region⁴

	Ungenutzte Reserve	Umnutzung (Lieferung an Aubrugg)	Total
Gemeinde- und Privatwald Rüti	Ca. 2'000 Sm ³		
Forst Rüti-Wald-Dürnten	Ca. 1'500 Sm ³	1'100 Sm ³ (+ 1'400 Sm ³)*	
Total	3'500 Sm³	1'100 Sm³ +(1'400 Sm³)	4'600 Sm³ – 6'000 Sm³
Staatswald Tössstock	Weitere Reserven		

*2'500 Sm³ an Aubrugg geliefert; vertragliche Mindestmenge: 1'400 Sm³

2.7.3 Erdwärme

Siehe Kapitel 4.4.1 zu den Abklärungen bezüglich Erdwärmesonden.

³ Mail Herr Erzinger vom 05.10.2020

⁴ Holznutzung – Holzfluss - Energieholz Forstrevier Rüti-Wald-Dürnten, Thomas Mauchle, 15.7.2019

3 Analyse

3.1 Energiebedarf

Der Nutzenergiebedarf der Sekundarschule, Turnhalle Schwarz und des ehemaligen Spitalareals wurde aus Phase 1 übernommen. Beim ehemaligen Spitalareal wurde ohne die 20% Bedarfsreserve gerechnet, welche in Phase 1 angenommen wurde. Beide Areale decken jeweils einen grossen Teil ihres Wärmebedarfs über Gas und einen kleineren Teil über Öl (vgl. Abbildung 4).

Um den Nutzenergiebedarf der Gärtnerei Meier zu bestimmen mussten zwei Annahmen getroffen werden:

- Wirkungsgrad von 85% für den Ölkessel
- Betriebsdauer Gaskessel von 1'800 Volllaststunden

Die Gärtnerei Meier hat einen signifikanten Anteil (48%) am gesamten Energiebedarf des Perimeters (vgl. Abbildung 4). Wird der Fernwärmeverbund ohne das ehemalige Spitalareal realisiert, steigt der Anteil auf 72% des Bedarfs.

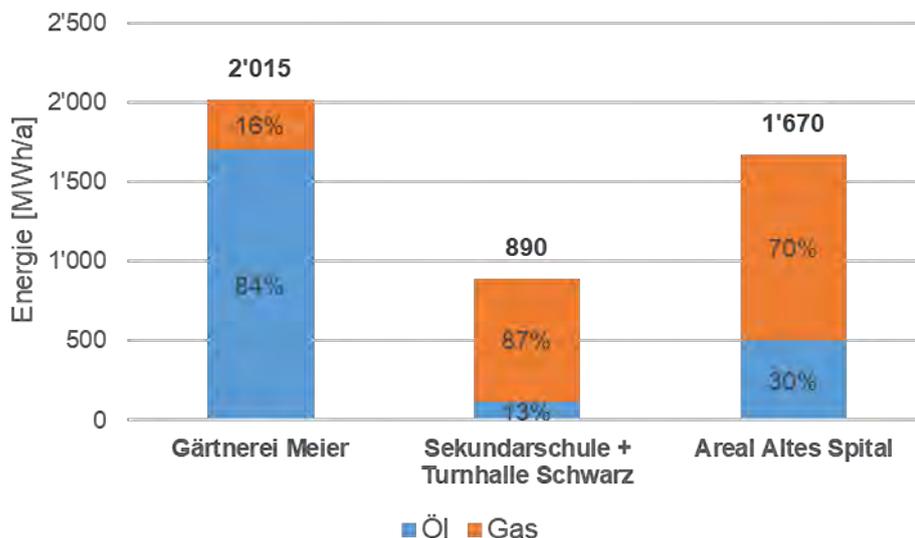


Abbildung 4: Energiebedarf der Perimeter aufgeteilt auf die aktuellen Energieträger (Nutzenergie)

3.2 Leistungsbedarf

Wie in Phase 1 festgestellt, sind die installierten Heizleistungen zum Teil zu hoch. Deshalb wurden für das Areal der Sekundarschule und das ehemalige Spitalareal die benötigten Leistungen anhand des bekannten Energiebedarfs nochmals genauer abgeschätzt. Es ergeben sich die folgenden Leistungen pro Gebäude (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5: Leistungsbedarf der betrachteten Gebäude im Perimeter (Summe)

Areal	Leistungsbedarf
Sekundarschule + Turnhalle Schwarz	510 kW
Areal ehemaliges Spital	740 kW
Gärtnerei Meier	1'100 kW

3.3 Versorgungsperimeter

Es wurden vier verschiedene Versorgungsperimeter bestimmt und jeweils der Energie- und Leistungsbedarf abgeschätzt (vgl. Tabelle 6). Zusätzlich zum Bedarf der Gebäude wurden Leitungsverluste berücksichtigt, so dass der Leistungsbedarf je Versorgungsperimeter leicht höher als in Tabelle 5 ausfällt. Es wurde ohne Gleichzeitigkeiten gerechnet.

Tabelle 6: Versorgte Gebäude und Energiebedarf pro Perimeter

Perimeter	mini	midi1	midi2	maxi
Versorgte Gebäude	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundarschule • Turnhalle Schwarz 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundarschule • Turnhalle Schwarz • Areal ehemaliges Spital 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundarschule • Turnhalle Schwarz • Gärtnerei Meier 	<ul style="list-style-type: none"> • Sekundarschule • Turnhalle Schwarz • Gärtnerei Meier • Areal ehemaliges Spital
Leistungsbedarf	550 kW	1'300 kW	1'600 kW	2'400 kW
Energiebedarf	890 MWh/a	2'565 MWh/a	2'980 MWh/a	4'580 MWh/a

Die Einfamilienhäuser Spitalstrasse 26 und 36 wurden in den Vernetzungsvarianten nicht betrachtet.

Tabelle 8: Leistungsaufteilung und Grösse der Energiezentrale

	Leistung Grund- lasterzeugung	Leistung Spit- zenkessel Gas	Grösse Energie- zentrale	Grösse Holz- schnittelbunker
A0	2500 kW	-	-	-
A2.1 – bivalent	450 kW	450 kW	Ca. 240 m ²	450 m ³
A2.1 – monovalent	900 kW	-	Ca. 210 m ²	450 m ³
A3.1 – bivalent	300 kW	250 kW		-
A3.2 – monovalent	550 kW	-		-
A4	500 kW 700 kW	500 kW	Ca. 330 m ²	870 m ³
A5	500 kW 900 kW	500 kW	Ca. 440 m ²	870 m ³
A6	2 x 500 kW 900 kW	2 x 500 kW	Ca. 440 m ²	870 m ³

4.2 A0 – Referenzvariante

Die Referenzvariante sieht einen Heizungsersatz in den betrachteten Gebäuden vor.

Nach dem revidierten Energiegesetz des Kantons Zürich (EnerG) ist bei einem Heizungsersatz nur noch der Einsatz von erneuerbaren Energien zulässig (einschliesslich Biogas). Fossile Heizungen sind möglich, falls die Lebenszykluskosten (einschliesslich Förderung) einer erneuerbaren Variante 5% höher liegen als bei einer fossilen Heizung. Mindestens 10% müssen auf jeden Fall durch erneuerbare Energien gedeckt werden, oder der Energiebedarf wird bei der Sanierung um 10% reduziert.

Es werden dezentrale Gasheizungen installiert, welche mit Biogas betrieben werden.

4.3 A2, A4, A5, A6 – Holzschnitzel

Bei den Varianten mit Holzschnitzeln werden Holzschnitzelkessel mit einem Gaskessel zur Spitzenabdeckung kombiniert (ausser in Variante A2 monovalent). Der Spitzenkessel ist dabei nicht auf eine Redundanz der Holzkesselleistung ausgelegt. Die Leistungsdaten können der Tabelle 8 entnommen werden.

In den Energiezentralen werden u.a. die folgenden Komponenten vorgesehen:

- Elektrofilter
- Je ein Kaminzug pro Kessel
- Gemeinsamer Schnitzelbunker für alle Kessel

Die Variante A2 monovalent wurde mit einem Holzschnitzelkessel gerechnet. Dies wird jedoch nicht empfohlen, da der Kessel nicht optimal betrieben werden kann. Alternativ könnten zwei Holzschnitzelkessel eingesetzt werden. Diese Auslegung würde jedoch die Kosten dieser Variante erhöhen.

In den Varianten A5 und A6 werden vorerst die bestehenden Ölkessel der Gärtnerei Meier weiterbetrieben und seriell eingebunden, um die nötigen hohen Vorlauftemperaturen für die Gärtnerei zu erzeugen. Es wird davon ausgegangen, dass längerfristig die gesamte Energie für die Gärtnerei ab dem Energieverbund bereitgestellt wird. Entsprechend sind die Holzschnitzel und der Spitzenkessel auf die Endleistung dimensioniert.

4.4 A3 – Wärmepumpe + EWS

4.4.1 Allgemein

Grundlage für diese Variante bildet der ermittelte Leistungsbedarf sowie die zur Verfügung stehende Fläche für Erdwärmesonden (EWS). Es wird von einem Leistungsbedarf von 550 kW ausgegangen. Dieser Bedarf teilt sich auf in Energie und Leistung, die ab dem Erdsondenfeld bezogen wird und den benötigten Strom, um den Temperaturhub auf Nutzwärmeniveau zu machen. Aufgrund der hohen benötigten Vorlauftemperaturen der Verbraucher wird ein verhältnismässig hoher Anteil an Strom benötigt. Im Heizfall wird von einem COP von 4.2 ausgegangen und für die BWW-Erzeugung von 3.8.

Die in Abbildung 6 markierten Flächen können potenziell für Erdwärmesonden verwendet werden.

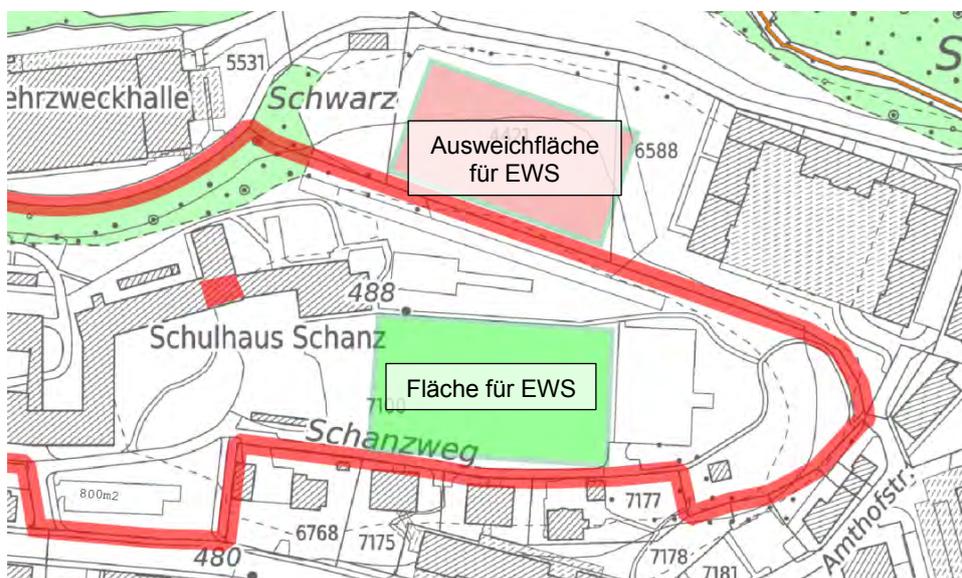


Abbildung 6: Übersicht Flächen für EWS

4.4.2 Kältemittel

In beiden Varianten kann in der Wärmepumpe aktuell noch synthetisches Kältemittel (R134a, etc.) eingesetzt werden. Die Leistungsgrenze, ab der natürliche Kältemittel eingesetzt werden müssen, liegt bei 600 kW Kälteleistung⁵ was bei einem COP von 3.8 einer Heizleistung von ca. 815 kW entspricht. Synthetische Kältemittel weisen ein hohes Treibhausgaspotenzial auf, die Wärmepumpen und die Sicherheitstechnik sind jedoch günstig.

In der Kostenschätzung wird von synthetischen Kältemittel ausgegangen und die nötigen Sicherheitsvorkehrungen (Sturmlüftung) in der Kostenschätzung berücksichtigt.

Es wird trotzdem empfohlen im Vorprojekt ein Variantenstudium zum Kältemittel durchzuführen, um eine nachhaltige und zukunftsfähige Lösung zu erhalten.

⁵ Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung, ChemRRV, Anhang 2.10 Stand 01.01.2021

4.4.3 Variante A3.1 - bivalent

Es wurden 28 Sonden mit 300 m Tiefe und einem Abstand von 12 m berücksichtigt. Die Leistung der Wärmepumpe beträgt 300 kW für die Grundlast, während die Spitzenabdeckung von einem Gaskessel übernommen wird. Es wird davon ausgegangen, dass ca. 85% der über die Wärmepumpe bereitgestellt wird. Die restliche Energie wird ab dem Gaskessel bereitgestellt.

Es wurden Varianten mit und ohne Regeneration der Erdwärmesonden simuliert. Die Simulation der Erdsonden ohne Regeneration zeigt einen deutlichen Temperaturabfall über 50 Jahre der Ein- und Austrittstemperatur in den Sonden (siehe Anhang Kapitel 10.3.2). Der Betrieb der Anlage kann nicht mehr sichergestellt werden. Dies wäre nicht bewilligungsfähig.

Die EWS müssen somit im Sommer mit Wärme regeneriert werden, um die Temperaturen im Erdreich wieder auf ein höheres Niveau anzuheben. Angenommen wurde ein Energieeintrag im Verhältnis von ca. 85% zum Energieentzug. Dabei handelt es sich um einen Auslegungswert, welcher in der nächsten Phase überprüft werden sollte. Mit Regeneration kommt es zu einem deutlich geringeren Abfall der Temperaturen.

Dies wäre bewilligungsfähig. Entsprechend ist die Regeneration der Erdsonden in dieser Variante zwingend.

4.4.4 Variante A3.2 - monovalent

In dieser Variante wurden 40 Erdwärmesonden mit einem Abstand von 10 m und einer Tiefe von 300 m angenommen. Simuliert wurde zunächst der Temperaturverlauf ohne Regeneration (Wärmeeintrag) der Erdsonden und anschliessend mit Regeneration. Es wird der gesamte Wärmebedarf über die Wärmepumpe und die Erdwärmesonden bereitgestellt.

Die Temperatur in den Erdsonden sinkt über den Betrachtungszeitraum deutlich ab und der Betrieb der Anlage kann nicht mehr sichergestellt werden. Dies wäre nicht bewilligungsfähig. Zudem sind die tiefen Temperaturen für die Leistungszahl (COP) der Wärmepumpe von Nachteil.

Die EWS müssen somit im Sommer mit Wärme regeneriert werden, um die Temperaturen im Erdreich wieder auf ein höheres Niveau anzuheben. Angenommen wurde ein Energieeintrag im Verhältnis von ca. 85% zum Energieentzug, entsprechend der bivalenten Variante. Entzogen werden den Sonden ca. 670 MWh/a Wärme, während ca. 560 MWh/a eingetragen werden. Die Entwicklung der Temperaturen mit Regeneration ist im Anhang Kapitel 10.3.1 ersichtlich. Mit Regeneration kommt es zu einem deutlich geringeren Abfall der Temperaturen.

Dies wäre bewilligungsfähig. Entsprechend ist die Regeneration der Erdsonden in dieser Variante zwingend.

4.4.5 Regeneration

Zur Regeneration können selektive Absorber eingesetzt werden oder auch ein Luftwärmetauscher. Auf den Gebäuden stehen verschiedene Dachflächen zur Verfügung, welche prinzipiell ausreichend für die benötigten Fläche an Absorbern sind. Die Machbarkeit von Dachinstallationen (Statik Dach, etc.) wurde noch nicht abgeklärt.

Tabelle 9: Benötigte Absorberfläche

	A3 monovalent	A3 bivalent
Regenerationsgrad	85%	85%
Energie	560 MWh/a	442 MWh/a
Fläche	900-1'000 m ²	750 m ²

Luftwärmetauscher sind in den Investitionen günstiger, verursachen jedoch Lärmemissionen. Für die Kostenschätzung wurde von Luftwärmetauschern ausgegangen.

Im Vorprojekt wird ein Variantenstudium der Regeneration hinsichtlich Energiequelle (Solarabsorber, Luft/Wasser-Wärmetauscher, etc.) und Regenerationsgrad empfohlen, um das beste Kosten/Nutzen-Verhältnis zu bestimmen.

4.5 Solarthermische Unterstützung

Die Schwachlastzeit im Frühsommer und Sommer ist für eine Holzschnitzelheizung ungünstig.

In Realität ist der Bedarf, gegenüber den angenommenen Werten, wahrscheinlich noch geringer, da die Sporthalle am Wochenende nicht betrieben wird.

Es wurde deshalb eine solarthermische Unterstützung des Verbunds mittels einer Simulation untersucht, welche im Anhang Kapitel 10.4 dokumentiert ist. Die mögliche Kollektorfläche wurde dabei auf das Dach der geplanten Energiezentrale beschränkt.

Die Ergebnisse sind wie folgt:

- Variante A2: die solarthermische Unterstützung kann in den Monaten Juni bis August zwischen 70% und 80% des Wärmebedarfs abdecken.
- Variante A.5: die solarthermische Unterstützung kann in den Monaten Juni bis August nur 20% bis 30% des Bedarfs abdecken.

Es wurde entschieden, eine solarthermische Unterstützung nicht weiterzuverfolgen, da die Gesteungskosten der Variante A2 bereits ohne Solarunterstützung hoch sind und da der Deckungsanteil in der Variante A5 gering wäre.

5 Energiezentrale und Vernetzung

5.1 Temperaturen

Prinzipiell wird für den Verbund mit Holzschnitzeln eine Temperatur von 70°C angestrebt, da damit Heizwärme und BWW bereitgestellt werden kann. Für die Wärmepumpenvariante wird mit einer Vorlauftemperatur von 60°C gerechnet. Dies muss im Laufe der weiteren Planung überprüft werden.

Die Gärtnerei Meier benötigt aktuell Vorlauftemperaturen von 90°C. Entsprechend könnte bei einem Anschluss ans Fernwärmenetz, die Fernwärme lokal mit den vorhandenen Ölkesseln nachgeheizt werden, um die höheren Temperaturen zu erreichen. So könnten ca. 60% des Energiebedarfs über das Fernwärmenetz abgedeckt werden. Längerfristig sollten die Temperaturen in der Gärtnerei abgesenkt werden, so dass ein grösserer Teil über das Fernwärmenetz abgedeckt werden kann.

5.2 Holzschnitzel

5.2.1 Standort

In der Machbarkeitsstudie wurde die Parzelle 7362 an der Spitalstrasse als möglicher Standort für die Energiezentrale ausgewählt. Diese Parzelle befindet sich im Eigentum der Schulgemeinde Rüti.

Die Anlieferung muss von Seiten der Hilaria-Allee her erfolgen, da ein Teil der Parzelle, parallel zur Spitalstrasse, eine kantonale Freihaltezone ist, so dass in diesem Bereich keine Zufahrt erstellt werden darf.

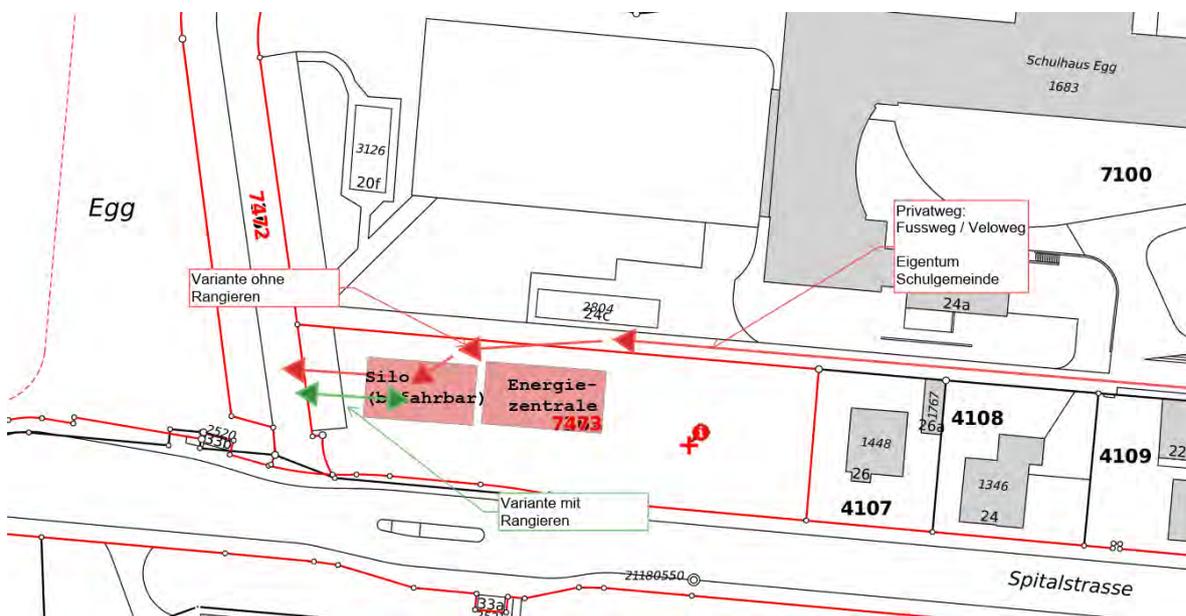


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Energiezentrale und der möglichen Anlieferung

5.2.2 Grobdisposition

Die Energiezentrale wird jeweils für den tatsächlichen Bedarf dimensioniert, es werden jedoch Vereinfachungen getroffen, um den Bearbeitungsaufwand zu reduzieren. So sind die Flächen der Varianten A2.1 und A2.2 identisch, genauso wie die Flächen der Varianten A5 und A6 (siehe Tabelle 8). Die Zentrale soll oberirdisch erstellt werden.

Im Folgenden ist die Grobdisposition der kleinsten und der grössten Zentrale dargestellt:

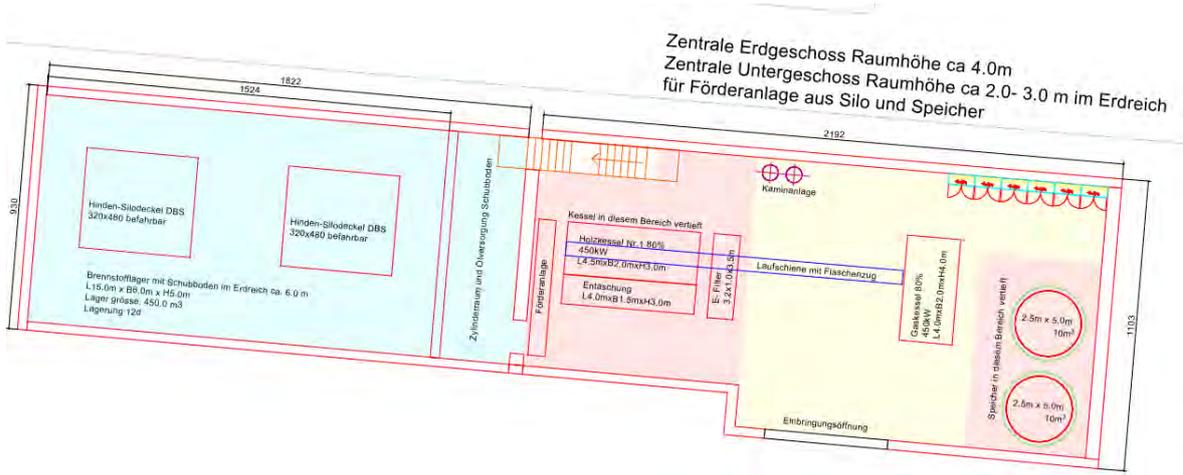


Abbildung 8: Grobdisposition Variante A2

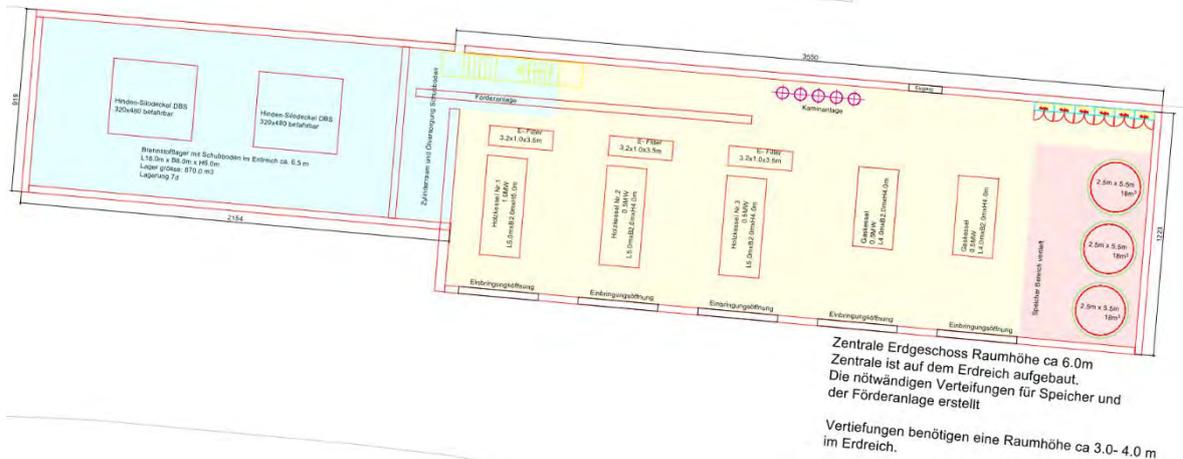


Abbildung 9 Grobdisposition Variante A6

Das Holzschnitzsilos ist auf eine Autonomiezeit von 7 Tagen dimensioniert. Dies gilt es im weiteren Projektverlauf zu überprüfen.

5.2.3 Vernetzung

Die Versorgung der Gebäude erfolgt ab dieser Energiezentrale wie in Abbildung 10 dargestellt. Für die Varianten A2, A4 und A5 wird jeweils nur ein Teil der dargestellten Leitungen gebaut.

Dieser Standort bietet den Vorteil, dass der Leitungsstrang zum ehemaligen Spitalareal erst zu einem späteren Zeitpunkt erstellt werden kann. Somit können die Vorinvestitionen reduziert werden.

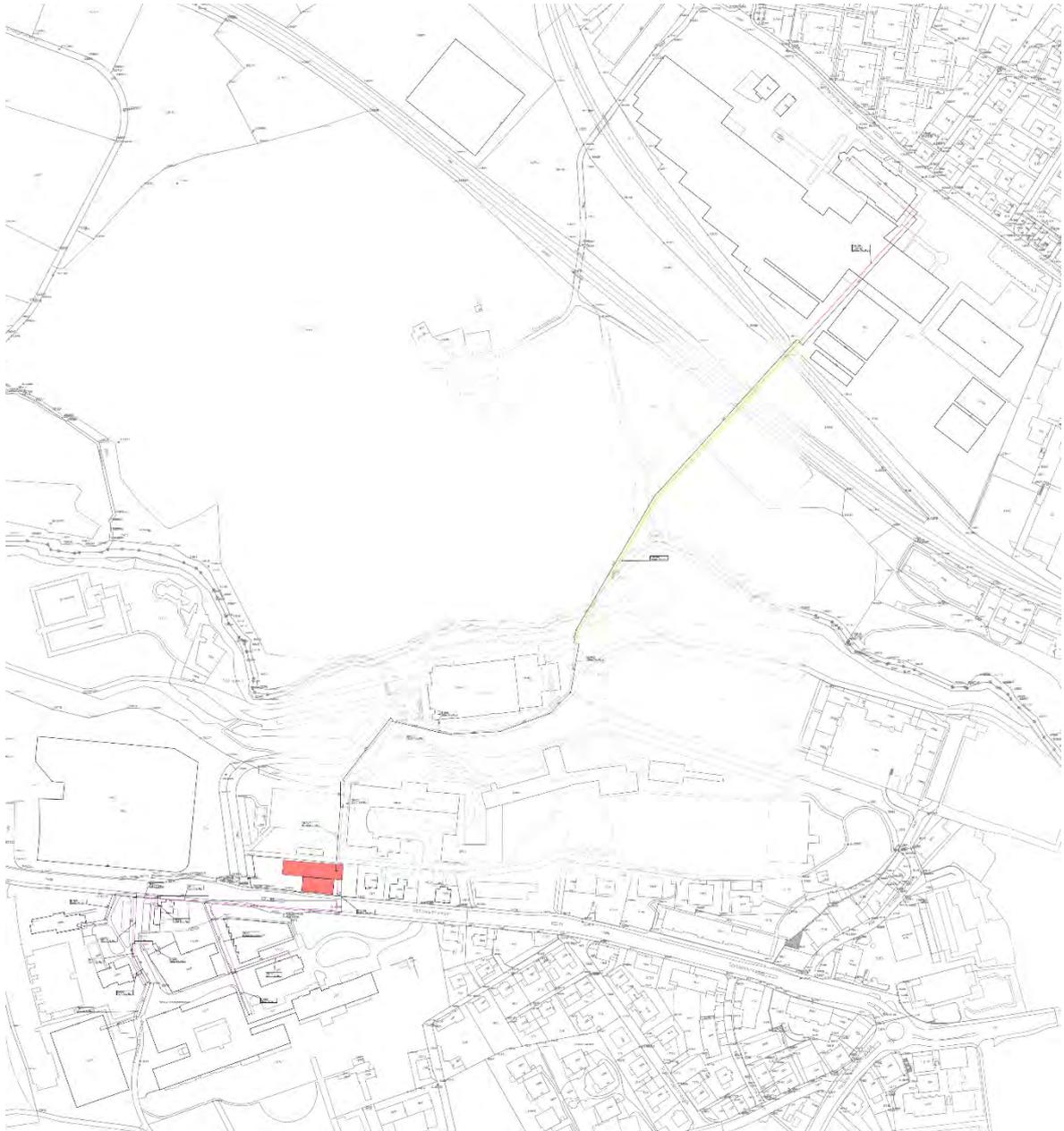


Abbildung 10: Leitungsführung ab der Energiezentrale in Variante A6

5.3 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden

5.3.1 Standort / Disposition Energiezentrale

In den Varianten A3 wird die Wärmepumpe in der bestehenden Energiezentrale untergebracht und von dort werden die restlichen Schulgebäude und die Turnhalle Schwarz versorgt (vgl. Abbildung 11).

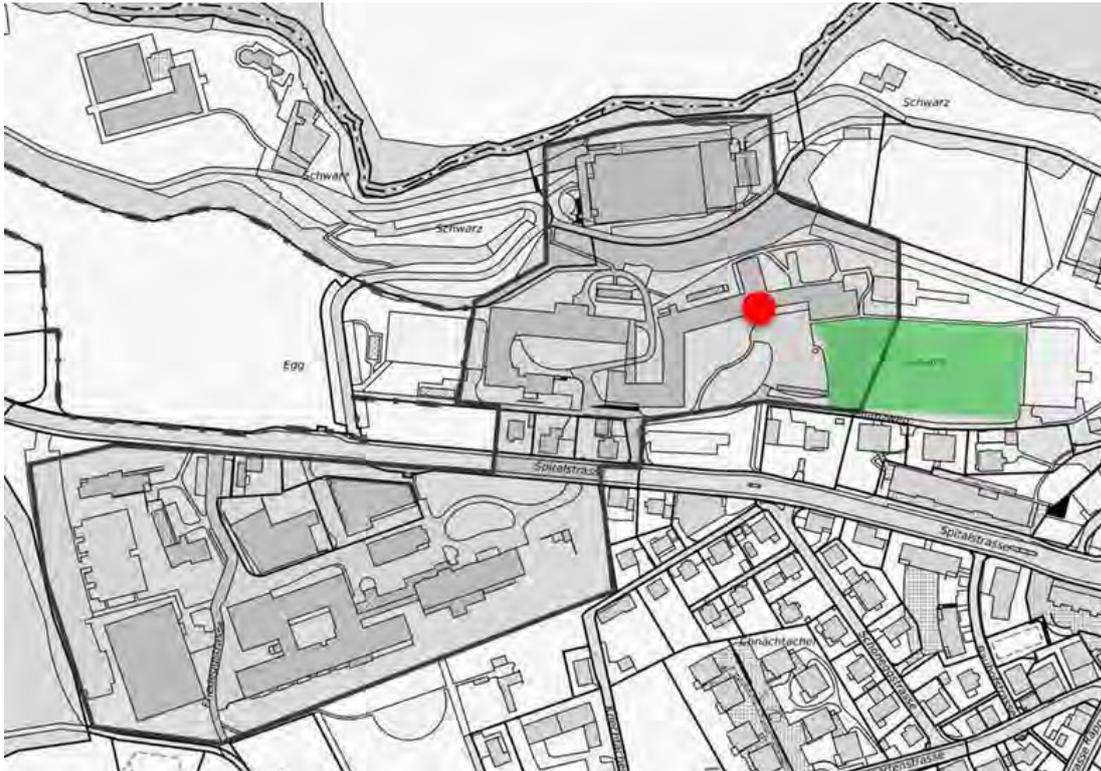


Abbildung 11: Standort Energiezentrale und EWS

In Abbildung 12 findet sich eine mögliche Disposition der Energiezentrale. Diese Disposition ist im Vorprojekt hinsichtlich der Anforderungen an den Brandschutz und Entfluchtung zu überprüfen. Zusätzlich müssen die Sicherheitsvorgaben entsprechend dem gewählten Kältemittel eingehalten werden.

6 Energetische und ökologische Bewertung

6.1 Endenergiebedarf

Tabelle 10: Wirkungsgrade und Hilfsenergiebedarf

Parameter	Werte	Bemerkungen
Anteil Gas am Nutzenergiebedarf	Abhängig von Variante	
COP Wärmepumpe	HW: 4.2 BWW: 3.8	
Nutzungsgrad Gaskessel neu	85%	
Nutzungsgrad Holzschnitzelfeuerung	80%	Mit Abgaskondensation
Elektr. Hilfsenergie Verbund	5%	
Therm. Energieverluste Verbund	10%	Jährliche Verluste

Basierend auf dem Nutzenergiebedarf und den Wirkungsgraden, sowie dem Hilfsenergiebedarf, wird der Endenergiebedarf berechnet: Dabei gilt es zu beachten, dass die Gärtnerei Meier, aufgrund der benötigten Vorlauftemperaturen, zu Beginn einen grösseren Anteil über die vorhandenen Ölkessel abdecken wird. Entsprechend wird ein Teil der Endenergie mittels Heizöl bereitgestellt, was in der folgenden Grafik nicht enthalten ist.

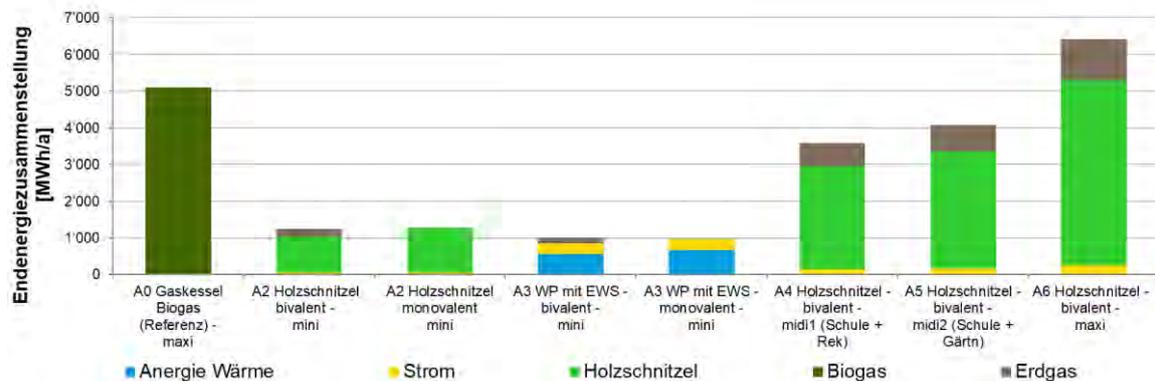


Abbildung 14: Endenergiebedarf der Varianten

Die Varianten weisen einen deutlich unterschiedlichen Bedarf auf, da unterschiedlich grosse Perimeter miteinander verglichen werden.

6.2 Ökologische Bilanzierung

6.2.1 Bilanzierungsfaktoren

Für die ökologische Bilanzierung werden die folgenden Faktoren verwendet:

Tabelle 11: Faktoren ökologische Bilanzierung

Ökologische Grösse	Faktoren	Quelle
Exergieanteil	Strom	100%
	Anergie Wärme	0%
	Erdgas	100%
	Biogas	100%
	Holzschnitzel	100%
	Heizöl	100%
Erneuerbarkeit	Strom	97.5%
	Anergie Wärme	100%
	Erdgas	0.9%
	Biogas	8.8%
	Holzschnitzel	94.7%
	Heizöl	0.8%
Primärenergie	Strom	1.21 kWh _P /kWh _E
	Erdgas	1.00 kWh _P /kWh _E
	Biogas	0.34 kWh _P /kWh _E
	Holzschnitzel	1.21 kWh _P /kWh _E
	Heizöl	1.23 kWh _P /kWh _E
CO₂-Emissionen	Strom	0.014 kg/kWh
	Erdgas	0.228 kg/kWh
	Biogas	0.132 kg/kWh
	Holzschnitzel	0.011 kg/kWh
	Heizöl	0.298 kg/kWh
UBP	Strom	46.8 UBP/kWh
	Erdgas	134.2 UBP/kWh
	Biogas	110.9 UBP/kWh
	Holzschnitzel	64.1 UBP/kWh
	Heizöl	221.0 UBP/kWh

6.2.2 CO₂-Emissionen

Um die Vergleichbarkeit der Varianten zu gewährleisten, werden die spezifischen CO₂-Emissionen bestimmt. Dabei werden die absoluten Emissionen auf die gelieferte Nutzenergie bezogen.

Es gilt zu beachten, dass die Gärtnerei Meier, aufgrund der benötigten Vorlauftemperaturen, zu Beginn einen grösseren Anteil über die betriebseigenen Ölkessel abdecken wird. Entsprechend wird ein Teil der Endenergie mittels Heizöls bereitgestellt, so dass die CO₂-Emissionen höher ausfallen, was in der folgenden Grafik nicht enthalten ist.

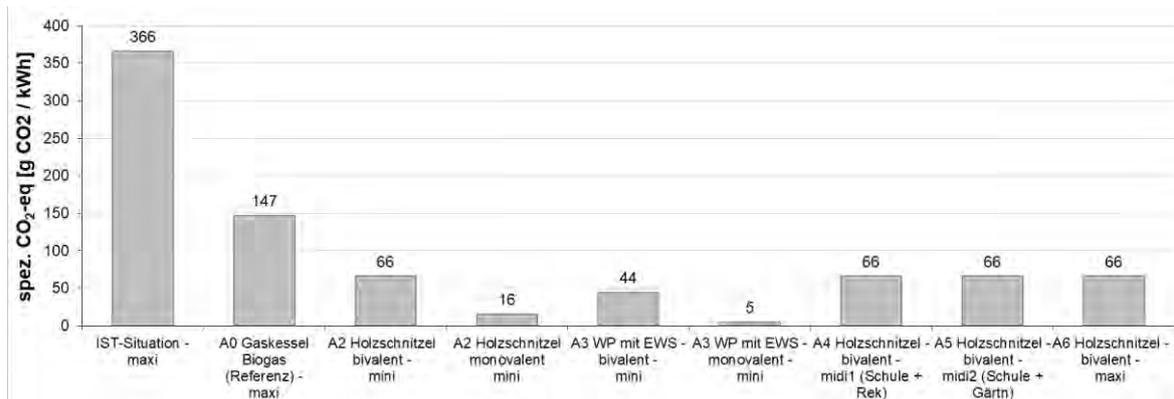


Abbildung 15: Spezifische CO₂-Emissionen bezogen auf die gelieferte Nutzenergie

Die IST-Situation weist die höchsten Emissionen auf. Von den betrachteten Versorgungsvarianten hat Variante A0 die höchsten spezifischen Emissionen.

Die geringsten Emissionen weisen die monovalenten Varianten auf, da in diesem Fall die Spitzenabdeckung mit Erdgas entfällt.

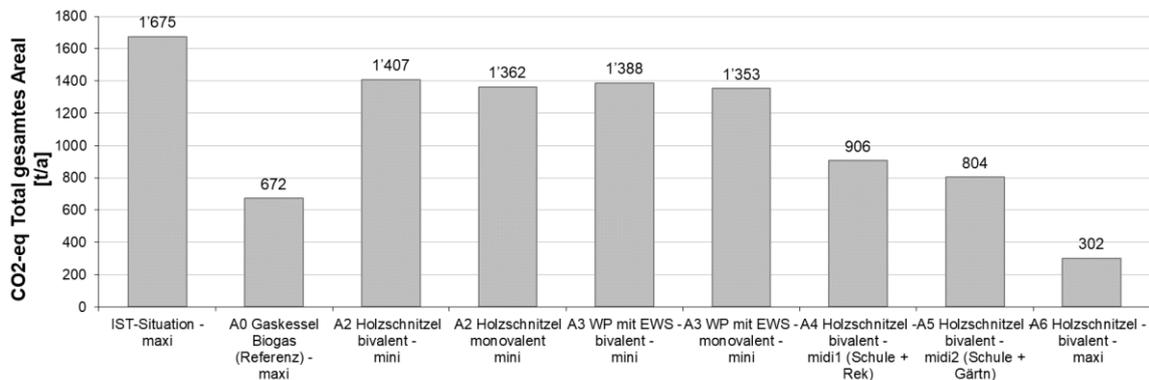


Abbildung 16: Absolute CO₂-Emissionen für den gesamten Perimeter (maxi)

Für den gesamten Perimeter erreicht die Variante A6 die grösste Emissionsreduktion, gefolgt von der Variante A0. Für die Varianten A2 bis A5 wurde angenommen, dass die bestehenden fossilen Heizungen in den übrigen Gebäuden weiterbetrieben werden.

6.2.3 Weitere Kriterien

Tabelle 12: Primärenergie und Umweltbelastungspunkte der Varianten (spezifische Werte bezogen auf gelieferte Nutzenergie)

Variante	Primärenergie ^{**} absolut [MWh/a]	Primärenergie spez. [kWh _P /kWh _N]	UBP absolut [UBP]	UBP spezifisch [UBP/kWh]
A0 Gaskessel Biogas (Referenz) - maxi	1'730	378	564'256	123
A2 Holzsnitzel bivalent - mini	1'466	1'641	94'540	106
A2 Holzsnitzel monovalent mini	1'545	1'730	80'981	91
A3 WP mit EWS - bivalent - mini	500	560	35'017	39
A3 WP mit EWS - monovalent - mini	386	433	14'941	17
A4 Holzsnitzel - bivalent - midi1 (Schule + Rek)	4'210	1'641	271'552	106
A5 Holzsnitzel - bivalent - midi2 (Schule + Gärtn)	4'773	1'641	307'865	106
A6 Holzsnitzel - bivalent - maxi	7'517	1'641	484'877	106

7 Investitionen und Wirtschaftlichkeit

7.1 Grundlage Kostenschätzung

7.1.1 Schnittstelle

In den Investitionen sind die Kosten der Energiezentrale, der Wärmeerzeugung, der Fernwärmeleitungen und der Wärmeübergabe enthalten. Nicht enthalten ist die gebäudeinterne Wärmeverteilung und -abgabe nach der Übergabestation (vgl. Abbildung 17)

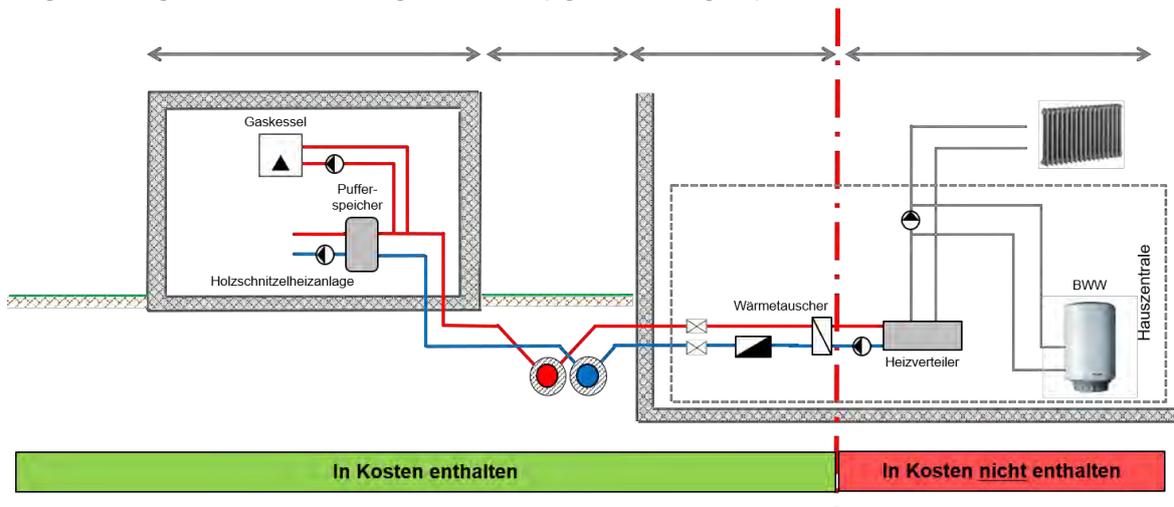


Abbildung 17: Kostenschnittstelle für alle Varianten

Die Übergabepunkte können dem Übersichtsplan entnommen werden (siehe Abbildung 10).

Nicht enthalten sind (u.a.):

- gebäudeinterne Wärmeverteilung und -abgabe nach dem Wärmetauscher oder der Übergabestation (u.a. Anpassungen an der Einbindung der Ölkessel der Gärtnerei Meier)
- allfällige Anpassungen an der BWW-Erzeugung
- allfällige dezentrale Speicher zur Lastglättung
- Trafoanlagen

7.1.2 Ausbau

Es wird jeweils vom Endausbau ausgegangen.

Ein Anschluss der Einfamilienhäuser Spitalstrasse 26 und 36 wurde nicht betrachtet.

7.1.3 Parameter

Es werden die folgenden Parameter für die Wirtschaftlichkeitsrechnung verwendet:

Tabelle 13: Parameter Wirtschaftlichkeitsrechnung

Parameter	Wert	Bemerkung
Kapitalzins	3.0%	
Teuerung, Energiepreissteigerung	0.5%	
Betriebs- und Unterhaltskosten	3%	Installationen Energiezentrale
	0.5%	Leitungsbau, Hochbau, Solaranlage
Unvorhergesehenes	10 %	
Planungshonorar		
	Gas	12%
	Holz	18%
	Wärmepumpe	16%
Amortisationszeit Installationen Heizung	25 Jahre	
Amortisationszeit Hochbau	33 Jahre	Entsprechend HRM2
Amortisationszeit Leitungsnetz	50 Jahre	

Es wird von folgenden Energiepreisen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung ausgegangen:

Tabelle 14: Energiepreise

Parameter	Wert	Quelle
Energiepreis Strom für Wärmepumpe gemittelt	11.20 Rp. / kWh 8.05 Fr. / kW & Mt.	Niederspannungs-Sammeltarif NS 2020 Gemeindewerke Rüti Winter-Tarif: 88 % Hochtarif: 58 %
Energiepreis Erdgas	6.40 Rp./kWh 12.10 Fr. / Mt.	Gas Tarif GWR (nicht abschaltbar)
Energiepreis Biogas	14.00 Rp./kWh 12.10 Fr. / Mt.	100% CH-Biogas (Schätzung GWR; Preis Biogas GWR + 2.20 Rp./kWh)
Energiepreis Holzschnittel	4.85 Rp. / kWh	Verrechnung der Energiemenge; Inkl. Aschenentsorgung; 47 – 50 CHF / MWh ⁶ (Forst Rüti)

⁶ Mail Herr Zollinger, 03.09.2020

7.2 Investitionen

Ausgehend von einer Grobauslegung der Versorgungsvarianten werden die Investitionen bestimmt. In der folgenden Grafik sind die Investitionen, aufgeteilt auf die Hauptkostengruppen, ersichtlich. In den Beilagen findet sich eine detaillierte Aufstellung.

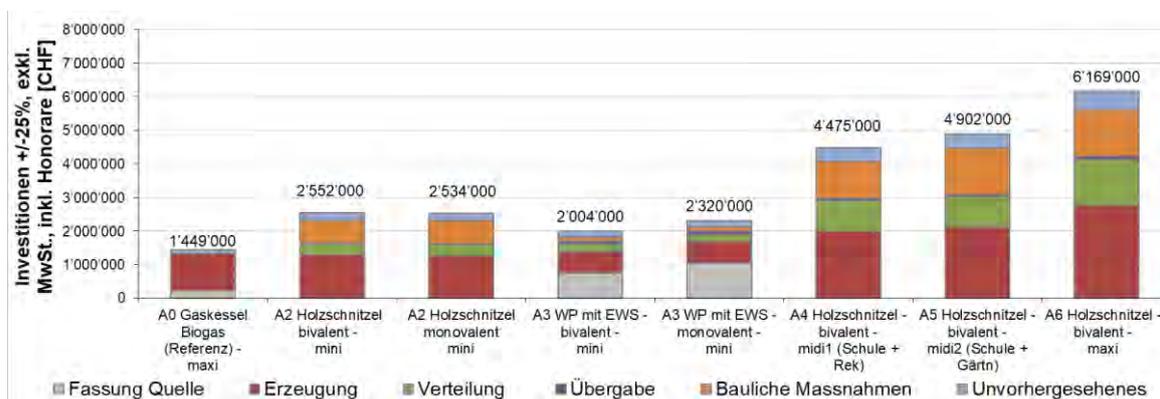


Abbildung 18: Investitionskosten der betrachteten Varianten (+/-25%; exkl. MwSt., inkl. Honorare)

Variante A6 weist die höchsten Investitionskosten auf, da in dieser Variante der grösste Verbund versorgt wird. In Variante A0 sind die Kosten am niedrigsten, da auf ein Verteilnetz verzichtet werden kann.

7.3 Energiegestehungskosten

Ausgehend von den Investitionskosten werden mittels der Annuitätenmethode die mittleren Jahreskosten berechnet. Bezogen auf die Nutzenergie ergeben sich die Gestehungskosten.

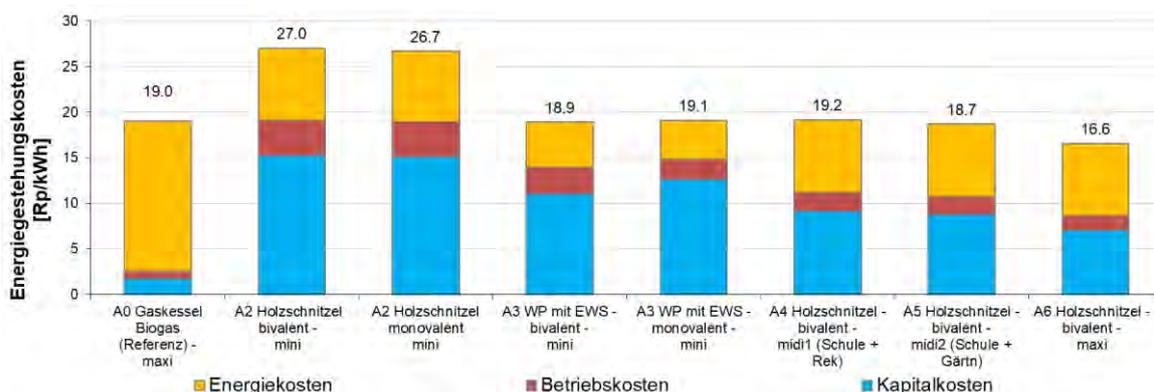


Abbildung 19: Gestehungskosten der betrachteten Varianten (+/-25%; exkl. MwSt.)

Die Varianten A2 weisen die höchsten Gestehungskosten auf. Die Variante A6 die niedrigsten Gestehungskosten. Die übrigen Varianten weisen vergleichbare Gestehungskosten auf.

7.4 Sensitivität

7.4.1 Energiepreissteigerung

In der folgenden Abbildung sind die resultierenden Energiegestehungskosten nach 25 Jahren bei einer jährlichen Steigerung der Energiepreise von 1%, 3% und 5% dargestellt.

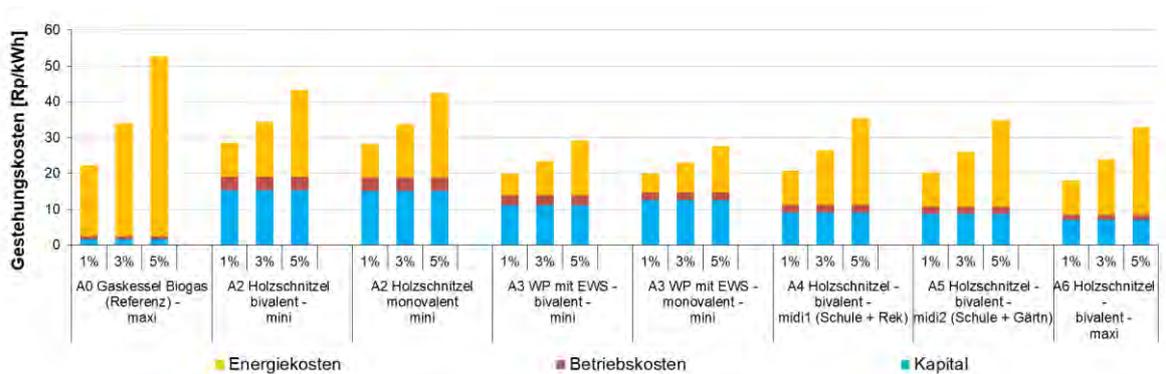


Abbildung 20 Sensitivität auf Energiepreissteigerung der betrachteten Varianten

Die Steigerung ist bei den Varianten mit einem hohen Anteil der Energiekosten am stärksten ausgeprägt. Entsprechend reagiert die Variante A0 am sensitivsten auf die Entwicklung der Energiepreise. Am wenigsten sensitiv reagieren die Wärmepumpenvarianten.

7.4.2 Förderung

7.4.2.1 Stiftung KliK

Die Förderung der Stiftung KliK unterstützt den Ersatz von fossilen Heizungen auf Basis der erzielten CO₂-Einsparung. Dabei muss das Vorhaben ohne die Förderung unwirtschaftlich sein. Bei Grossverbrauchern können nur Massnahmen, welche zur Übererfüllung der Zielvorgabe führen, gefördert werden. Das betrifft die Gärtnerei Meier.

Die Förderung sieht wie folgt aus:

- 100 CHF / t CO₂
- Förderung bis 2030
- Reduktionsfaktor von 2.5% pro Jahr (Basisjahr 2015)

Für den Wärmeverbund wird von einer Förderung ab 2023 bis 2030 ausgegangen.

Hinweis:

Es gilt zu beachten, dass bei dieser Förderung die Emissionsreduktion aufgrund des Ersatzes der fossilen Heizungen nicht der Gemeinde Rüti gutgeschrieben wird. Somit trägt diese Massnahme nichts zur Zielerreichung der Ziele Energiestadt Gold bei.

7.4.2.2 Kanton Zürich:

Für eine Förderung durch den Kanton Zürich bestehen folgende Rahmenbedingungen:

- Förderung ist abhängig von der installierten Leistung
- Keine doppelte Förderung (z.B. KliK)
- Begrenzung bei 50% der Kosten
- Keine Förderung für Grossverbraucher
- Einmaliger Beitrag

Beim Kanton Zürich besteht keine Garantie, dass die Fördermittel zugesagt werden.

Die möglichen Förderung ist in Tabelle 15 zusammengefasst. Für die Gärtnerei Meier konnte die allfällige Förderung noch nicht abgeklärt werden, da die aktuell Zielvereinbarung unbekannt ist.

Eine Förderung über die Stiftung KliK ist für alle Varianten höher als über den Kanton Zürich.

Tabelle 15: Anrechenbare CO₂-Einsparungen und Förderung

	Anrechenbare CO ₂ -Einsparungen (2023 – 2030) [tco ₂]		Förderung (tot.) [CHF]	
	Monovalent	Bivalent	Kanton Zürich	KliK
Sekundarschule + Turnhalle Schwarz	1006	884	62'000 – 103'000*	Mono: 110'500 Bivalent: 88'400
Gärtnerei Meier	offen**	offen**	-	offen**
Areal ehemaliges Spital	-	1'747	19'000	174'700

* Abhängig von mono- oder bivalenter Auslegung und dem Energieträger

** abhängig von den Verpflichtungen im Rahmen des Grossverbrauchermodells

7.4.2.3 Auswirkung auf Gestehungskosten

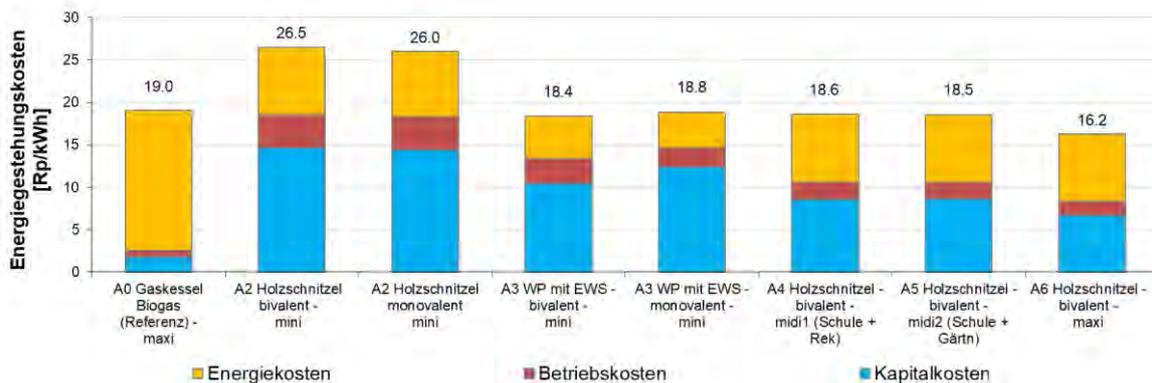


Abbildung 21 Gestehungskosten der betrachteten Varianten inkl. Förderung KliK (+/-25%; exkl. MwSt.)

Die Förderung der Stiftung KliK verändert die Gestehungspreise um ca. 0.5 Rp./kWh. Entsprechend hat die Förderung keinen entscheidenden Einfluss auf die Bewertung der Varianten. Da für die Gärtnerei Meier keine Förderung eingerechnet wurde, reduzieren sich die Gestehungskosten in A5 nur um 0.1 Rp./kWh.

7.5 CO₂-Vermeidungskosten

Ausgehend von den mittleren Jahreskosten und den eingesparten CO₂-Emissionen über das gesamte Areal werden die Kosten pro eingesparte Tonne CO₂ berechnet. Die eingesparten CO₂-Emissionen berechnen sich aus der Differenz der absoluten CO₂-Emissionen der Varianten zur Ist-Situation (Kapitel 6.2.2).

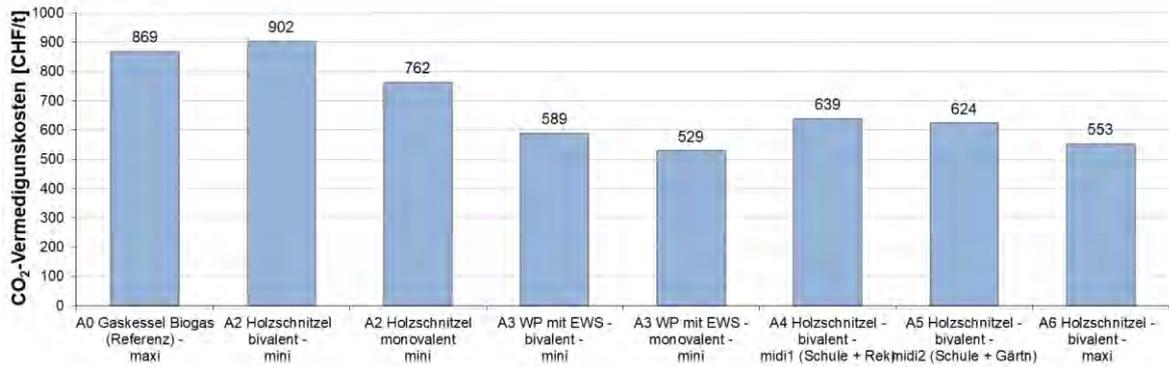


Abbildung 22 CO₂-Vermeidungskosten der betrachteten Varianten

Variante A3 und A6 weisen die tiefsten Vermeidungskosten auf, Variante A2.1 die höchsten.

8 Nutzwertanalyse

8.1 Vorgehen und Gewichtung

Die gesamtheitliche Bewertung erfolgt mittels einer Nutzwertanalyse mit insgesamt 13 Beurteilungskriterien.

Die Bewertung der Varianten hinsichtlich der Kriterien im Bereich «Ökologie» und «Ökonomie» (mit Ausnahme des Teilkriteriums «Werterhalt») erfolgte durch A+W linear anhand der berechneten Werte (siehe Kapitel 6 und 7). Die Benotung der Varianten hinsichtlich der restlichen Kriterien erfolgte in einem Workshop am 14. Dezember 2020 gemeinsam mit dem Projektteam.

Grundsätzlich sollen für die Nutzwertanalyse die gleichen Haupt- und Teilkriterien wie im Projekt «Heizungersatz Gemeindeliegenschaften Zentrum» verwendet werden⁷. Damit können die unterschiedlich grossen Versorgungsperimeter jedoch nicht direkt miteinander verglichen werden. Die folgenden Punkte wurden deshalb angepasst:

Tabelle 16: Anpassungen an den Kriterien der Nutzwertanalyse

Teilkriterium	Anpassung
Investitionen	Werden auf die Nutzenergie bezogen, um die unterschiedlich grossen Perimeter vergleichbarer zu machen.
Werterhalt	Ersetzt durch CO ₂ -Vermeidungskosten
Lokale Wertschöpfung	Gewichtung: 2 anstelle von 1

⁷ Entscheid an Sitzung vom 14.12.2020

Hauptkriterien	Teilkriterien	Gewichtung
1-3 Gewichtung	1-3 Gewichtung	
Ökologie 3.0 Nachhaltige Energienutzung	1.0 Exergiebedarf	3.00
	2.0 Erneuerbarkeit	6.00
	2.0 Effizienz Primärenergieträger	6.00
2.0 Treibhausgase / Umweltbelastung	3.0 Treibhausgase	6.00
	2.0 Umweltbelastung	4.00
Ökonomie 3.0 Wirtschaftlichkeit / Life Cycle Cost	3.0 Energiegestehungskosten / mittlere Jahreskosten	9.00
	2.0 1. Investition	6.00
	3.0 Sensitivität Energiepreisentwicklung	6.00
2.0 Preissensitivität / Vermeidungskosten	2.0 CO2-Vermeidungskosten	4.00
	2.0 Akzeptanz bei Bürgern	4.00
Soziales 2.0 Akzeptanz Bürger / lokale Wertschöpfung	2.0 Lokale Wertschöpfung	4.00
	1.0 Akustische / Optische Behaglichkeit	2.00
2.0 Behaglichkeit / Modularität	2.0 Flexibilität	4.00

Abbildung 23: Haupt- und Teilkriterien und deren Bewertung

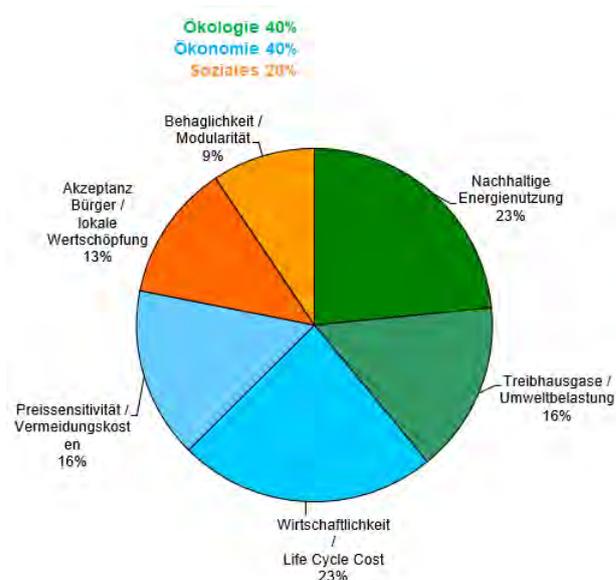


Abbildung 24: Resultierende Bewertung der Kategorien

8.2 Ergebnis Nutzwertanalyse

Die Konzeptvarianten wurden nach den 13 Teilkriterien mit Noten von 0 bis 5 bewertet. Die Benennung der Varianten sowie die Bewertungshinweise und Messgrößen sind dem Anhang 10.5 zu entnehmen.

Für die quantitative Auswertung der Varianten werden die Punkte pro Variante aufsummiert.

Für den Fall, dass nur der Perimeter «mini» versorgt wird, erzielt die Variante 3.2 Wärmepumpe mit EWS monovalent die höchste Punktzahl.

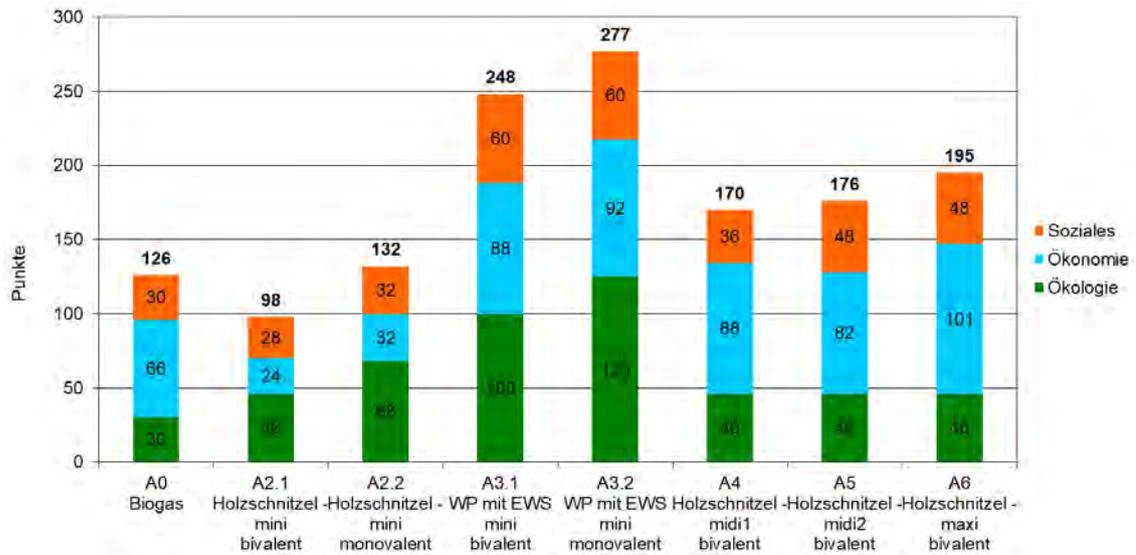


Abbildung 25: Quantitative Auswertung Nutzwertanalyse

Werden nur ökologische und ökonomische Teilkriterien in die Bewertung einbezogen, ändert sich das Resultat nicht wesentlich.

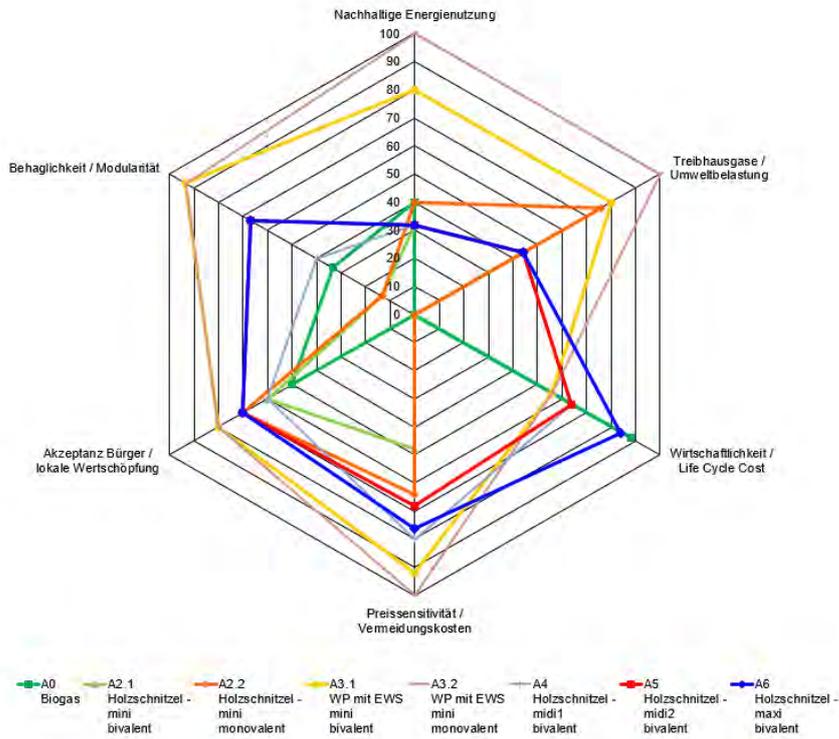


Abbildung 26: Qualitative Auswertung Nutzwertanalyse

9 Empfehlung und weiteres Vorgehen

9.1 Empfehlung Versorgungsvariante

Die zu empfehlende Versorgungsvariante hängt vom zukünftigen Versorgungsperimeter ab:

Tabelle 17 Empfehlung je Versorgungsperimeter

Bezeichnung	Perimeter	Variante	
Mini	Sekundarschule Turnhalle Schwarz	A3.2	WP mit Erdsonden, monovalent
Midi1	Sekundarschule Turnhalle Schwarz Areal ehemaliges Spital	A4	Holzschnitzel, bivalent Spitzenlast: Gas
Midi2	Sekundarschule Turnhalle Schwarz Gärtnerei Meier	A5	Holzschnitzel, bivalent Spitzenlast: Gas
Maxi	Sekundarschule Turnhalle Schwarz Areal ehemaliges Spital Gärtnerei Meier	A6	Holzschnitzel, bivalent Spitzenlast: Gas

9.2 Schulhäuser / Sporthalle Schwarz

Die gebäudeseitig notwendigen Massnahmen wurden in dieser Studie nicht untersucht. Es wird empfohlen die folgenden Punkte abzuklären, um die Effizienz des Verbunds zu erhöhen und den Leistungsbedarf zu reduzieren:

- **Schulhaus**
 - Ersatz Umwälzpumpen / Anpassungen Heizungsverteilung
 - Anpassung BWW-Erzeugung
 - Überprüfung Vorlauftemperaturen
- **Sporthalle Schwarz**
 - BWW Speicher vorsehen: Reduktion Spitzenleistung
 - Überprüfung Vorlauftemperaturen

Zusätzlich wird empfohlen im Winter 2021/2022 Messungen des Leistungsbedarfs und der Vor-/Rücklauftemperaturen vorzunehmen, um für die weitere Planung verlässliche Grundlagen zum Bestand zu schaffen.

9.3 Weiteres Vorgehen / Terminplan

Für die weiteren Schritte bzw. das Terminprogramm müssen die folgenden Rahmenbedingungen beachtet werden:

Tabelle 18: Rahmenbedingungen und Abhängigkeiten Terminplan

Abhängigkeit	Wann
Ergebnis Studie Gärtnerei Meier liegt vor	Juli 2021
Gemeindeversammlung 2021 / Freigabe Projektierungskredit	Dezember 2021
Frist zwischen Verabschiedung Bauprojekt durch Gemeinderat und Urnenabstimmung / Freigabe Baukredit	6 Monate

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen ergibt sich das in Abbildung 27 gezeigte Terminprogramm für Variante A5 bzw. das in Abbildung 28 gezeigte Terminprogramm für Variante A3. Das Terminprogramm für Variante A3 kann noch stärker als für Variante A6 optimiert werden.

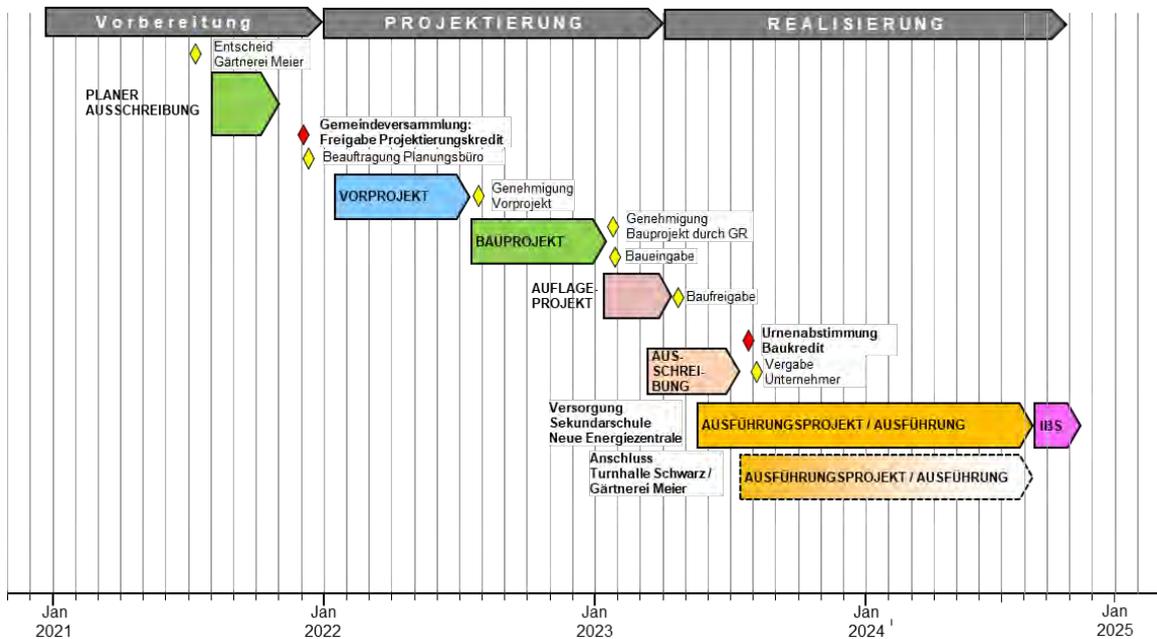


Abbildung 27: Grobterminplan Umsetzung Variante A5

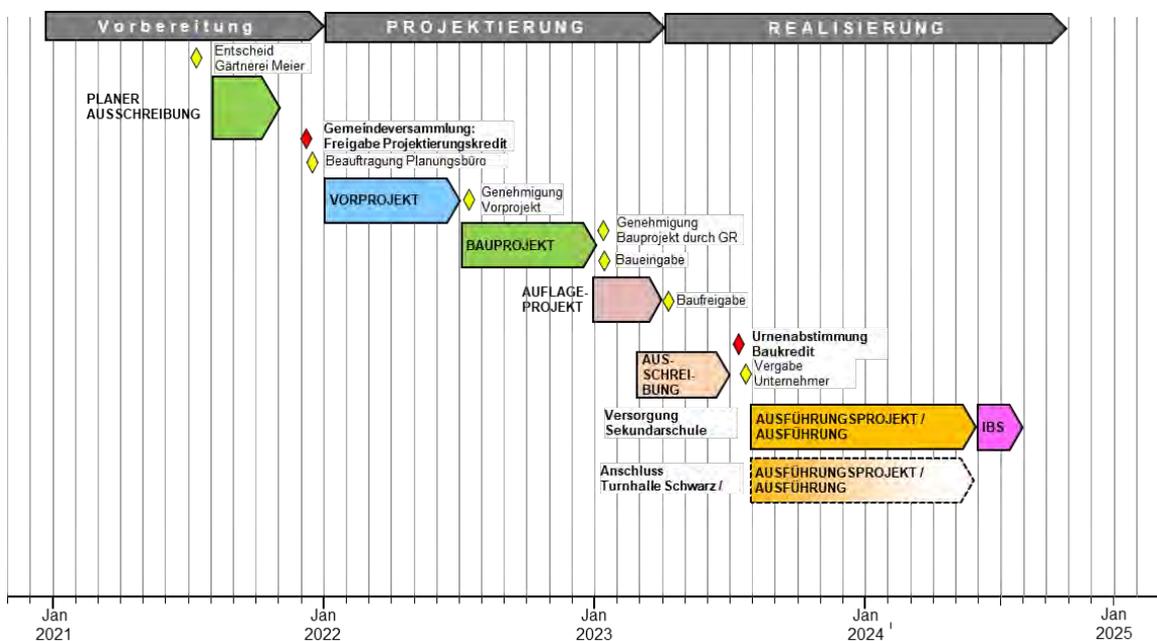


Abbildung 28: Grobterminplan Umsetzung Variante A3

9.4 Offene Punkte / nächste Schritte

Die nächsten Schritte sind von der gewählten Variante abhängig. Im Rahmen der Projektierung muss die gewählte Variante vertieft ausgearbeitet werden.

In der nächsten Phase sind insbesondere die folgenden Punkte vertieft zu prüfen.

Variante A3.1 und A3.2:

- Energiezentrale Schulhaus Schanz: Statik, Schallschutz, Entfluchtung
- Auslegung EWS: Durchführen eines Thermal-Response-Tests und Anpassung der Simulation / Auslegung anhand der Ergebnisse
- Regeneration EWS: eingesetzte Technologie und Regenerationsziel (vollständige oder teilweise Regeneration)
- Vorlauftemperatur
- Kältemittel für Wärmepumpe bestimmen

Variante A5 oder A6:

- Überprüfung Standort Energiezentrale (Alternative bei Gärtnerei Meier prüfen)
- Einbindung Ölkessel Gärtnerei Meier
- Ausbaureserve
- Vorlauftemperatur Netz
- Ausbautappen Verbund

10 Anhang

10.1 Verzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Projektperimeter	6
Abbildung 2: Energiezentrale und Heizöltank Schulgebäude Schanz	8
Abbildung 3: Areal Gärtnerei Meier.....	9
Abbildung 4: Energiebedarf der Perimeter aufgeteilt auf die aktuellen Energieträger (Nutzenergie) ..	11
Abbildung 5: Ausgewählte Varianten Phase 1	13
Abbildung 6: Übersicht Flächen für EWS.....	15
Abbildung 7: Schematische Darstellung der Energiezentrale und der möglichen Anlieferung	18
Abbildung 8: Grobdisposition Variante A2.....	19
Abbildung 9 Grobdisposition Variante A6.....	19
Abbildung 10: Leitungsführung ab der Energiezentrale in Variante A6	20
Abbildung 11: Standort Energiezentrale und EWS.....	21
Abbildung 12: Grobdisposition Variante A.3.....	22
Abbildung 13: Vernetzung in Variante A.3	22
Abbildung 14: Endenergiebedarf der Varianten	23
Abbildung 15: Spezifische CO ₂ -Emissionen bezogen auf die gelieferte Nutzenergie	25
Abbildung 16: Absolute CO ₂ -Emissionen für den gesamten Perimeter (maxi)	25
Abbildung 17: Kostenschnittstelle für alle Varianten.....	27
Abbildung 18: Investitionskosten der betrachteten Varianten (+/-25%; exkl. MwSt., inkl. Honorare)	29
Abbildung 19: Gesteigungskosten der betrachteten Varianten (+/-25%; exkl. MwSt.).....	29
Abbildung 20 Sensitivität auf Energiepreissteigerung der betrachteten Varianten.....	30
Abbildung 21 Gesteigungskosten der betrachteten Varianten inkl. Förderung KliK (+/-25%; exkl. MwSt.)	31
Abbildung 22 CO ₂ -Vermeidungskosten der betrachteten Varianten.....	32
Abbildung 23: Haupt- und Teilkriterien und deren Bewertung.....	34
Abbildung 24: Resultierende Bewertung der Kategorien	34
Abbildung 25: Quantitative Auswertung Nutzwertanalyse	35
Abbildung 26: Qualitative Auswertung Nutzwertanalyse.....	36
Abbildung 27: Grobterminplan Umsetzung Variante A5	38
Abbildung 28: Grobterminplan Umsetzung Variante A3	38
Abbildung 29: Anordnung EWS Variante monovalent	42
Abbildung 30: Temperaturverlauf EWS, monovalent.....	43
Abbildung 31: Temperaturverlauf EWS, monovalent-regeneriert.....	43
Abbildung 32: Anordnung EWS Variante bivalent	44
Abbildung 33: Temperaturverlauf EWS, bivalent.....	45
Abbildung 34: Temperaturverlauf EWS, bivalent-regeneriert.....	45
Abbildung 35: Polysun Modell	46
Abbildung 36: Monatsprofil Energieabdeckung Variante A2.1	46
Abbildung 37: Jährlicher Energiemix mit und ohne solarthermische Unterstützung	47
Abbildung 38: Polysun-Modell	47
Abbildung 39: Monatsprofil Energieabdeckung Variante A5.....	47
Abbildung 40: Jährlicher Energiemix mit und ohne solarthermische Unterstützung	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Betrachtete Perimeter des Wärmeverbundes	7
Tabelle 2: Schnittstellen	7
Tabelle 3: Projektteam	7
Tabelle 4: Potential Holzschnitzel in der Region	10
Tabelle 5: Leistungsbedarf der betrachteten Gebäude im Perimeter (Summe).....	12
Tabelle 6: Versorgte Gebäude und Energiebedarf pro Perimeter	12
Tabelle 7: Betrachtete Varianten	13
Tabelle 8: Leistungsaufteilung und Grösse der Energiezentrale	14
Tabelle 9: Benötigte Absorberfläche	16
Tabelle 10: Wirkungsgrade und Hilfsenergiebedarf	23
Tabelle 11: Faktoren ökologische Bilanzierung	24
Tabelle 12: Primärenergie und Umweltbelastungspunkte der Varianten (spezifische Werte bezogen auf gelieferte Nutzenergie)	26
Tabelle 13: Parameter Wirtschaftlichkeitsrechnung	28
Tabelle 14: Energiepreise	28
Tabelle 15: Anrechenbare CO ₂ -Einsparungen und Förderung	31
Tabelle 16: Anpassungen an den Kriterien der Nutzwertanalyse.....	33
Tabelle 17 Empfehlung je Versorgungsperimeter	37
Tabelle 18: Rahmenbedingungen und Abhängigkeiten Terminplan.....	37
Tabelle 19: Grundlagendokumente.....	42
Tabelle 20 Werte Teilkriterien Ökologie (graue Werte mit LW Wärmetauscher)	48
Tabelle 21 Bewertung Teilkriterien Ökologie.....	48
Tabelle 22 Werte Teilkriterien Ökonomie (graue Werte mit LW Wärmetauscher)	48
Tabelle 23 Bewertung Teilkriterien Ökonomie.....	49
Tabelle 24 Bewertung Teilkriterien Soziales	49
Tabelle 25: Beilagen	50

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung	Einheit
EWS	Erdwärmesonde	
COP	Coefficient of Performance	
HW	Heizwärme	
BWW	Brauchwarmwasser	
Sm ³	Schüttkubikmeter (Holzhackschnitzel)	
UBP	Umweltbelastungspunkte	

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Visum	Beschrieb
1.0	21.12.2020	MASM	Vorabzug
1.1	22.12.2020	MASM	Vernehmlassung
1.2	04.02.2021	MASM	Finale Version
1.3	30.09.2021	MASM	Nachgeführt

10.2 Grundlagendokumente

Tabelle 19: Grundlagendokumente

Titel	Verfasser	Datum
Energiekonzept und Energieplanung Rüti ZH	Basler + Hofmann	2015
Wärmeverbund Sekundarschule / ehemaliges Spital Rüti – Strategische Planung nach SIA 108, Phase 11 Schlussbericht	Amstein +Walther	2020
Holznutzung – Holzfluss – Energieholz Forstrevier Rüti-Wald-Dürnten	Thomas Mauchle	15.07.2019

10.3 Grundlagen EWS Auslegung / Regeneration

10.3.1 Simulation EWS – monovalent

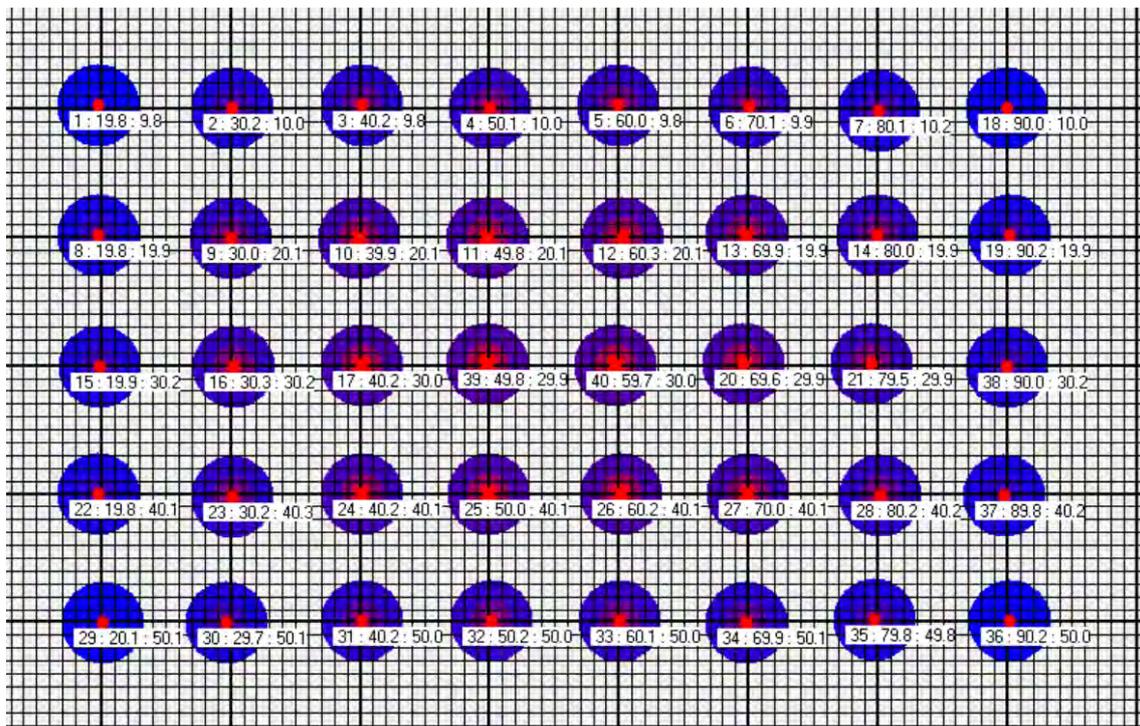


Abbildung 29: Anordnung EWS Variante monovalent

Ergebnis Temperaturverlauf der Ein- und Austrittstemperaturen in die EWS über 50 Jahre hinweg.

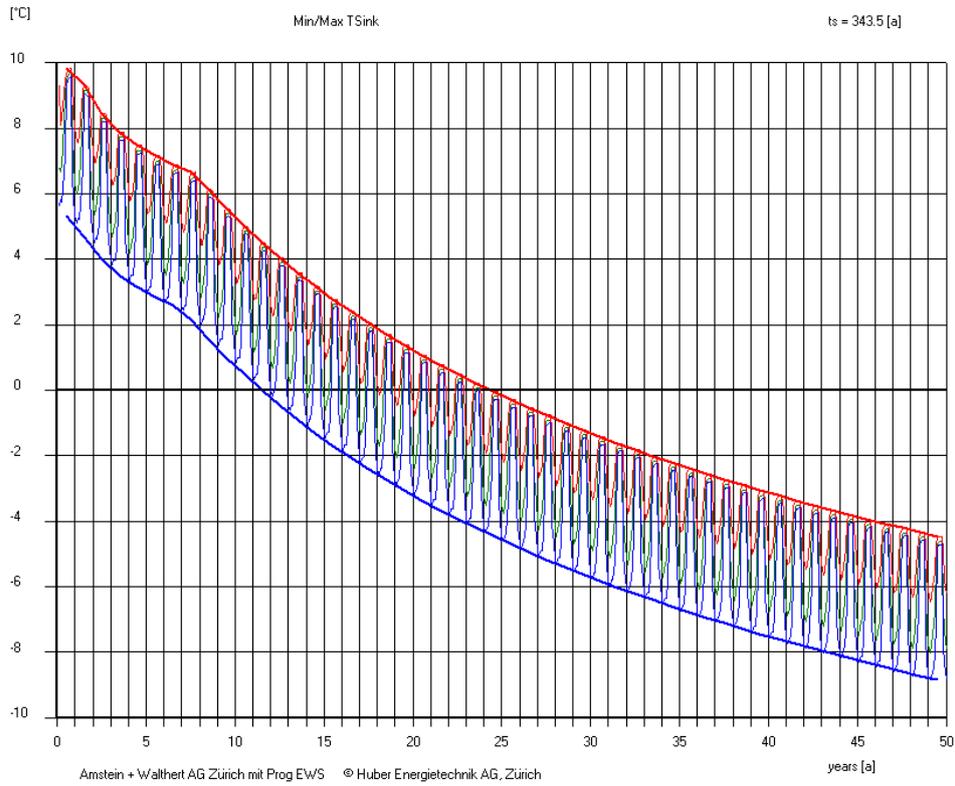


Abbildung 30: Temperaturverlauf EWS, monovalent

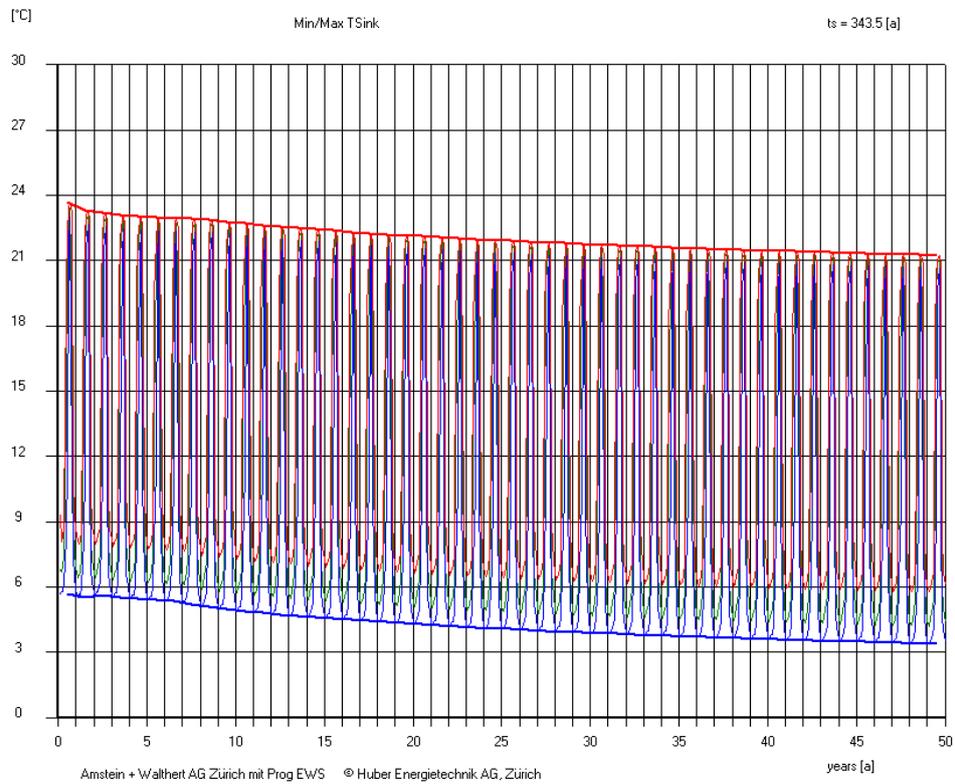


Abbildung 31: Temperaturverlauf EWS, monovalent-regeneriert

10.3.2 Simulation EWS – bivalent

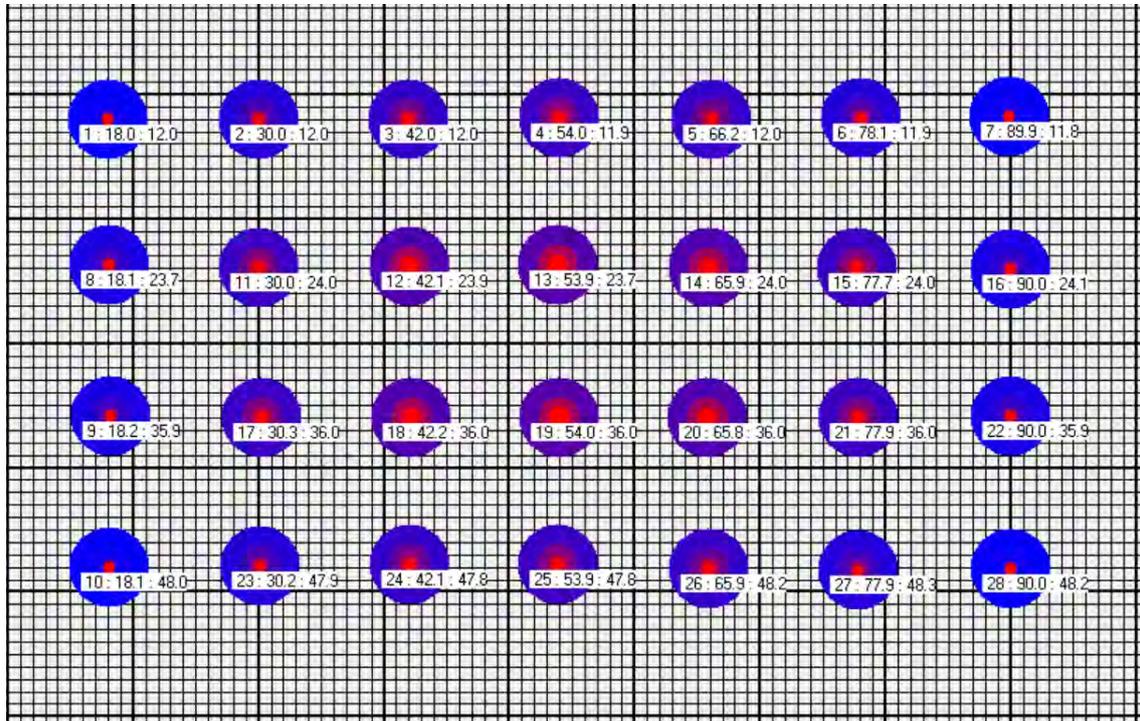


Abbildung 32: Anordnung EWS Variante bivalent

Ergebnis der Simulation ohne Regeneration zeigt einen deutlichen Temperaturabfall über 50 Jahre in der Ein- und Austrittstemperatur in den Sonden.

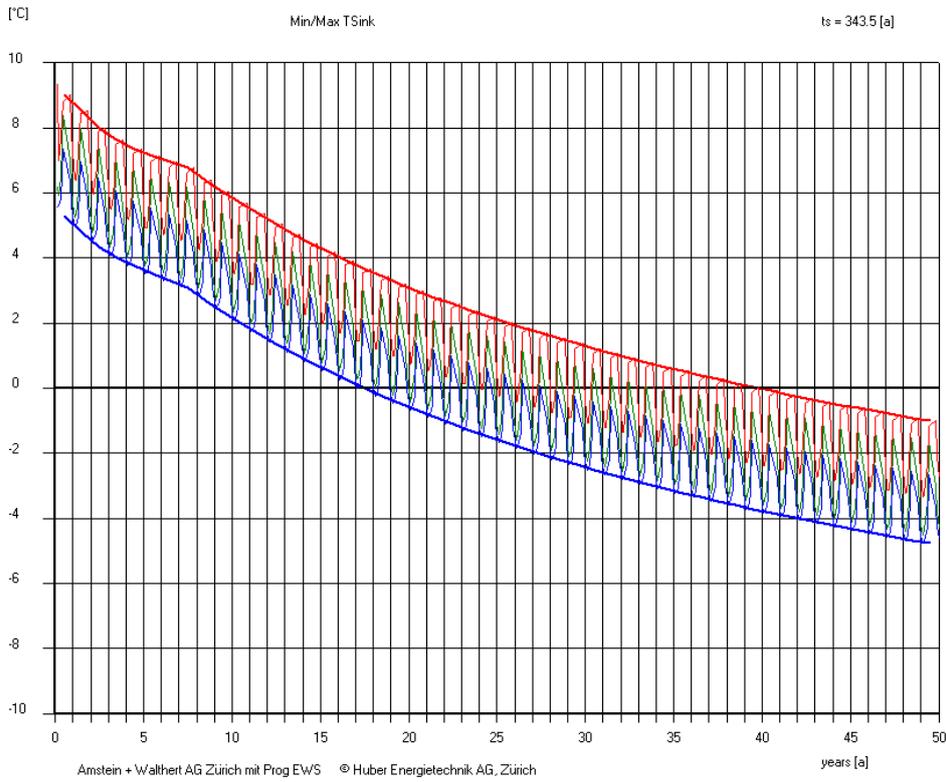


Abbildung 33: Temperaturverlauf EWS, bivalent

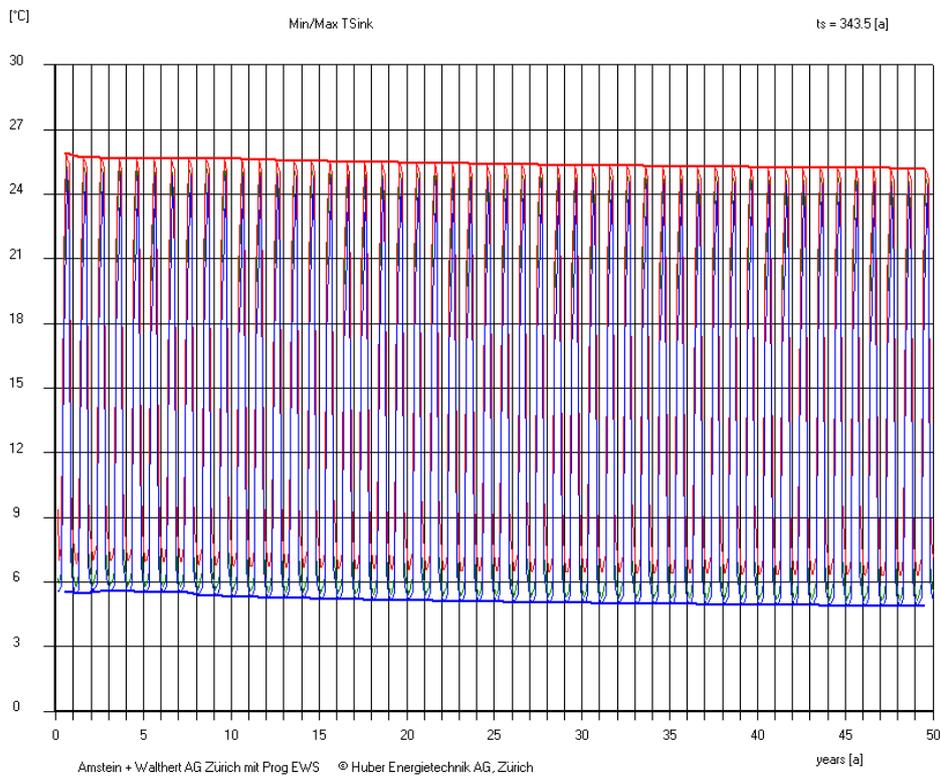


Abbildung 34: Temperaturverlauf EWS, bivalent-regeneriert

10.4 Solarthermische Unterstützung Energieverbund

Für die Variante A2.1 und A5 wurde die Möglichkeit einer solarthermischen Unterstützung des Verbunds untersucht.

Es wurde in beiden Varianten davon ausgegangen, dass **die Dachfläche der Energiezentrale für solarthermische Kollektoren genutzt werden kann**. Entsprechend können **140 m² Kollektoren** installiert werden.

10.4.1 Variante A2.1

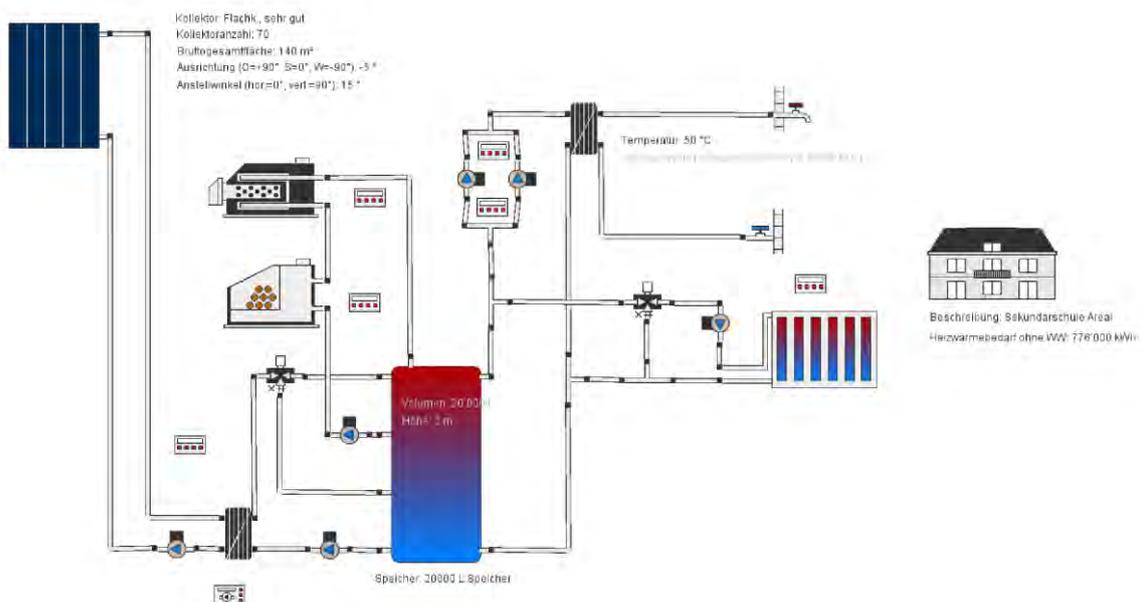


Abbildung 35: Polysun Modell

In den Sommermonaten kann der Wärmebedarf praktisch komplett mit der Solaranlage gedeckt werden.

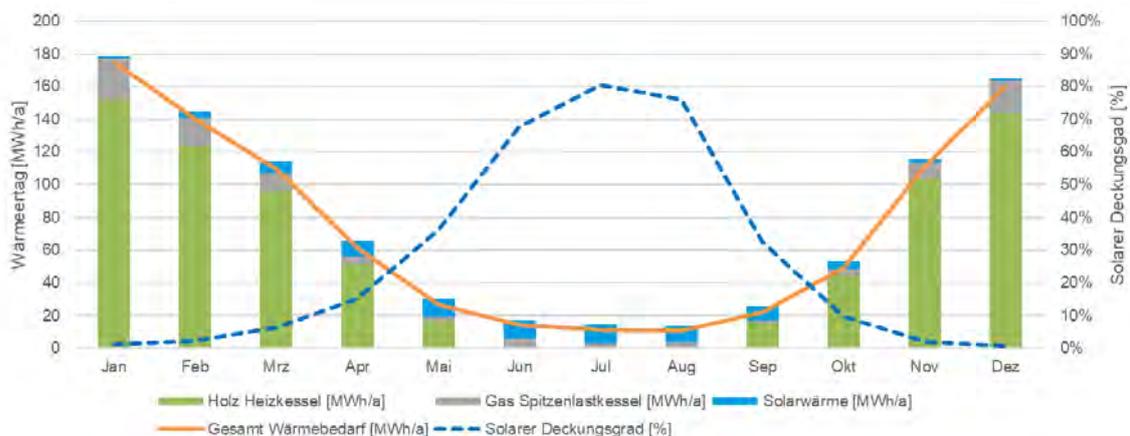


Abbildung 36: Monatsprofil Energieabdeckung Variante A2.1

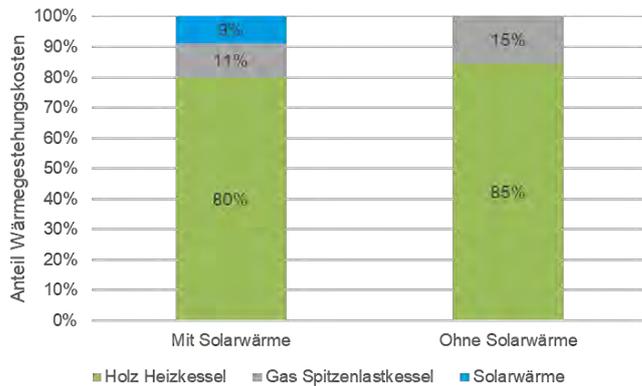


Abbildung 37: Jährlicher Energiemix mit und ohne solarthermische Unterstützung

10.4.2 Variante A5

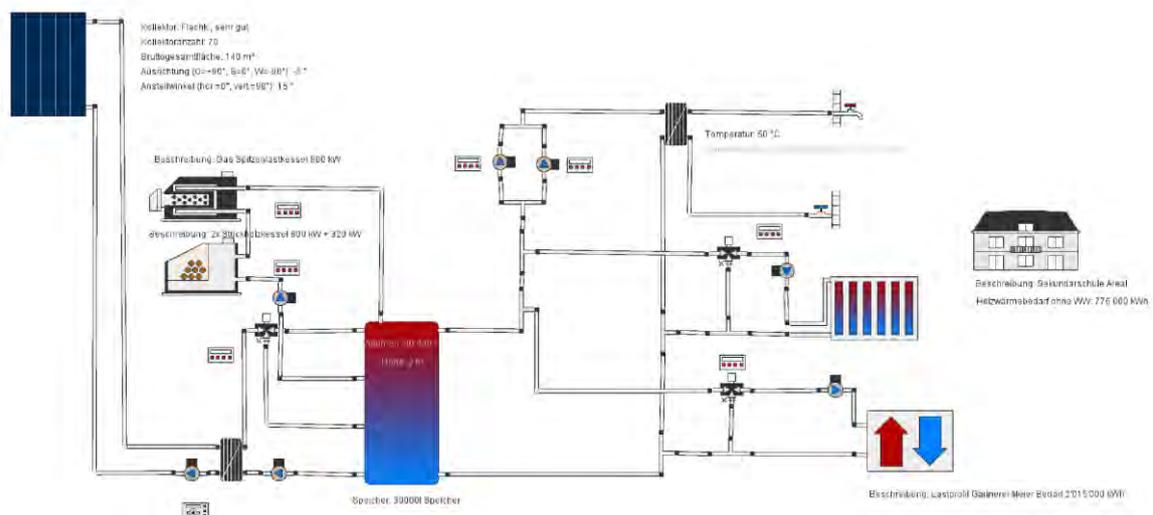


Abbildung 38: Polysun-Modell

Es ergibt sich folgendes Monatsprofil des Energiemixes:

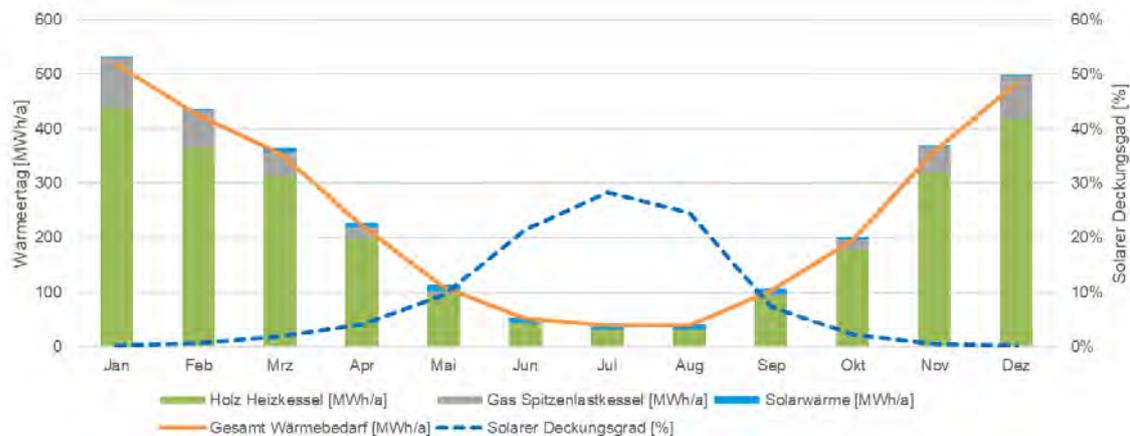


Abbildung 39: Monatsprofil Energieabdeckung Variante A5

Gesamthaft kann die solarthermische Unterstützung ca. 3% des Bedarfs abdecken, wie in Abbildung 40 gezeigt.

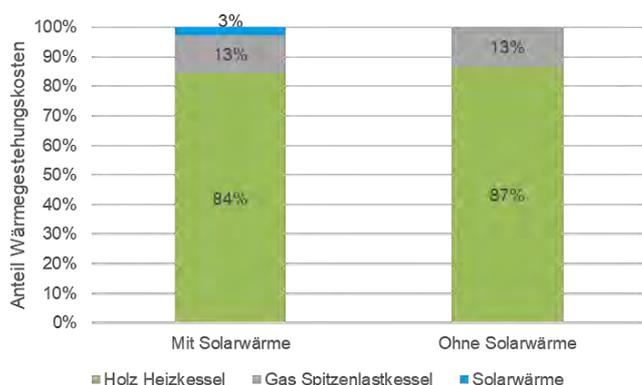


Abbildung 40: Jährlicher Energiemix mit und ohne solarthermische Unterstützung

10.5 Bewertung Nutzwertanalyse

Die in die Nutzwertanalyse eingeflossene Bewertung und die dazugehörigen Werte der betrachteten Variante sind hier zusammengefasst. In grün wird jeweils der beste Wert des Teilkriteriums hervorgehoben. Graue Werte werden für die Teilergebnisse angegeben, wo die Werte/Bewertung mit dem Einsatz von L/W-Wärmetauschern sich von den Werten/Bewertung mit Solarthermie unterscheiden.

Tabelle 20 Werte Teilkriterien Ökologie (graue Werte mit L/W Wärmetauscher)

Teilkriterien Ökologie	A0	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2	A4	A5	A6
Exergiebedarf	100%	100%	100%	42%	30%	100%	100%	100%
				44%	33%			
Erneuerbarkeit	9%	78%	95%	83%	99%	78%	78%	78%
Effizienz Primärenergieträger	38%	164%	173%	52%	38%	164%	164%	164%
				56%	43%			
Treibhausgase	147	66	16	44	4	66	66	66
					5			
Umweltbelastung	123	106	91	38	15	106	106	106
				39	17			

Tabelle 21 Bewertung Teilkriterien Ökologie

Teilkriterien Ökologie	A0	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2	A4	A5	A6
Exergiebedarf	0	0	0	4	5	0	0	0
Erneuerbarkeit	0	4	5	4	5	4	4	4
Effizienz Primärenergieträger	5	0	0	4	5	0	0	0
Treibhausgase	0	3	5	4	5	3	3	3
Umweltbelastung	0	1	2	4	5	1	1	1

Tabelle 22 Werte Teilkriterien Ökonomie (graue Werte mit L/W Wärmetauscher)

Teilkriterien Ökonomie	A0	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2	A4	A5	A6

Energiegestehungs-kosten [Rp./kWh]	19.0	27.0	26.7	21.0 18.9	21.7 19.1	19.2	18.7	16.6
1. Investition / kWh	316	2'858	2'838	2'723 2'244	3'194 2'598	1'745	1'686	1'347
Sensitivität Energie-preis-entwicklung	189%	129%	129%	122% 126%	117% 122%	141%	143%	148%
CO ₂ -Vermeidungs-kosten	869	902	762	652 589	602 529	639	624	553

Tabelle 23 Bewertung Teilkriterien Ökonomie

Teilkriterien Ökonomie	A0	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2	A4	A5	A6
Energiegestehungs-kosten	4	0	0	3 4	3 4	4	4	5
1. Investition / kWh	5 5	1 0	1 0	1 1	0 1	3 2	3 2	3 3
Sensitivität Energie-preis-entwicklung	0	4	4	5	5	3 4	3	3
CO ₂ -Vermeidungs-kosten	0	0	2	4	4 5	4	4	5

Tabelle 24 Bewertung Teilkriterien Soziales

Teilkriterien Soziales	A0	A2.1	A2.2	A3.1	A3.2	A4	A5	A6
Akzeptanz bei Bürgern	2	2	2	5	5	2	3	3
Lokale Wertschöpfung	3	4	5	3	3	4	4	4
Akustische/Optische Behaglichkeit	5	2	2	4	4	2	2	2
Flexibilität	0	0	0	5	5	2	4	4

11 Beilagen

Tabelle 25: Beilagen

Nr	Inhalt	Verfasser	Datum / Stand
01	01_Schema_Grobdisposition	Amstein + Walthert AG	
02	02_Variante A6_Leitungsführung_Fernwärme	Amstein + Walthert AG	
03	03_Kostenschätzung	Amstein + Walthert AG	
04	04_Beschlussliste	Amstein + Walthert AG	
05	05_Nutzwertanalyse_alleKriterien_v2_1	Amstein + Walthert AG	