

Oberstufe Bronschhofen Bahnhofstrasse 2 9552 Bronschhofen

Sanierungskonzept Gebäudetechnik
Wärmeerzeugung



2549 / Version 04 / 30. Juni 2022

Impressum

Nr.	2549
Objekt	Oberstufe Bronschhofen Bahnhofstrasse 2 9552 Bronschhofen
Bauherrschaft	Stadt Wil Departement Bau Umwelt und Verkehr Hauptstrasse 20 Postfach 56 9552 Bronschhofen
HLK- / Sanitäringenieur	Calorex AG Ingenieurbüro für Energietechnik Gallusstr. 35 CH-9500 Wil SG Telefon 071 913 27 70 www.calorex.ch
Verfasser	Richard Stolz / Raphael Herzog

Verteiler	Bauherrschaft Herr Mathias Schwarz
Version	2549 / 04 / 30.06.2022
Bezeichnung	2549\Journal\Berichte Studien\Sanierungskonzept Haustechnik Wärmeerzeugung.doc

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Vorwort	4
2.	Kurz-Zusammenfassung	5
2.1	Heizungsanlage	5
3.	Sanierungsvarianten Wärmeerzeugung	6
3.1	Grundlagen	6
3.1.1	Energieverbrauch und Leistung	6
3.1.2	Vorauswahl der zu untersuchenden Varianten	7
3.1.3	Energiepreise	8
3.2	Varianten	9
3.2.1	Variante 2: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, monovalent	9
3.2.4	Variante 5: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent	11
3.3	Jahresbetriebskosten der Varianten	13
3.4	CO ₂ -Ausstoss der Varianten	14
3.5	Empfehlung Wärmeerzeugung	15
4.	Anhang	16

1. Einleitung und Vorwort

Am 28. Mai 2018 haben wir von der Bauherrschaft den Planungsauftrag für das Sanierungskonzept der Haustechnikmedien Heizung-Lüftung-Kälte-Sanitär erhalten haben.

Wir haben nachfolgendes Sanierungskonzept ausgearbeitet. Ziel dieses Arbeitspapiers und der Skizzen soll es sein, zusammen mit der Bauherrschaft, die Sanierungsvariante Wärmeerzeugung und die weiteren Sanierungsmassnahmen festzulegen, so dass anschliessend die weiteren Planungsarbeiten vorgenommen werden können.

Der Sanierungsbericht wurde am 19. Januar 2019 fertiggestellt und der Bauherrschaft zugestellt.

Im September 2020 hat die Bauherrschaft uns mitgeteilt, dass die Sanierungen an der Wärmeerzeugung im Jahr 2021 ausgeführt werden soll.

Die Stadt Wil hat 2019 den Klimanotstand ausgerufen. Die im Bericht aufgeführte Variante 1 mit einer Erdsonden Wärmepumpe / Gasheizkessel bivalent wurde von den Verantwortlichen der Stadt Wil als nicht mögliche Variante eingestuft. Der Einsatz von nichterneuerbaren Energieträgern ist nicht möglich.

Der Variantenvergleich Wärmeerzeugung soll entsprechend angepasst werden!

Wir haben im nachfolgenden Bericht den Variantenvergleich Wärmeerzeugung nochmals aufgeführt und mit einer zusätzlichen Variante ergänzt.

Am 09. Dezember 2020 wurde der revidierte Bericht Version 02 an die Bauherrschaft abgegeben.

Mit Telefon vom 16.06.2021 hat uns Herr Mathias Schwarz gebeten die beiden Varianten Erdwärmesonden / Luftkühler noch etwas genauer zu beschreiben.

Mit Telefon vom 27.06.2022 hat uns Herr Mathias Schwarz gebeten, den Bericht Version 03 mit den aktuellen Energie- und Materialpreisen zu aktualisieren.

Wir danken der Bauherrschaft für die Übertragung der Planungsarbeiten und hoffen, mit innovativen Lösungen zum guten Gelingen dieses Bauvorhabens beitragen zu dürfen.

Wir freuen uns auf die gemeinsame Lösungssuche und das entsprechende Optimieren unserer Konzeptvorschläge.

Für das Planungsteam

Calorex AG, 9500 Wil

Richard Stolz / Raphael Herzog

2. Kurz-Zusammenfassung

2.1 Heizungsanlage

Die bestehende Wärmeerzeugung hat die theoretische Lebensdauer grösstenteils erreicht, ist aber dank der guten Wartung noch in einem guten und funktionierenden Zustand. Trotzdem macht es Sinn, sich schon jetzt Gedanken darüber zu machen, welche Variante der Wärmeerzeugung bei einer Sanierung realisiert werden soll.

Wir haben deshalb die nachstehenden Sanierungsvarianten für Sie geprüft:

- Variante 1: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent*)
- Variante 1a: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent, 20% Biogasanteil*)
- Variante 1b: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent, 50% Biogasanteil*)
- Variante 2: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent
- Variante 3: Holzpellets monovalent
- Variante 4: Hackschnitzel monovalent
- Variante 4: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent

*) die Varianten 1, 1a, 1b sind gemäss den Verantwortlichen der Stadt Wil, aufgrund der Energiestrategie und des Klimanotstandes, nicht ausführbar.

Wir haben diese Varianten im nachfolgenden Variantenvergleich nicht mehr aufgeführt!

Im nachfolgenden Variantenvergleich haben wir aufgrund der Mitteilung der Bauherrschaft noch die Variante 2 + Variante 5 genauer aufgeführt. Die Varianten mit Holzheizungen wurden von Seiten Bauherrschaft ausgeschlossen.

Unsere Wirtschaftlichkeitsberechnung ergab die folgenden Resultate:

Investitionskosten (Fr.)

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent
Total Investitionskosten (Fr.)	586'200	533'000

Total der mittleren Jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer von 15 Jahren (Fr./Jahr)

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent
Betriebskosten	38'560	37'080
Kapitalkosten	31'280	33'590
Total	69'840	70'670

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie (Rp. /kWh)

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent
Mittlere Wärmegestehungskosten pro kWh Nutzenergie	16.6	16.8

„Rang nach Wirtschaftlichkeit“

①

②

3. Sanierungsvarianten Wärmeerzeugung

3.1 Grundlagen

3.1.1 Energieverbrauch und Leistung

Nutzenergieverbrauch Ölheizkessel

Der durchschnittliche Ölverbrauch des Heizkessels, betrachtet über die letzten Jahre, liegt bei rund 35'500 Litern pro Jahr, woraus ein Energieverbrauch von rund 362'300 kWh/Jahr resultiert. Unter Berücksichtigung eines Jahresnutzungsgrades des Heizkessels (ohne Kondensationswärmenutzung) von 85% ergibt sich ein Nutzenergiebedarf für die Raumheizung und die Warmwasserproduktion von rund 308'000 kWh/Jahr.

Nutzenergieverbrauch Wärmepumpe

Auf der Kondensatorseite der Wärmepumpe ist ein Wärmezähler installiert. Nach Aussage des technischen Dienstes zeigt der Wärmezähler per Ende August 2018 einen Wert von 1590.48 MWh an. Bei diesem Wert handelt es sich um die produzierte Wärmenergie der Wärmepumpe seit dem Jahre 2004. Zur Berechnung des Nutzenergiebedarfes pro Jahr haben wir in unseren Berechnungen mit 170 Monaten gerechnet. Daraus resultiert ein Nutzenergiebedarf für die Raumheizung und die Warmwasserproduktion von rund 112'300 kWh/Jahr. Auf Grund der vorhandenen Erdwärmesonden (10 x 150 m) ergibt diese eine Entzugsleistung von rund 75 kWh/Meter Erdsonde und Jahr, was absolut realistisch ist.

Benötigte Heizleistung

Der totale Nutzenergiebedarf für die Raumheizung und die Warmwasserproduktion liegt bei rund 420'300 kWh/Jahr. Unter Berücksichtigung der Heizgradtage resultiert eine benötigte Heizleistung von total ca. 300 kW.

3.1.2 Vorauswahl der zu untersuchenden Varianten

Grundsätzlich wären sehr viele Wärmeerzeugervarianten wünschenswert oder möglich. Im Sinne der besseren Übersicht und Verständlichkeit wurde mit nachfolgender Matrix eine Vorauswahl über die weiter zu untersuchenden Varianten getroffen.

System	Verfolgen?	Begründung/Hinweise
Heizkessel Heizöl oder Erdgas monovalent	Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Es sind bereits Erdwärmesonden vorhanden, welche weiter genutzt werden können und sollten. • Ökologische Verschlechterung gegenüber momentanem Betrieb.
Heizkessel Heizöl mit Wärmepumpe und Erdwärmesonden bivalent	Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Nur leichte Verbesserung der Ökobilanz durch einen Heizkessel mit Kondensationswärmenutzung. • Realisierung eines Erdgasanschlusses ist möglich, wodurch der CO₂-Ausstoss markant verbessert werden könnte.
Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe und Erdwärmesonden bivalent	Ja Variante 1 Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Realisierung eines Erdgasanschlusses ist möglich. • Reduktion des CO₂-Ausstosses gegenüber der bestehenden Wärmeerzeugung. • "tiefe" Investitionskosten • Zukauf von Biogas jederzeit möglich, wodurch sich der CO₂-Ausstoss noch weiter verringern würde. (Varianten 1a bis 1c) <p>Gemäss Entscheid Bauherrschaft nicht erwünscht</p>
Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, monovalent	Ja Variante 2	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche Erdwärmesonden dürfen gebohrt werden • Keine Abgasanlage mehr notwendig und dadurch kein CO₂-Ausstoss vor Ort. • Durch die hohen Vorlauftemperaturen schlechterer Wirkungsgrad der Wärmepumpe.
Luft/Wasser – Wärmepumpe monovalent oder bivalent	Ja Variante 5	<ul style="list-style-type: none"> • eine Luft/Wasser - Wärmepumpenanlage nicht möglich. • Bivalente Anlagen sind möglich • Es sind bereits Erdwärmesonden vorhanden, welche weiter genutzt werden können und sollten.
Heizkessel Holzpellets, monovalent	Ja Variante 3 Nein	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂-Neutral • Geeignet für hohe Vorlauftemperaturen • Nachwachsender Rohstoff • Mehr Aufwand im Unterhalt für den Hauswart (Ascheentleerung, etc.) als bei Erdgas und Wärmepumpe • Zusätzlicher Lagerraum für die Holzpellets notwendig. <p>Gemäss Mitteilung Bauherrschaft vom 16.06.21 soll diese Variante nicht weiterverfolgt werden</p>
Heizkessel Hackschnitzel, monovalent	Ja Variante 4 Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Im vorliegenden Leistungsbereich ist ein wirtschaftlicher Betrieb möglich. • Für die Anlieferung von Schnitzel müsste ein zusätzlicher Weg erstellt werden. • Es müsste ein zusätzlicher Raum für das Schnitzelsilo erstellt werden! • Allenfalls Vergrößerung der Anlage für den Anschluss umliegender Liegenschaften möglich. • hohe Investitionskosten <p>Gemäss Mitteilung Bauherrschaft vom 16.06.21 soll diese Variante nicht weiterverfolgt werden</p>
Heizkessel Stückholz monovalent oder bivalent	Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Im vorliegenden Leistungsbereich ist kein wirtschaftlicher Betrieb möglich. • Grosser Aufwand für den Hauswart für Unterhalt und Betrieb/Naschschub
Fernwärme	Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Fernwärmeverbund vorhanden oder in absehbarer Zeit geplant.
Solaranlage	Nein	<ul style="list-style-type: none"> • Für Warmwasser Turnhalle allenfalls denkbar. Allerdings ist ein wirtschaftlicher Betrieb nur sehr schwer realisierbar. Besser die bestehende Photovoltaikanlage erweitern und den Strom für den Eigenbedarf nutzen.

Verglichen werden die Wärmeerzeugungsvarianten nur bis zur Schnittstelle der Wärmeverteilung (Oberkante Absperrungen beim Heizverteiler), inkl. der Sanierung der Unterstation im Neubau.

Im Kapitel 4.2 sind die einzelnen Varianten näher beschrieben und bewertet. Die detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung ist im Anhang dieses Dokuments zu finden.

Allenfalls wäre auch ein gemeinsamer Kleinwärmeverbund mit der neu geplanten Überbauung auf der gegenüberliegenden Strassenseite sowie dem Ebnet Saal und dem Kirchgemeindezentrum an der Industrietrasse möglich!! Falls dies für die Stadt Wil eine mögliche Lösung wäre, empfiehlt sich momentan eine Sanierung mit möglichst geringen Investitionskosten.

3.1.3 Energiepreise

Dem Variantenvergleich wurden die nachfolgenden Energiepreise zu Grunde gelegt:

Elektrizität:

Die Elektropreise entsprechen den Tarifen der Technischen Betriebe Wil, Standard-Basistarif, Qualität "tbw. öko. aquaCH", inkl. aller Abgaben und 7.7% MwSt., gültig ab 01 Januar 2022.

Arbeitspreis = 22.79 Rp. /kWh Hochtarif
17.85 Rp. /kWh Niedertarif

Erdgas:

Der Erdgaspreis entspricht den Tarifen der Technischen Betriebe Wil, für monovalente Anlagen und Verbrauch bis max. 500'000 kWh/a, gültig ab 01 Januar 2022, inkl. CO₂-Abgabe und 7.7% MwSt.

Tarif "tbw. basis.erdgas" 100% fossil = 7.72 Rp. /kWh
Tarif "tbw.MuKen" 20% Biogasanteil = 18.22 Rp. /kWh für 20% des Gesamtverbrauches
Tarif "tbw.biogas" 25% Biogasanteil = 12.72 Rp. /kWh für 25% des Gesamtverbrauches
Tarif "tbw.biogas" 50% Biogasanteil = 12.72 Rp. /kWh für 50% des Gesamtverbrauches
Tarif "tbw.biogas" 100% Biogasanteil = 12.72 Rp. /kWh
Grundpreis pro Zähler = 43.08 Fr. / Monat

Holzpellets:

Durchschnittspreise von 24 schweizweiten Pellets Lieferanten der Monate Juni 2021 bis Juni 2022, für eine Lieferung von 3 Tonnen, gemäss www.pelletpreis.ch, inkl. Lieferung, inkl. 7.7% MwSt.

Holzpellets = 8.95 Rp. /kWh

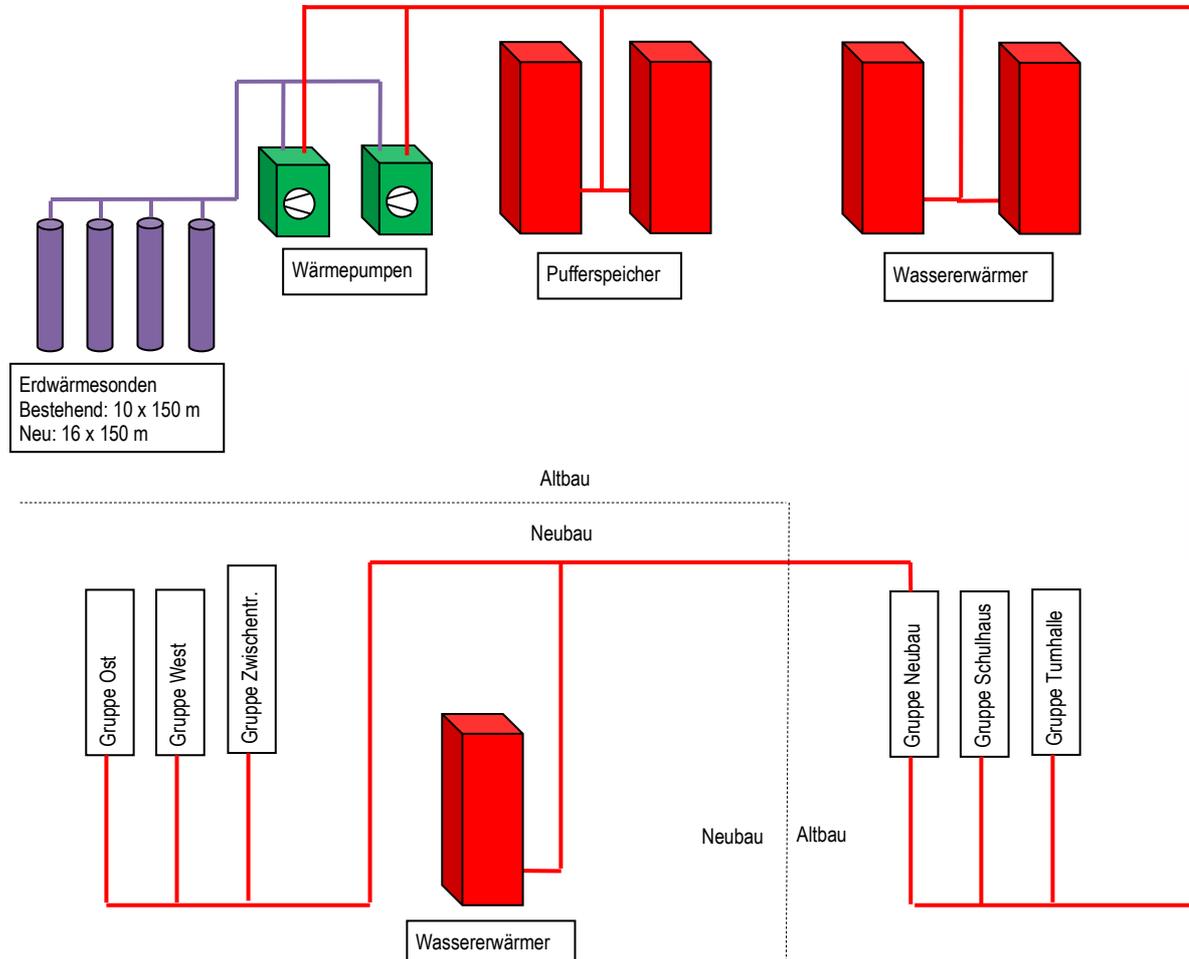
Hackschnitzel:

Richtpreis gemäss gemeinsamer Empfehlung von "Wald Schweiz", "Holzenergie Schweiz", "Holzindustrie Schweiz" und "Forstunternehmer Schweiz, Mischpreis von Grünschnitzeln und trockenen Schnitzeln, Tarifjahr 2021/2022, Lieferung franko Silo, Abrechnungsmodell nach Wärmemenge, inkl. 7.7% MwSt.

Hackschnitzel = 5.20 Rp. /kWh

3.2 Varianten

3.2.1 Variante 2: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, monovalent



Beschrieb:

Die bestehende Wärmeerzeugung bestehend aus Ölheizkessel und Sole/Wasser-Wärmepumpe wird inklusive den Wassererwärmern, den Pufferspeichern, der Kaminanlage und der Expansionsanlage demontiert und fachgerecht entsorgt. Der Heizverteiler bleibt grundsätzlich bestehend, es werden aber sämtliche Regelkomponenten und alle Umwälzpumpen ersetzt. Die Erdwärmesonden inkl. den Verbindungsleitungen bis und mit Soleverteiler bleiben ebenfalls bestehend. Die bestehende Öltankanlage wird ausser Betrieb genommen, gereinigt, demontiert und fachgerecht entsorgt. Das noch vorhandene Heizöl wird vorgängig abgesaugt und in einen anderen Öltank einer Gemeindelienschaft umgelagert.

In der Unterstation des Neubaus wird der Wassererwärmer demontiert und fachgerecht entsorgt, sowie sämtliche Regelkomponenten und die Umwälzpumpen auf dem Heizverteiler ersetzt.

In der Heizzentrale werden zwei neue Wärmepumpen installiert, welche in einem monovalenten Betrieb die gesamte Wärmeenergie für das gesamte Schulareal produziert. Für die Energiegewinnung gelangen Erdwärmesonden zum Einsatz. Die bestehenden Erdwärmesonden werden dabei weiterverwendet und mit zusätzlichen, neuen Erdwärmesonden ergänzt. Die eingesetzten Pufferspeicher garantieren die geforderten Laufzeiten der Wärmepumpe.

Eine neue Expansionsanlage sorgt für optimale Druckverhältnisse im gesamten Heizsystem.

Das benötigte Trinkwarmwasser wird in neuen Wassererwärmern erstellt, welche über die Wärmepumpe erwärmt werden.

Am bestehenden Heizverteiler werden, wie bereits erwähnt, sämtliche Umwälzpumpen und Regelkomponenten ersetzt. Die neue Regulierung übernimmt sämtliche nötigen Regel- und Steuerfunktionen. Achtung: die Kosten für die neue Regulierung sind in den Investitionskosten dieser Variante nicht enthalten.

In der Unterstation des Neubaus wird ein neuer Wassererwärmer installiert, welcher ganzjährig über die Wärmeerzeugung in der Technikzentrale des Altbaus erwärmt wird. Am bestehenden Heizverteiler werden sämtliche Umwälzpumpen sowie die kompletten Regelkomponenten ersetzt.

Der jährliche CO₂-Ausstoss dieser Variante (inkl. Strom) beläuft sich auf rund 5 To/Jahr.

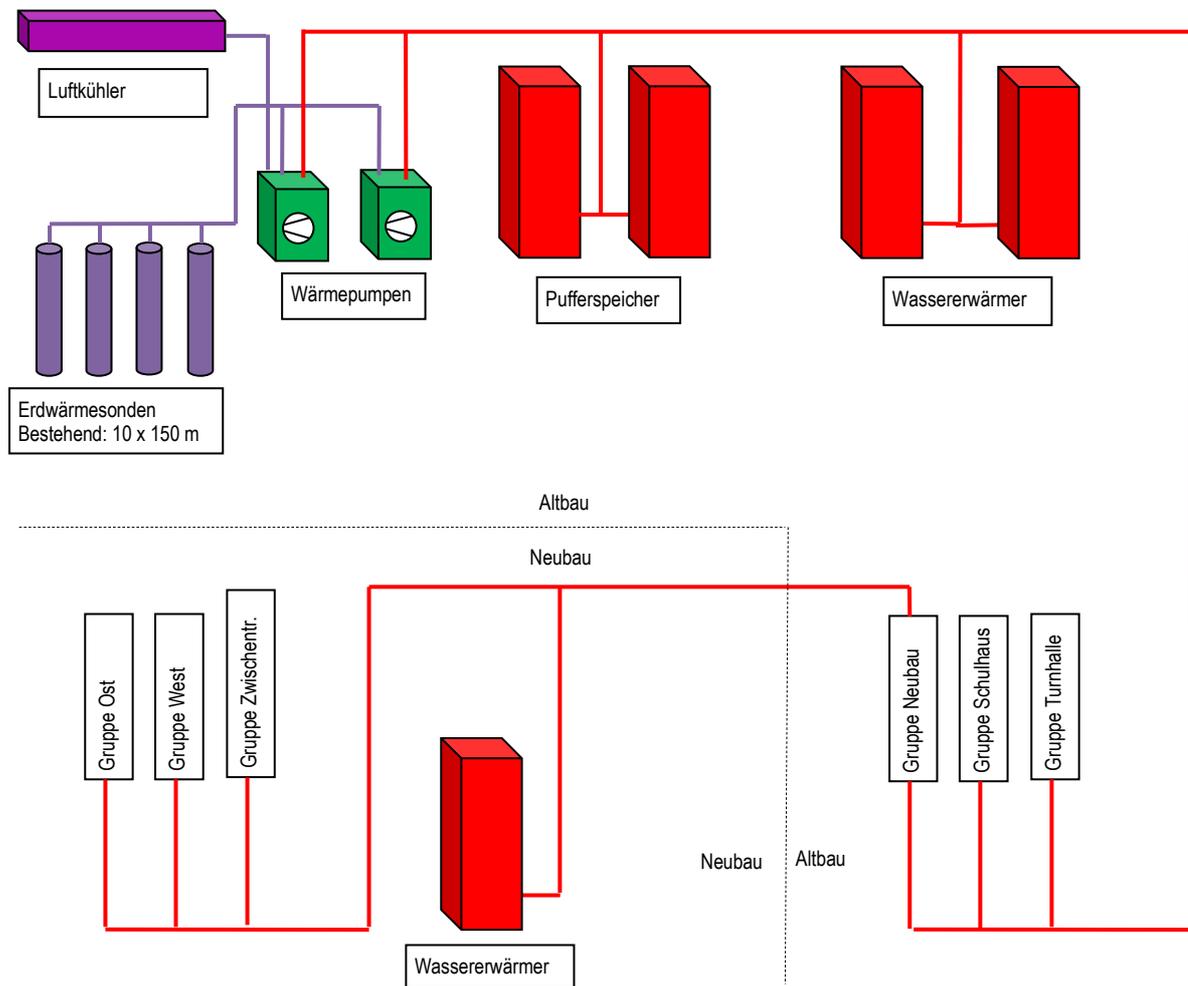
Variante mit Tiefenbohrungen

Mit einer einfachen Anfrage an das Amt für Umwelt wurde die Machbarkeit von Tiefenbohrungen von Bohrtiefen zwischen 400 – 500 m abgeklärt. Gemäss Auskunft AFU Kt. St. Gallen werden Tiefenbohrungen begrüsst und wären im Grundsatz möglich.

Bei Tiefenbohrungen wäre 5 Bohrungen à 480 m notwendig.

Kostenmässig würden diese Bohrungen ca. Fr. 280'000.- kosten. Das sind Mehrkosten von ca. 80'000.- - 90'000.- gegenüber konventioneller Erdwärmesondenbohrungen. Mit Tiefenbohrungen sinkt die finanzielle Wirtschaftlichkeit dieser Variante.

3.2.4 Variante 5: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent



Beschrieb:

Die bestehende Wärmeerzeugung bestehend aus Ölheizkessel und Sole/Wasser-Wärmepumpe wird inklusive den Wassererwärmern, den Pufferspeichern, der Kaminanlage und der Expansionsanlage demontiert und fachgerecht entsorgt. Der Heizverteiler bleibt grundsätzlich bestehend, es werden aber sämtliche Regelkomponenten und alle Umwälzpumpen ersetzt. Die Erdwärmesonden inkl. den Verbindungsleitungen bis und mit Soleverteiler bleiben ebenfalls bestehend. Die bestehende Öltankanlage wird ausser Betrieb genommen, gereinigt, demontiert und fachgerecht entsorgt. Das noch vorhandene Heizöl wird vorgängig abgesaugt und in einen anderen Öltank einer Gemeindeliegenschaft umgelagert.

In der Unterstation des Neubaus wird der Wassererwärmer demontiert und fachgerecht entsorgt, sowie sämtliche Regelkomponenten und die Umwälzpumpen auf dem Heizverteiler ersetzt.

In der Heizzentrale wird eine neue Wärmepumpe installiert, welche in einem bivalenten Betrieb die gesamte Wärmeenergie für das gesamte Schulareal produziert. Für die Energiegewinnung gelangen die bestehenden Erdwärmesonden zum Einsatz. Die bestehenden Erdwärmesonden werden dabei weiterverwendet und mit einem neuen Luftkühler ergänzt. Die eingesetzten Pufferspeicher garantieren die geforderten Laufzeiten der Wärmepumpe.

Eine neue Expansionsanlage sorgt für optimale Druckverhältnisse im gesamten Heizsystem.

Das benötigte Trinkwarmwasser wird in neuen Wassererwärmern erstellt, welche über die Wärmepumpe erwärmt werden.



Am bestehenden Heizverteiler werden, wie bereits erwähnt, sämtliche Umwälzpumpen und Regelkomponenten ersetzt. Die neue Regulierung übernimmt sämtliche nötigen Regel- und Steuerfunktionen. Achtung: die Kosten für die neue Regulierung sind in den Investitionskosten dieser Variante nicht enthalten.

In der Unterstation des Neubaus wird ein neuer Wassererwärmer installiert, welcher ganzjährig über die Wärmeenergie in der Technikzentrale des Altbaus erwärmt wird. Am bestehenden Heizverteiler werden sämtliche Umwälzpumpen sowie die kompletten Regelkomponenten ersetzt.

Der jährliche CO₂-Ausstoß dieser Variante (inkl. Strom) beläuft sich auf rund 4.8 To/Jahr.

3.3 Jahresbetriebskosten der Varianten

Für sämtliche Varianten wurden die Jahresbetriebskosten mit Berücksichtigung der Kapital-, Energie- und Wartungskosten berechnet.

Resultate Varianten ohne KEPZ (ohne kalkulatorische Energiepreis- bzw. Umweltzuschläge)

Kostengenauigkeit +/- 25%

Sämtliche Kosten inkl. 7.7% MwSt.

Die Kosten wurden auf Grund von Erfahrungszahlen, Katalogpreisen und Lieferantentofferten ermittelt.

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent
Total Investitionskosten (Fr.)	586'200	533'000

Investitionskosten (Fr.)

Total der mittleren Jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer von 15 Jahren (Fr./Jahr)

(Kostensteigerung für Wartung, Bedienung und Unterhalt von 1%)

(Realer Kalkulationszinssatz von 3.0%)

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent
Wart.- Bedien.- und UH-Kosten	5'470	4'890
Energiekosten	33'090	32'190
Betriebskosten	38'560	37'080
Kapitalkosten	31'280	33'590
Total	69'840	70'670

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie (Rp. /kWh)

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent
Mittlere Wärmegestehungskosten pro kWh Nutzenergie	16.6	16.8

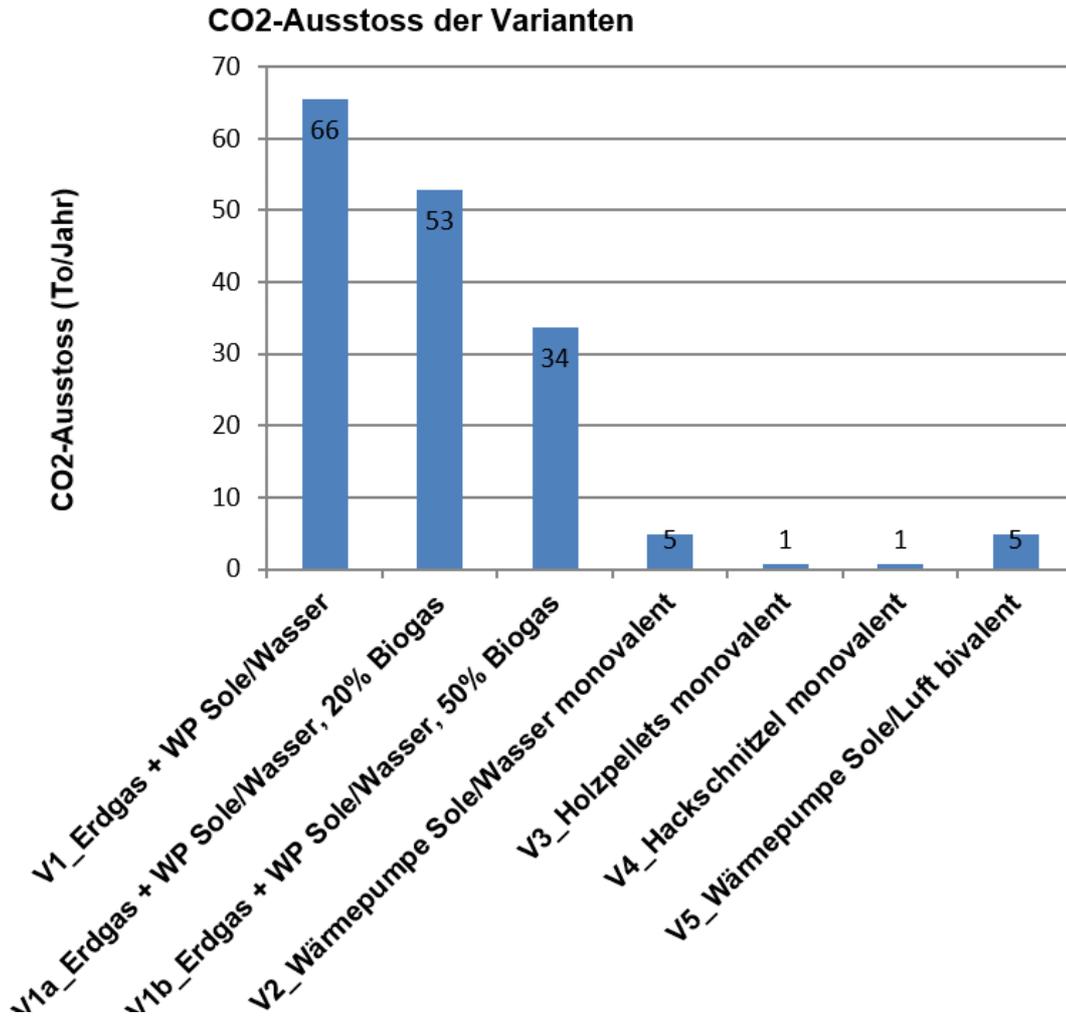
„Rang nach Wirtschaftlichkeit“

①

②

4.4 CO2-Ausstoss der Varianten

Der nachfolgenden Tabelle kann für jede Variante der jährliche CO2-Ausstoss in Tonnen/Jahr entnommen werden.



4.5 Empfehlung Wärmeerzeugung

Durch die Bauherrschaft wurde entschieden, dass die Varianten 1 mit Erdgas oder Biogasanteil, gemäss Variantenvergleich vom Januar 2019, keine Lösungen sind.

Am 16.06.2021 wurde uns von der Bauherrschaft mitgeteilt, dass aufgrund verschiedener Überlegungen die im Bericht vom 09.12.2020 aufgeführten «Holzvarianten» Variante 3 / Variante 4 nicht weiterverfolgt werden.

Mit nachstehender Matrix haben wir die Wärmepumpen Varianten versucht zu vergleichen.

Variante 1: Erdsonden monovalent

In der aufgeführten Variante sind in den Kosten «normale» Erdwärmesonden eingerechnet. Tiefenbohrungen würden ca. 80'000.- - 90'000.- teurer werden.

Vorteile	Nachteile
Unsichtbares System	Hoher baulicher Aufwand in der Umgebung. Grosse Teile der Rasenflächen sind betroffen.
Keine Schallemissionen im Freien	Grosser Zeitbedarf für Bohrungen. Es ist mit ca. 25 – 30 Tagen Bohrzeit zu rechnen.
Technisch ausgereift	Momentan haben Firmen eine sehr grosse Auslastung. Dies kann sich allenfalls auf die Offertpreise auswirken.
	Viele Bohrungen im Untergrund. Auswirkungen auf den Untergrund sind nicht bekannt.
	Aus Lärmgründen sind die Bohrungen während der Schulzeit schwierig auszuführen.

Variante 2: Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luftkühler bivalent

Vorteile	Nachteile
Schnelle Montage der Anlage	baulicher Aufwand für Platzierung Rückkühler
Rückkühler kann jederzeit bei einer Störung revidiert bzw. serviciert werden.	Schallemissionen im Freien
Es wird Umweltenergie «Luft» verwendet.	Sichtbares System (muss allenfalls kaschiert werden).
Kombination mit bestehender Erdsondenanlage ist energieeffizient möglich.	
Arbeiten an Rückkühler und Zuleitung sind auch während dem Schulbetrieb möglich, da keine Lärmintensiven Arbeiten notwendig sind.	

Fazit / Empfehlung:

Die neu zusätzlich aufgeführte Variante Wärmepumpe Erdwärmesonden / Luft-Wasser bivalent liegt aufgrund der Berechnungen betreffend der Wärmegestehungskosten nur knapp auf dem zweiten Platz.

Die Variante 5 mit dem Einbau eines aussen aufgestellten Luftkühlers stellt eine sinnvolle Lösung dar.

Die beiden Varianten sind gemäss Berechnung als praktisch gleichwertig zu betrachten. Eine klare Empfehlung ist schwierig.

Die Grösse Rückkühler und die notwendigen baulichen Massnahmen hierfür sprechen allenfalls eher für die Variante mit Erdsonden.

4. Anhang

Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Sanierungsvarianten Wärmeerzeugung.

Beurteilung von Energiesystemen

1. Projektinformationen

Anlageort / -bezeichnung:	9552 Bronschhofen
Objektbezeichnung	Oberstufe Bronschhofen
Projektnummer	2549
	Varianten 2 - 5
Bearbeitete Aufgabenstellung:	Wärmeerzeuger- ohne KEPZ Systeme
Beauftragter	Calorex AG, 9500 Wil
Tel. /Fax	T 071 913 27 70
Sachbearbeiter	Raphael Herzog
Bearbeitungsdatum:	30.06.2022

2. Antrag für die Weiterbearbeitung

Variante:	siehe Bericht
Entscheidbegründung:	siehe Bericht

3. Grundlegendaten

Allgemeine Inflationsrate (reale Betrachtungsweise)				0.0%
Realer Kalkulationszinssatz				3.0%
Reale Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kostensteigerung				1.0%
Energiepreise und Energiekostensteigerung				
Energieträger	Effektiver Arbeitspreis [Rp/ kWh]	Zuschlag für Umweltkosten [Rp/ kWh]	Berechnungspreis [Rp/ kWh]	Reale Kostensteigerung pro Jahr [%]
Elektr. (HT)	22.8 Rp/ kWh		22.8 Rp/ kWh	1.0 %
Elektr. (NT)	17.9 Rp/ kWh		17.9 Rp/ kWh	1.0 %
Erdgas	7.7 Rp/ kWh		7.7 Rp/ kWh	1.5 %
Biogasanteil	12.7 Rp/ kWh		12.7 Rp/ kWh	1.5 %
Holzpellets	9.0 Rp/ kWh		9.0 Rp/ kWh	1.0 %
Hackschnitzel	5.2 Rp/ kWh		5.2 Rp/ kWh	0.5 %

ohne KEPZ

Oberstufe Bronschhofen

Zusammenfassung Variantenvergleich

Variantenbeschreibung / Energieproduktion und Auswirkungen

Variantenbeschreibung	Variante 2 Wärmepumpe Sole/ Wasser monovalent	Variante 3 Holzpellets monovalent	Variante 4 Hackschnitzel monovalent	Variante 5 Wärmepumpe Sole/ Luft monovalent
Variantenbezeichnung				
Energieproduktion [MWh/ a]				
Raumw.+Wamw.(Stufe Nutzenergie)	420 MWh/a	420 MWh/a	420 MWh/a	420 MWh/a
Elektro (Stufe Nutzenergie)				
Auswirk. auf E.buchhaltung [M]				
Verbrauch fossiler Energie				
Verbrauch regenerierbarer Energie	290.9 MWh/a	560.3 MWh/a	560.3 MWh/a	276.5 MWh/a
Verbrauch elektr. Energie Wärmepro	147.5 MWh/a	19.5 MWh/a	20.4 MWh/a	143.5 MWh/a
Verbrauch elektr. Energie Transport				

Total der heutigen jährlichen Kosten

Kostenart	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Wart., Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	5 070	8 650	9 210	4 540
Energiekosten [Fr.]	30 700	54 210	32 630	29 860
Betriebskosten [Fr.]	35 770	62 860	41 840	34 400
Kapitalkosten [Fr.]	31 280	25 610	35 420	33 590
Total [Fr.]	67 050	88 470	77 260	67 990

Total der mittleren jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer

Es sollen nur Varianten mit gleicher Betrachtungsdauer untereinander verglichen werden.

Betrachtungsdauer [Jahre]: 15 15 15 15

Kostenart	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Wart., Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	5 470	9 320	9 930	4 890
Energiekosten [Fr.]	33 090	58 440	34 020	32 190
Betriebskosten [Fr.]	38 560	67 760	43 950	37 080
Kapitalkosten [Fr.]	31 280	25 610	35 420	33 590
Total [Fr.]	69 840	93 370	79 370	70 670

Investitionskosten

Total [Fr.]	586 200	441 000	630 200	533 000
--------------------	----------------	----------------	----------------	----------------

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie

	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Mittl. Wärmegestehungskosten	16.6 Rp./ kWh	22.2 Rp./ kWh	18.9 Rp./ kWh	16.8 Rp./ kWh

ohne KEPZ		Oberstufe Bronschhofen		
Variante 2 Wärmepumpe Sole/Wasser monovalent				
Jährliche Kapitalkosten		(Kapitalzins, real: 3.0 %)		
Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Demontagen Heizung	8 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	310 Fr.
Wärmeerzeugung komplett	275 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	18 480 Fr.
Zusätzliche Erdwärmesonden	207 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	8 050 Fr.
Bauliche Arbeiten inkl. Gräben EWS	16 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	620 Fr.
Sanitärinstallationen	5 500 Fr.	20 Jahre	6.72 %	370 Fr.
Elektroinstallationen	19 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 280 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 700 Fr.	50 Jahre	3.89 %	420 Fr.
Honorare	30 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	1 170 Fr.
Unvohergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	586 200 Fr.	35 Jahre		31 280 Fr.
Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)				
Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Service und Unterhaltskosten	506 500 Fr.		1.0 %	5 070 Fr.
Total		(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 0.9 %)		5 070 Fr.
Jährliche Energiekosten				
Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektr. (HT)		88 523 kWh/a	22.8 Rp/kWh	20 170 Fr.
Elektr. (NT)		59 014 kWh/a	17.9 Rp/kWh	10 530 Fr.
Erdgas		0 kWh/a	7.7 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	12.7 Rp/kWh	
Holzpellets		0 kWh/a	9.0 Rp/kWh	
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.2 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				30 700 Fr.
Total der jährlichen Kosten		Progr, vorschlag Betrachtungsdauer		20 Jahre
Betrachtungsdauer* für Berechnung:		15 Jahre	Option: Eingabe Betrachtungsdauer: 15 Jahre	
	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	—	—	31 280 Fr.	31 280 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	5 070 Fr.	5 470 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	20 170 Fr.	21 740 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	10 530 Fr.	11 350 Fr.
Holzpellets	1.5 %			
Hackschnitzel	1.5 %			
Holzpellets	1.0 %			
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten	(W+B-, UH- und Energiekosten)		35 770 Fr.	38 560 Fr.
TOTAL	(Kapital- + Betriebskosten)		67 050 Fr.	69 840 Fr.

ohne KEPZ		Oberstufe Bronschhofen		
Variante 3		Holzpellets monovalent		
Jährliche Kapitalkosten		(Kapitalzins, real: 3.0 %)		
Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Demontagen Heizung	8 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	310 Fr.
Wärmeerzeugung komplett	225 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	15 120 Fr.
Bauliches, inkl. Ausbau Pelletssilo	83 500 Fr.	50 Jahre	3.89 %	3 250 Fr.
Kaminanlage Heizkessel	12 800 Fr.	20 Jahre	6.72 %	860 Fr.
Abgasfilter und Entaschung	37 500 Fr.	20 Jahre	6.72 %	2 520 Fr.
Sanitärinstallationen	7 500 Fr.	20 Jahre	6.72 %	500 Fr.
Elektroinstallationen	16 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 080 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 700 Fr.	50 Jahre	3.89 %	420 Fr.
Honorare	25 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	970 Fr.
Unvorhergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	441 000 Fr.	30 Jahre		25 610 Fr.
Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)				
Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Service und Unterhaltskosten	382 300 Fr.		2.0 %	7 650 Fr.
Kaminfeger		1 000 Fr.		1 000 Fr.
Total		(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 2.0 %)		8 650 Fr.
Jährliche Energiekosten				
Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektr. (HT)		11 712 kWh/a	22.8 Rp/kWh	2 670 Fr.
Elektr. (NT)		7 808 kWh/a	17.9 Rp/kWh	1 390 Fr.
Erdgas		0 kWh/a	7.7 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	12.7 Rp/kWh	
Holzpellets		560 288 kWh/a	9.0 Rp/kWh	50 150 Fr.
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.2 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				54 210 Fr.
Total der jährlichen Kosten		Progr, vorschlag Betrachtungsdauer		32 Jahre
Betrachtungsdauer* für Berechnung:		15 Jahre	Option: Eingabe Betrachtungsdauer:	15 Jahre
	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	—	—	25 610 Fr.	25 610 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	8 650 Fr.	9 320 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	2 670 Fr.	2 880 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	1 390 Fr.	1 500 Fr.
Holzpellets	1.5 %			
Hackschnitzel	1.5 %			
Holzpellets	1.0 %	1.078	50 150 Fr.	54 060 Fr.
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten	(W+B-, UH- und Energiekosten)		62 860 Fr.	67 760 Fr.
TOTAL	(Kapital- + Betriebskosten)		88 470 Fr.	93 370 Fr.

ohne KEPZ		Oberstufe Bronschhofen		
Variante 4		Hackschnitzel monovalent		
Jährliche Kapitalkosten		(Kapitalzins, real: 3.0 %)		
Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Demontagen Heizung	8 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	310 Fr.
Wärmeerzeugung komplett	289 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	19 430 Fr.
Abgasfilter und Entaschung	57 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	3 830 Fr.
Kaminanlage Heizkessel	14 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	940 Fr.
Bauliches inkl. Neubau Schnitzelsilo	161 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	6 260 Fr.
Sanitärinstallationen	7 500 Fr.	20 Jahre	6.72 %	500 Fr.
Elektroinstallationen	18 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 210 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 700 Fr.	50 Jahre	3.89 %	420 Fr.
Honorare	50 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	1 940 Fr.
Unvorhergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	630 200 Fr.	32 Jahre		35 420 Fr.
Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)				
Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Service und Unterhaltskosten	385 500 Fr.		2.0 %	7 710 Fr.
Kaminfeger		1 500 Fr.		1 500 Fr.
Total		(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 1.5 %)		9 210 Fr.
Jährliche Energiekosten				
Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektr. (HT)		12 211 kWh/a	20.7 Rp/kWh	2 530 Fr.
Elektr. (NT)		8 141 kWh/a	11.9 Rp/kWh	970 Fr.
Erdgas		0 kWh/a	7.7 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	12.7 Rp/kWh	
Holzpellets		0 kWh/a	9.0 Rp/kWh	
Hackschnitzel		560 288 kWh/a	5.2 Rp/kWh	29 130 Fr.
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				32 630 Fr.
Total der jährlichen Kosten		Progr, vorschlag Betrachtungsdauer		32 Jahre
Betrachtungsdauer* für Berechnung:		15 Jahre	Option: Eingabe Betrachtungsdauer:	15 Jahre
	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	—	—	35 420 Fr.	35 420 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	9 210 Fr.	9 930 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	2 530 Fr.	2 730 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	970 Fr.	1 050 Fr.
Holzpellets	1.5 %			
Hackschnitzel	1.5 %			
Holzpellets	1.0 %			
Hackschnitzel	0.5 %	1.038	29 130 Fr.	30 240 Fr.
0.0 %	0.0 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten	(W+B-, UH- und Energiekosten)		41 840 Fr.	43 950 Fr.
TOTAL	(Kapital- + Betriebskosten)		77 260 Fr.	79 370 Fr.

ohne KEPZ		Oberstufe Bronschhofen		
Variante 5 Wärmepumpe Sole/Luft monovalent				
Jährliche Kapitalkosten		(Kapitalzins, real: 3.0 %)		
Bau- / Anlageteil	Investitionsausgaben [Fr.]	Nutzungsdauer [Jahre]	Annuit.-faktor	Heutige jährl. Kosten
Demontagen Heizung	8 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	310 Fr.
Wärmeerzeugung komplett	429 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	28 840 Fr.
Zusätzliche Erdwärmesonden		50 Jahre	3.89 %	
Bauliche Arbeiten	16 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	620 Fr.
Sanitärinstallationen	5 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	340 Fr.
Elektroinstallationen	20 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 340 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Honorare	30 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	1 170 Fr.
Unvoehergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	533 000 Fr.	24 Jahre		33 590 Fr.
Jährliche Wartungs-, Bedienungs- und UH-Kosten (W+B)				
Bau- / Anlageteil	Anlagewert (ALG) [Fr.]	Jährliche Kosten		Heutige jährl. Kosten
		Pauschal [Fr.]	in [%] ALG	
Service und Unterhaltskosten	454 000 Fr.		1.0 %	4 540 Fr.
Total		(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 0.9 %)		4 540 Fr.
Jährliche Energiekosten				
Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		—	—	—
Elektr. (HT)		86 000 kWh/a	22.8 Rp/kWh	19 600 Fr.
Elektr. (NT)		57 500 kWh/a	17.9 Rp/kWh	10 260 Fr.
Erdgas		0 kWh/a	7.7 Rp/kWh	
Heizöl		0 kWh/a	12.7 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	9.0 Rp/kWh	
Fernwärme		0 kWh/a	5.2 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				29 860 Fr.
Total der jährlichen Kosten		Progr, vorschlag Betrachtungsdauer		32 Jahre
Betrachtungsdauer* für Berechnung:		15 Jahre	Option: Eingabe Betrachtungsdauer:	15 Jahre
	Kostensteigerung (real)	Mittelwertfaktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	—	—	33 590 Fr.	33 590 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	4 540 Fr.	4 890 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	19 600 Fr.	21 130 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	10 260 Fr.	11 060 Fr.
Holzpellets	1.5 %			
Holzsplitzel	1.5 %			
Biogasanteil	1.0 %			
Fernwärme	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten	(W+B-, UH- und Energiekosten)		34 400 Fr.	37 080 Fr.
TOTAL	(Kapital- + Betriebskosten)		67 990 Fr.	70 670 Fr.