

Oberstufe Bronschhofen Bahnhofstrasse 2 9552 Bronschhofen

Sanierungskonzept Gebäudetechnik
Wärmeerzeugung – Regulierung – Lüftungsanlagen



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 / 01 / 30.01.2019
Bezeichnung	2549\Journal\Berichte Studien\Sanierungskonzept Haustechnik.doc

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Vorwort	4
2.	Kurz-Zusammenfassung	5
2.1	Heizungsanlage	5
2.2	Lüftungsanlagen	6
2.3	Regulierung	6
2.4	Kosten Lüftung / Regulierung	7
3.	Ist-Zustand	8
3.1	Wärmeerzeugung	8
3.1.1	Allgemein	8
3.1.2	Komponenten Wärmeerzeugung	9
3.1.3	Abgaswerte Oel-Heizkessel	11
3.1.4	Sanierungsbedarf Wärmeerzeugung	12
3.1.5	Wärmeverteilung	12
3.2	Regulierung	13
3.2.1	Allgemein	13
3.2.2	Unterverteilungen / Unterstationen	13
3.3	Lüftungsanlagen	15
3.3.1	Lüftungskomponenten	16
3.3.2	Lüftungshygiene / Lüftungskanäle	18
4.	Sanierungsvarianten Wärmeerzeugung	19
4.1	Grundlagen	19
4.1.1	Energieverbrauch und Leistung	19
4.1.2	Vorauswahl der zu untersuchenden Varianten	20
4.1.3	Energiepreise	21
4.2	Varianten	22
4.2.1	Variante 1: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent	22
4.2.2	Variante 1a: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent, 20% Biogasanteil	23
4.2.3	Variante 1b: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent, 50% Biogasanteil	23
4.2.4	Variante 2: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, monovalent	24
4.2.5	Variante 3: Holzpellets monovalent	26
4.2.6	Variante 4: Hackschnitzel monovalent	28
4.3	Jahresbetriebskosten der Varianten	30
4.4	CO ₂ -Ausstoss der Varianten	31
4.5	Empfehlung Wärmeerzeugung	32
5.	Sanierungsvorschläge / Konzepte	33
5.1	Lüftungsanlagen	33
5.1.1	Lüftungsgeräte	33
5.1.2	Lüftungsarmaturen / Volumstromregler	33
5.1.3	Kanalreinigung	34
5.1.4	Einregulierung Lüftungsanlagen	34
5.2	Regulierungen	35
5.2.1	Allgemeines	35
5.2.2	Empfehlung Sanierung Regulierung Heizung - Lüftung	35
5.2.3	Empfehlung Sanierung Raumautomation	37
6.	Anhang	38

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.

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

Unsere Wirtschaftlichkeitsberechnung ergab die folgenden Resultate:

Investitionskosten (Fr.)

	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b
	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 20%	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 50%
Total Investitionskosten (Fr.)	288'000	288'000	288'000

	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Holzpellets monovalent	Hackschnitzel monovalent
Total Investitionskosten (Fr.)	534'000	385'000	543'000

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

	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b
	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 20%	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 50%
Betriebskosten	42'740	46'470	51'140
Kapitalkosten	17'550	17'550	17'550
Total	60'290	64'020	68'690

	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Holzpellets monovalent	Hackschnitzel monovalent
Betriebskosten	34'710	65'950	45'780
Kapitalkosten	28'210	22'880	31'300
Total	62'920	88'830	77'080

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie (Rp./kWh)

	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b
	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 20%	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 50%
Mittlere Wärmegestehungskosten pro kWh Nutzenergie	14.3	15.2	16.3

„Rang nach Wirtschaftlichkeit“

1

3

4

	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Holzpellets monovalent	Hackschnitzel monovalent
Mittlere Wärmegestehungskosten pro kWh Nutzenergie	15.0	21.1	18.3

„Rang nach Wirtschaftlichkeit“

2

6

5

2.2 Lüftungsanlagen

Die Lüftungsanlagen sind in einem guten Zustand. Im Rahmen der geplanten und notwendigen Umbauten an der Regulierung sollen an den Lüftungsanlagen kleine Anpassungen mit dem Einbau von Frequenzumformern vorgenommen werden. Mit dieser Massnahme können die Luftmengen genau einreguliert werden.

Durch die Lehrerinnen in der Schulküche wurde angemerkt, dass die Absaugleistung ungenügend sei. Es konnten aber keine ganz genauen Aussagen gemacht werden. Bei dem vorgenommenen Test in der Schulküche konnten keine ungenügenden Absaugleistungen festgestellt werden. Die Haubengrößen und die geplanten Luftmengen sind genügend.

Eine Kanalreinigung ist zu empfehlen.

Mit den Nachregulierungen, den Lüftungsreinigungen und dem Einbau von frequenzgesteuerten Ventilatorantrieben kann die Luftmenge neu eingestellt werden, und dem Bedürfnis nach Mehrleistung gerecht werden.

2.3 Regulierung

Die Regulierung hat die Lebensdauer erreicht und sollte saniert werden.

Bei der Raumautomation ist zu prüfen ob die Storensteuerung von der Raumautomation losgelöst werden kann und vom Elektriker gelöst wird. Hiermit können allenfalls Kosten eingespart werden.

2.4 Kosten Lüftung / Regulierung

In nachfolgender Tabelle wurden die Kosten für die Sanierungsarbeiten Lüftung Regulierung aufgelistet.

In den Kosten sind keine baulichen Kosten wie Elektriker und auch keine allfälligen Honorare eingerechnet.

Kosten +/- 20% inkl. 7.7 % MwSt.

Investitionskosten Haustechnik Lüftung -Regulierung	Kurzfristige Massnahmen (1 - 2 Jahre)	Mittelfristige Massnahmen (3 - 5 Jahre)	Langfristige Massnahmen (6 - 10 Jahre)
Kanalreinigungen Lüftungsanlagen	6 000		
Einbau frequenzgesteuerte Motoren		6 000	
Ersatz Volumenstromregler	5 000		
Kanalreinigungen Lüftungsanlagen	6 000		
Einregulierung Lüftungsanlagen	3 000		
Sanierung Regulierung Heizung + Lüftung		47 000	
Sanierung Raumautomation inkl. Storensteuerung		42 000	
Total OZ Bronschhofen	20 000	95 000	0

3. Ist-Zustand

3.1 Wärmeerzeugung

3.1.1 Allgemein

Die bestehende Wärmeerzeugung befindet sich im Technikraum des Schulhaus Bommeten. Die Wärmeerzeugung ist bivalent mit einer Sole-/Wasser-Wärmepumpe und einem Oelheizkessel gelöst. Die Wassererwärmung erfolgt zentral in total zwei Wassererwärmern, welche von der Wärmepumpe und dem Oelheizkessel bewirtschaftet werden. Auf dem Heizverteiler ist unter anderem die Heizgruppe "Neubau" aufgebaut, ab welcher der Neubau an der Bahnhofstrasse 2 über eine gebäudeinterne Fernleitung erschlossen ist. Im Neubau selber ist eine Heizungs-Unterstation mit den benötigten Heizgruppen sowie ein Wassererwärmer für die Produktion des Trinkwarmwassers installiert.

Die Komponenten haben ihre theoretische Lebensdauer grösstenteils erreicht. Sie sind dank der guten Wartung in einem funktionstüchtigen Zustand. Die Abgaswerte des Oelheizkessels erfüllen die gesetzlichen Vorgaben der Luftreinhalteverordnung. Der Kessel verfügt über **keine** Abgas-Kondensationswärmenutzung. Für die Regulierung/Steuerung sind keine Ersatzteile mehr vorhanden, resp. lieferbar.

Mit der nachfolgenden Tabelle haben wir versucht, Ihnen den Zustand, resp. den Sanierungsbedarf an der Wärmeerzeugung detaillierter aufzuzeigen

Installation Apparat	Baujahr	Nutzungs- dauer (Ravel)	Rest- lebens- dauer	Zustand	Bemerkungen
Kaminanlage	2003	20	5	i.O.	
Heizkessel Oel	2003	15	0	i.O.	Abgaswerte der LRV werden erfüllt.
Wärmepumpe	2003	15	0	i.O.	
Erdwärmesonden	2003	50	35	i.O.	
Expansionsanlage (Automat)	2003	15	0	i.O.	
Entgaser	2003	15	0	i.O.	
Wassererwärmer	2003	15	0	i.O.	Letzte Wassererwärmer-Analyse im 2014 durchgeführt.
Heizungsspeicher	2003	15	0	i.O.	
Regeltechnik Heizung Wärmeerzeugung (Siemens)	2003	15	0	i.O.	Keine Ersatzteile mehr erhältlich.
Heizverteiler	2003	30	15	i.O.	
Umwälzpumpen	2003	15	0	i.O.	1 Stk. Umwälzpumpe wurde im 2016 bereits ersetzt.
Leitungsnetz Wärmeerzeugung	2003	40	25	i.O.	
Heizöltanks	unbekannt			i.O.	Total 2 Stk. vorhanden
Heizverteiler Unterstation Neubau	2003	30	15	i.O.	
Wassererwärmer Neubau	2003	15	0	i.O.	Letzte Entkalkung: 21.01.2013

3.1.2 Komponenten Wärmeherzeugung

Heizkessel Oel

Fabrikat: Hoval
Typ: UNO-3 B-I
Leistung: 320 kW
Baujahr: 2003



Oelbrenner

Fabrikat: Hoval
Typ: M2.2-Z-L-LN
Leistung: 171 – 534 kW
Baujahr: 2003



Wärmepumpe

Fabrikat: Geoclima
Typ: VHH 419/34/HR/LLN
Leistung: keine Angabe auf Typenschild
Baujahr: 2003



Verdampferkreis mit Erdwärmesonden

Baujahr: 2003



Kaminanlage Oelkessel

Fabrikat: KATEC GmbH
Durchm.: 250 mm
Werkstoff: Chromstahl V4A
Baujahr: 2003



Expansionsautomat

Fabrikat: Pneumatex
Typ: PAC A1
Inhalt: 400 Liter
Baujahr: 2003



Wassererwärmer (Vorwärmer)

Fabrikat: Hoval AG
 Typ: keine Angabe auf Typenschild
 Inhalt: keine Angabe auf Typenschild
 Baujahr: 2003



Wassererwärmer (Nachwärmer)

Fabrikat: Hoval AG
 Typ: keine Angabe auf Typenschild
 Inhalt: keine Angabe auf Typenschild
 Baujahr: 2003



Entgaser

Fabrikat: Pneumatex AG
 Typ: VMB-B1-P
 Baujahr: 2003



Heizungsspeicher

Fabrikat: kein Typenschild vorhanden
 Typ: kein Typenschild vorhanden
 Inhalt: kein Typenschild vorhanden
 Baujahr: 2003



Heizverteiler

Heizgruppe Schulhaus: -10°C AT / 64°C VL
 Heizgruppe Neubau: ??
 Heizgruppe Turnhalle: -10°C AT / 59°C VL
 Baujahr: 2003



Regeltechnik

Fabrikat: Siemens
 Typ: PRU
 Baujahr: 2003



Unterstation Neubau

Heizgruppe Ost
Heizgruppe West
Heizgruppe Mitteltrakt
Baujahr: 2003



Wassererwärmer Neubau

Fabrikat: kein Typenschild vorhanden
Typ: kein Typenschild vorhanden
Baujahr: kein Typenschild vorhanden
Baujahr: 2003



3.1.3 Abgaswerte Oel-Heizkessel

Oelheizkessel Fabr. Hoval, Typ Uno-3 B-I (320 kW), Baujahr 2003

Oelbrenner Fabr. Hoval, Typ M2.2-Z-L-LN (171 - 534 kW), Baujahr 2003

Daten aus Messprotokoll vom 21.11.2017

	Gas (Erdgas)		Oel (Extra leicht)		Einheit
	Stufe 1(GL)	Stufe 2(VL)	Stufe 1(GL)	Stufe 2(VL)	
CO (3% O)			0	0	mg/m3
Abgasverluste			5.6	6.3	%
Russzahl			0	0.0	(-)
T-Luft			23	22	°C
T-Abgas			137	146	°C
O2			5	5.6	%
CO2			11.8	11.4	%
NO2 (3% O)			114	105	mg/m3
Agaswirkungsrad			94.4	93.7	%
Lamda			1.31	1.36	(-)
LRV Grenzwerte					
Russzahl (min)			1	1	(-)
Abgasverluste (max)	6	8	6	8	%
CO (max)	100	100	80	80	mg/m3
NO2 (max)	80	80	120	120	mg/m3

Die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung werden eingehalten.

3.1.4 Sanierungsbedarf Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung im Schulhaus Bommerten sowie die Unterstation im Neubau haben grösstenteils das Baujahr 2003 und haben ihre theoretische Lebensdauer erreicht. Die Anlagen können aber dank der guten Wartung noch weiterbetrieben werden. Auch die Abgaswerte der Oelfeuerung erfüllen noch die Anforderungen der Luftreinhalteverordnung. Eine Sanierung drängt sich deshalb erst für die nächsten 2-3 Jahre auf. Für die Regulierung/Steuerung sind allerdings keine Ersatzteile mehr vorhanden, wodurch sich ein rascher Ersatz dieser Komponenten aufdrängt. (siehe bitte auch Kapitel 3.2 und 5)

Damit die Bauherrschaft für die Sanierung der Wärmeerzeugung gerüstet ist, haben wir deshalb im Kapitel 4 verschiedene Sanierungsvarianten aufgezeigt und diese im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsrechnung untereinander verglichen.

Des Weiteren muss beachtet werden, dass ein Ersatz der Regulierung/Steuerung nur im Zusammenhang mit der Wärmeerzeugersanierung Sinn macht. Dadurch kann verhindert werden, dass möglichst rasch nur die Regulierung/Steuerung ersetzt wird und diese in ein paar Jahren auf Grund der Wärmeerzeugersanierung (Je nach gewählter Variante) bereits wieder angepasst werden müsste.

Durch die Bauherrschaft sollte deshalb entschieden werden, ob die Anlage mit der bestehenden Regulierung/Steuerung noch für einige Jahre weiterbetrieben werden soll, oder ob schon in naher Zukunft die Wärmeerzeugung samt Regulierung/Steuerung ersetzt werden soll.

Fazit



Die Wärmeerzeugung hat die theoretische Lebensdauer erreicht und teilweise überschritten. Eine Sanierung ist Mittelfristig in 2-3 Jahren sinnvoll. Es ist aber zu beachten, dass bei der Regulierung keine Ersatzteile mehr verfügbar sind.

3.1.5 Wärmeverteilung

Die Wärmeverteilung im Altbau Schulhaus Bommerten erfolgt über Heizwände, die Regulierung über Thermostatventile. Im Neubau Schulhaus Bommerten erfolgt die Wärmeverteilung ebenfalls mit Heizkörpern und Konvektoren. Es sind elektrische Stellantriebe eingebaut, welche über die Raumautomation betrieben werden. Im Neubauteil ist es möglich über die Siemensregulierung für jeden Raum ein Zeitprogramm mit entsprechenden Raumabsenkungen zu programmieren. Gemäss Aussage Hauswart wird das Zeitprogramm nicht benutzt. Die Raumwärme wird gemäss Hauswart in allen Räumen erreicht.

Fazit



Die Wärmeabgabe wird als genügend empfunden.

Die Heizkörper und Konvektoren sind soweit ersichtlich in einem guten Zustand.

Im Neubau sind elektrische Heizventile eingebaut welche über die Raumautomation angesteuert werden.

Das Zeitprogramm in der Raumautomation Neubau wurde nicht genutzt.

3.2 Regulierung

3.2.1 Allgemein

Die bestehende Regulierung wurde 2003 / 2004 eingebaut. Es ist das System Siemens Unigyr eingebaut.

Fabrikat: Siemens AG
Typ: Unigyr
Baujahr: 2003

Das Regelsystem Unigyr wird von der Firma Siemens AG nicht mehr offiziell unterhalten.

3.2.2 Unterverteilungen / Unterstationen

Es insgesamt 3 Unterverteilungen / Schaltgerätekombinationen eingebaut.

Heizzentrale Altbau	SGK Heizzentrale	in Heizzentrale
Heizung Neubau	SGK Heizung – Raumautomation	in Unterstation
Lüftung Neubau	SGK Lüftung	in Lüftungszentrale
Raumautomationen	SGK Raumautomationen	in Steigschächten / Schränke Neubau



Heizung Altbau



SGK Heizung – Raumautomation in Unterstation



Lüftung Neubau

SGK Lüftung in Lüftungszentrale

Gemäss Aussagen Hauswart sind die Regulierungen der Heizung – Lüftungsanlagen in Betrieb und funktionstüchtig. Mit der Raumautomation OZ Schulhaus sind Probleme vorhanden. Dies vor allem mit der Ansteuerung Abschattungsanlage. Bei der Abschattungsanlage funktionieren die zentralen Befehle nicht mehr. Es sind von Seiten Firma Siemens keine Ersatzteile mehr verfügbar.

Fazit



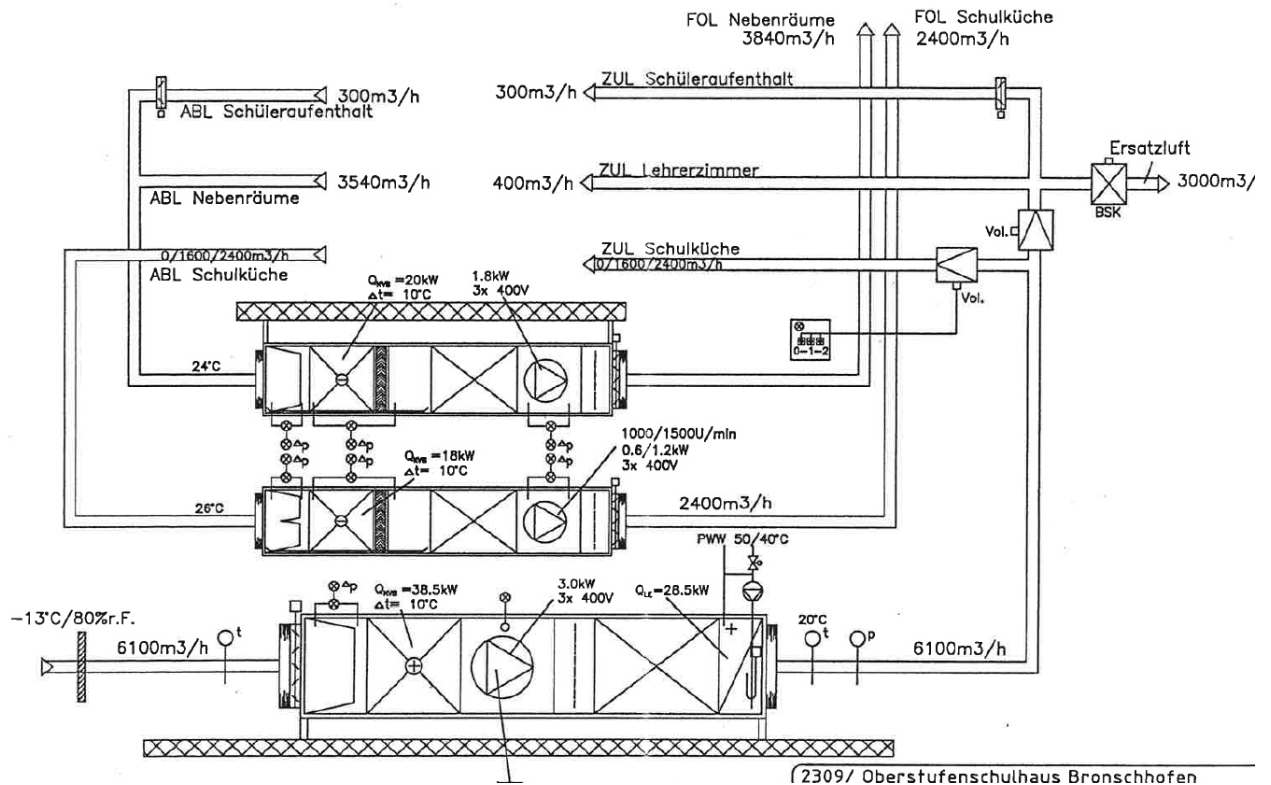
Die Regulierung ist funktionsbereit. Offiziell sind gemäss Firma Siemens für das Regulierungssystem Unigr keine Ersatzteile mehr erhältlich.

Die zentralen Befehle Raumautomation auf die Storensteuerung funktioniert nicht mehr.

3.3 Lüftungsanlagen

Im Neubauteil OZ Bronschhofen wurden 2004 neue Lüftungsanlage eingebaut. Die Lüftungsanlagen sind in einem funktionierenden Zustand.

Die Lehrpersonen Hauswirtschaft geben an, dass die Absaugleistung der Ablufthauben Küche nicht zufriedenstellend sei.



Installation Apparat	Baujahr	Nutzungs- dauer (Ravel)	Rest- lebens- dauer	Zustand	Bemerkungen
Luftkanäle	2003	30	15	i.O.	
Ventilatoren	2003	20	5	i.O.	
Ventilatormotoren	2003	20	5	i.O.	
Ablufthauben	2003	30	15	i.O.	
Fettfilter in Ablufthauben	2003	20	5	i.O.	
Klappenantriebe, VAV Regler	2003	15	0	i.O.	
KVS WRG Register	2003	20	5	i.O.	
Umwälzpumpen	2003	20	0	i.O.	
Regeltechnik Lüftung (Siemens)	2003	15	0	i.O.	Keine Ersatzteile mehr erhältlich.
Brandschutzklappen	2003	15	15	i.O.	

3.3.1 Lüftungskomponenten



Lüftungsgeräte in Zentrale

Lüftungsgeräte

(Baujahr 2004, Ventilatoren mit Keilriemen)

Zuluft Nebenräume / Schulküche	Orion Alko	K16x12	5'700 m ³ /h
Abluft Schulküche	Orion Alko	K08x08	2'400 m ³ /h
Abluft Nebenräume	Orion Alko	K12x08	3'780 m ³ /h

Die Lüftungsgeräte und die Komponenten sind in einem guten funktionierenden Zustand. Die Bauteile werden regelmässig von einer Fachfirma unterhalten.

Ablufthauben

Ablufthauben mit einer Abmessung von 145 cm /115 cm /65 cm



Abluftmenge pro Haube: 600 m³/h

Die Unterkante Lüftungshauben ist 205 cm ab fertig Boden installiert. Die seitliche Überdeckung und die Einbauhöhe entspricht den Vorgaben der Küchenrichtlinie SWKI VA102-1. Die Luftmenge ist mit 600 m³/h ausreichend dimensioniert.

Am 16.8.2018 wurde zusammen mit dem Hauswart, und mit einer Handrauchmaschine ein Versuch gemacht. Es konnte hierbei kein ungenügender Luftabsaug festgestellt. Beim Rauchtest wurden keine Luftmengenmessungen vorgenommen.

Fazit



Die Lüftungsgeräte sind in einem guten Zustand und sind funktionsbereit. Die Ablufthauben entsprechen den Vorgaben für Küchenhauben. Die Absaugleistung ist aufgrund des Rauchversuches genügend.

3.3.2 Lüftungshygiene / Lüftungskanäle



Die Lüftungsgeräte und das gesamte Kanalnetz sind seit rund 14 Jahren in Betrieb. Aufgrund der Betriebsdauer ist anzunehmen, dass in den Luftkanälen gewisse Ablagerungen von Staub vorhanden ist. (Es wurde von Calorex AG keine Hygieneinspektion vorgenommen).

Fazit



Aufgrund der Nutzungsdauer von > 14 Jahren ist anzunehmen, dass das Lüftungskanalnetz an einigen Stellen verschmutzt ist.

4. Sanierungsvarianten Wärmeerzeugung

4.1 Grundlagen

4.1.1 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 Wärmeenergie 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.

4.1.2 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 Vorausscheidung über die weiter zu untersuchenden Varianten getroffen.

System	Verfolgen?	Begründung/Hinweise
Heizkessel Heizöl oder Erdgas monovalent	Nein	- 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	- 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	- 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)
Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, monovalent	Ja Variante 2	- 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	Nein	- Auf Grund der hohen, vorhandenen Vorlauftemperaturen ist eine Luft/Wasser - Wärmepumpenanlage nicht möglich. - Bivalente Anlagen sind ebenfalls nicht möglich, da zu hohe Vorlauftemperaturen benötigt werden. - Kein wirtschaftlicher Betrieb möglich - Es sind bereits Erdwärmesonden vorhanden, welche weiter genutzt werden können und sollten.
Heizkessel Holzpellets, monovalent	Ja Variante 3	- 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.
Heizkessel Hackschnitzel, monovalent	Ja Variante 4	- 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
Heizkessel Stückholz monovalent oder bivalent	Nein	- Im vorliegenden Leistungsbereich ist kein wirtschaftlicher Betrieb möglich. - Grosser Aufwand für den Hauswart für Unterhalt und Betrieb/Naschschub
Fernwärme	Nein	Kein Fernwärmeverbund vorhanden oder in absehbarer Zeit geplant.
Solaranlage	Nein	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.

4.1.3 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 2019.

Arbeitspreis = 20.66 Rp./kWh Hochtarif
15.82 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 2019, inkl. CO₂-Abgabe und 7.7% MwSt.

Tarif "tbw.basis.erdgas"	100% fossil	= 7.04 Rp./kWh
Tarif "tbw.biogas"	20% Biogasanteil	= 12.04 Rp./kWh für 20% des Gesamtverbrauches
Tarif "tbw.biogas"	50% Biogasanteil	= 12.04 Rp./kWh für 50% des Gesamtverbrauches
Tarif "tbw.biogas"	100% Biogasanteil	= 12.04 Rp./kWh
Grundpreis pro Zähler	=	43.08 Fr. / Monat

Holzpellets:

Durchschnittspreise von 24 schweizweiten Pelletslieferanten der Monate Januar 2013 bis Dezember 2017, für eine Lieferung von 3 Tonnen, gemäss www.pelletspreis.ch, inkl. Lieferung, inkl. 7.7% MwSt.

Holzpellets = 8.90 Rp./kWh

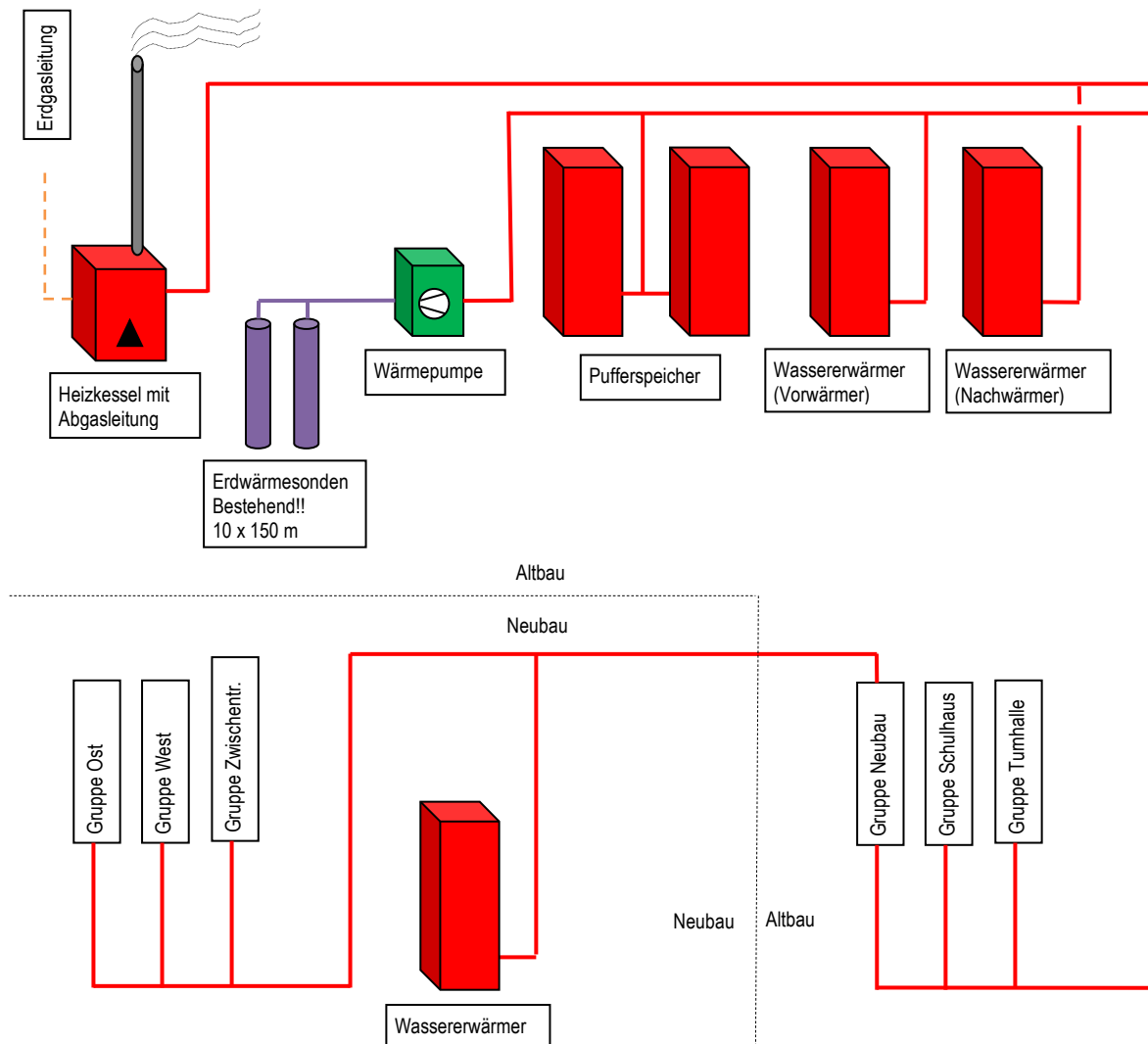
Hackschnitzel:

Richtpreis gemäss gemeinsamer Empfehlung von "Wald Schweiz", "Holzenergie Schweiz", "Holzindustrie Schweiz" und "Forstunternehmer Schweiz, Mischpreis von Grünschnitzeln und trockenen Schnitzeln, Tarifjahr 2017/2018, Lieferung franko Silo, Abrechnungsmodell nach Wärmemenge, inkl. 7.7% MwSt.

Hackschnitzel = 5.70 Rp./kWh

4.2 Varianten

4.2.1 Variante 1: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS 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 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 wird ein neuer, kondensierender Gasheizkessel installiert. Für den Betrieb des Heizkessels wird ein neuer Erdgasanschluss ab dem Gasnetz der Technischen Betriebe Wil realisiert. Die Abgase des Heizkessels werden in einer neuen Abgasleitung, welche im bestehenden Kaminzug eingebaut wird, bis über Dach ins Freie befördert. Zur Reduktion des Erdgasverbrauches und dem damit verbundenen CO₂-Ausstoss wird eine neue Sole/Wasser-Wärmepumpe installiert.

Die Leistung der Wärmepumpe wird auf die vorhandene Anzahl Erdwärmesonden abgestimmt. 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 wie auch den Gasheizkessel erwärmt werden können.

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 66 To/Jahr.

4.2.2 Variante 1a: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent, 20% Biogasanteil

Diese Variante entspricht in ihrer Ausführung komplett der Variante 1, ausser dass der Erdgasanteil mit einem 20%-igen Biogasanteil betrieben wird.

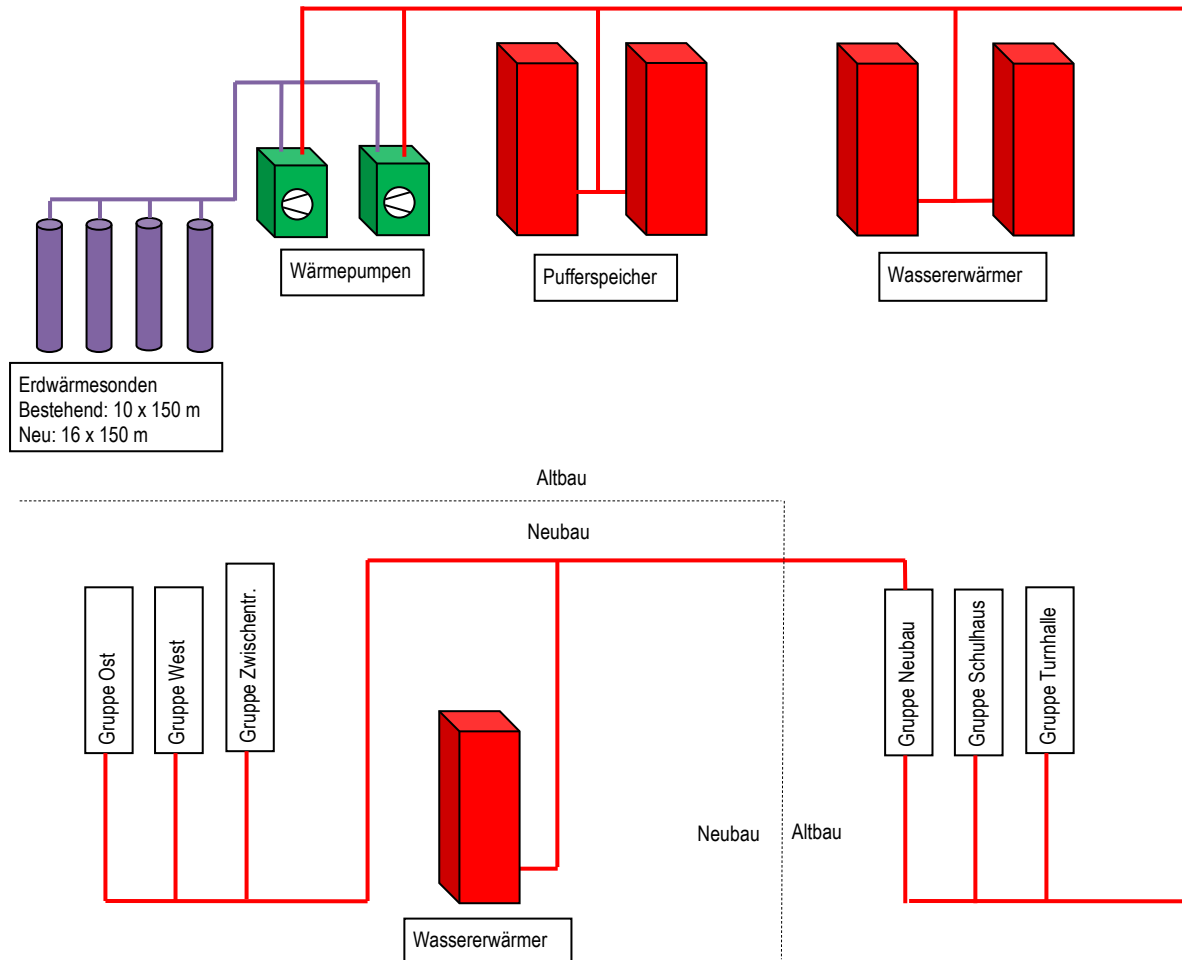
Der jährliche CO₂-Ausstoss dieser Variante (inkl. Strom) beläuft sich auf rund 53 To/Jahr.

4.2.3 Variante 1b: Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent, 50% Biogasanteil

Diese Variante entspricht in ihrer Ausführung komplett der Variante 1, ausser dass der Erdgasanteil mit einem 50%-igen Biogasanteil betrieben wird.

Der jährliche CO₂-Ausstoss dieser Variante (inkl. Strom) beläuft sich auf rund 34 To/Jahr.

4.2.4 Variante 2: Wärmepumpe mit Erdwärmesonden, monovalent



Beschrieb:

Die bestehende Wärmeenergie 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 Oeltankanlage 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.

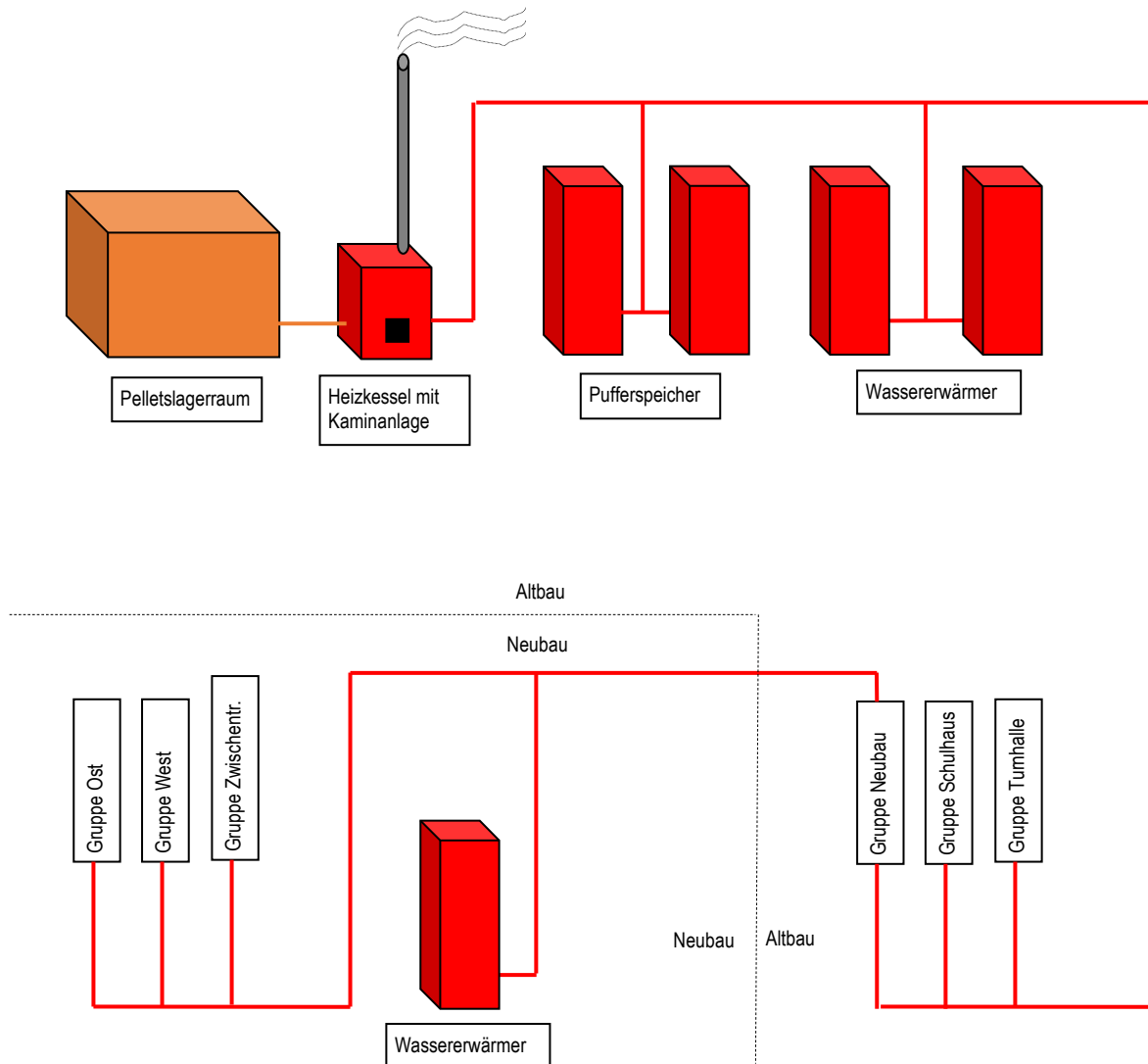
Das benötigte Trinkwarmwasser wird in neuen Wassererwärmern erstellt, welche über die Wärmepumpe erwärmt werden.

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.

4.2.5 Variante 3: Holzpellets monovalent



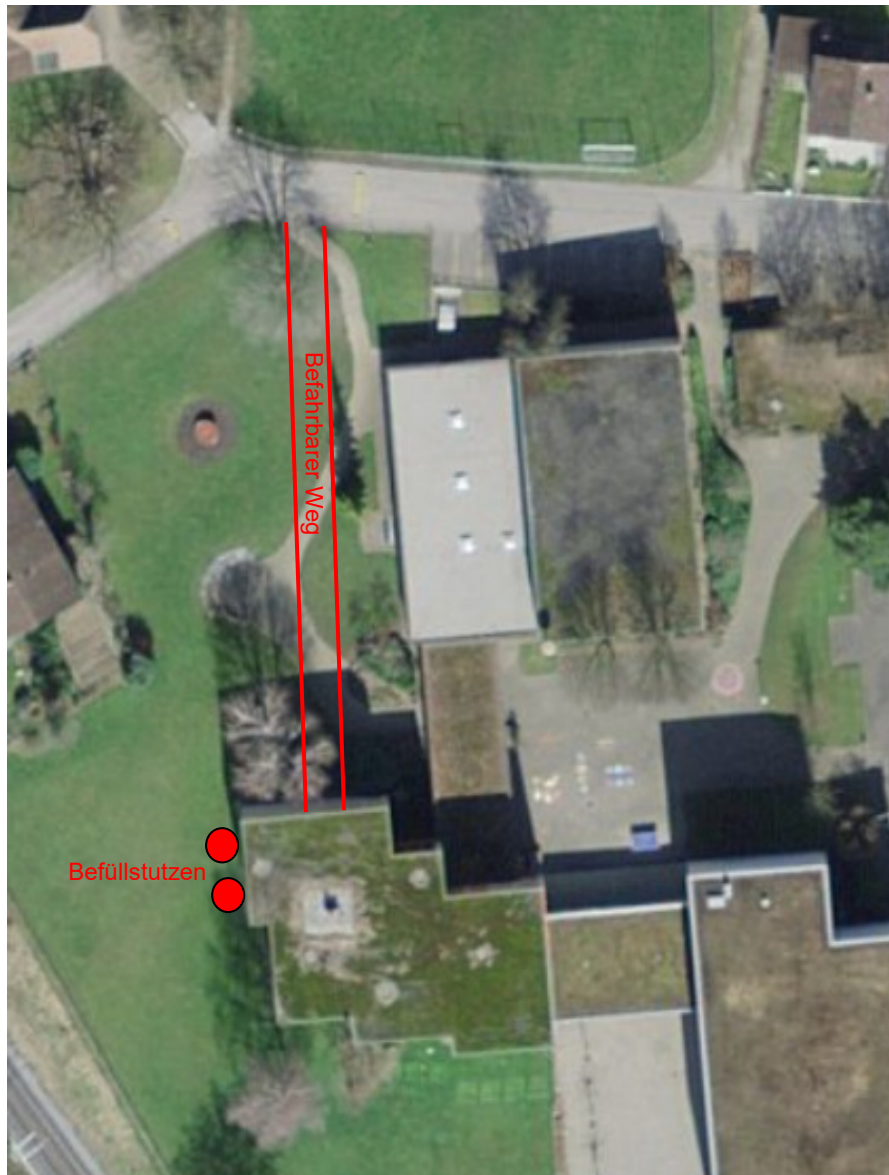
Beschrieb:

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 werden ausser Betrieb genommen, der Soleverteiler inkl. sämtlichem Zubehör wird demontiert und fachgerecht entsorgt. Die bestehende Oeltankanlage 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 wird ein neuer Pellets-Heizkessel installiert, welcher in einem monovalenten Betrieb die gesamte Wärmeenergie für das gesamte Schulareal produziert. Die Abgase des Heizkessels werden mit einem Elektrofilter gereinigt. Für die Lagerung der Holzpellets wird der bestehende Tankraum zum Pelletslager umgenutzt.

Auf Grund der vorhandenen Grösse muss mit 2-3 Befüllungen pro Jahr gerechnet werden. Damit die Befüllung funktioniert, müsste eine neuer, befahrbarer Weg realisiert werden, auf welchem der Pellets-Tank-Lastwagen in die Nähe der Befüllstutzen gelangen kann.



Die eingesetzten Pufferspeicher garantieren die geforderten Laufzeiten des Heizkessels.

Eine neue Expansionsanlage sorgt für optimale Druckverhältnisse im gesamten Heizsystem.

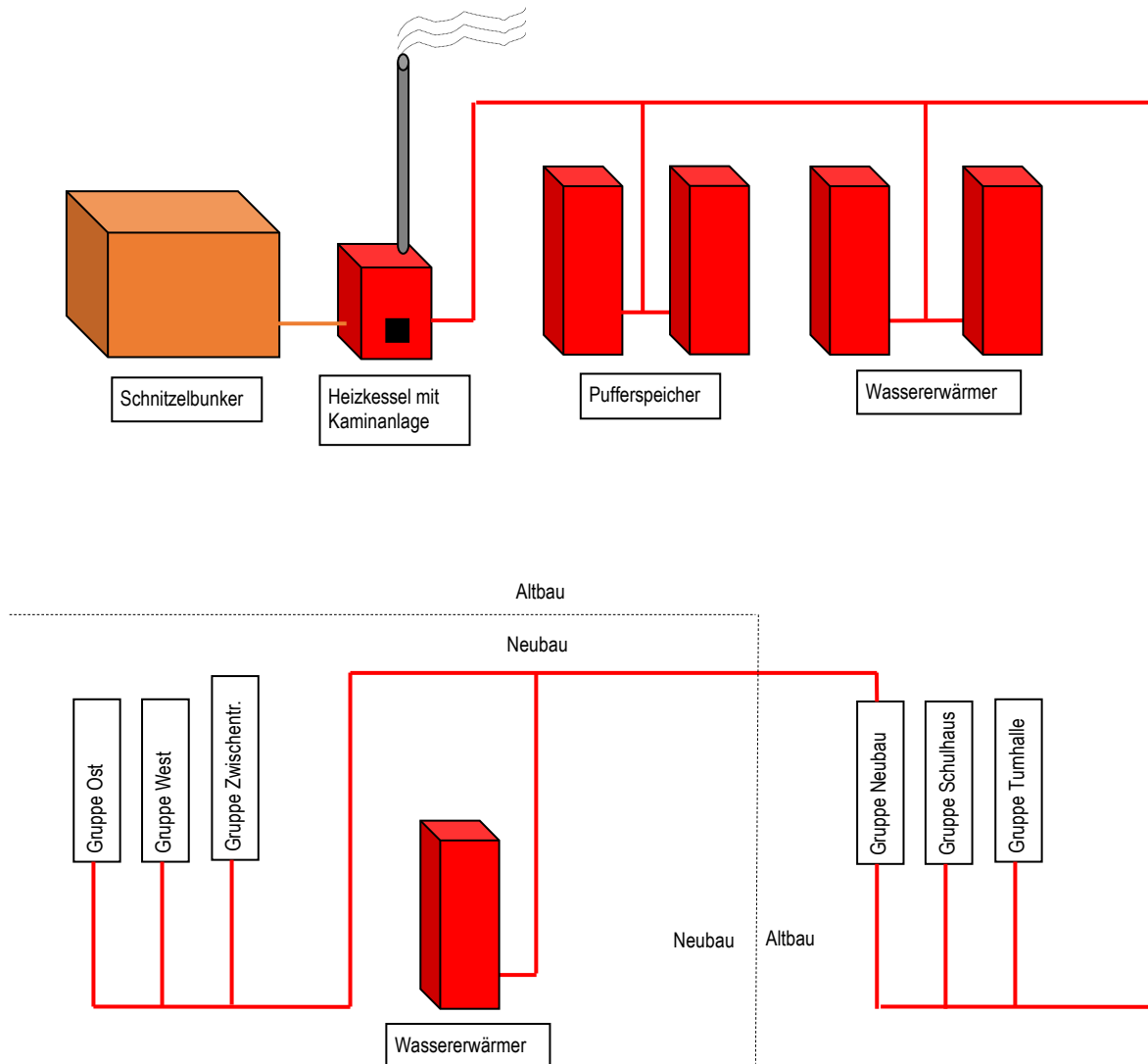
Das benötigte Trinkwarmwasser wird in neuen Wassererwärmern erstellt, welche über den Pelletskessel erwärmt werden.

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 1 To/Jahr.

4.2.6 Variante 4: Hackschnitzel monovalent

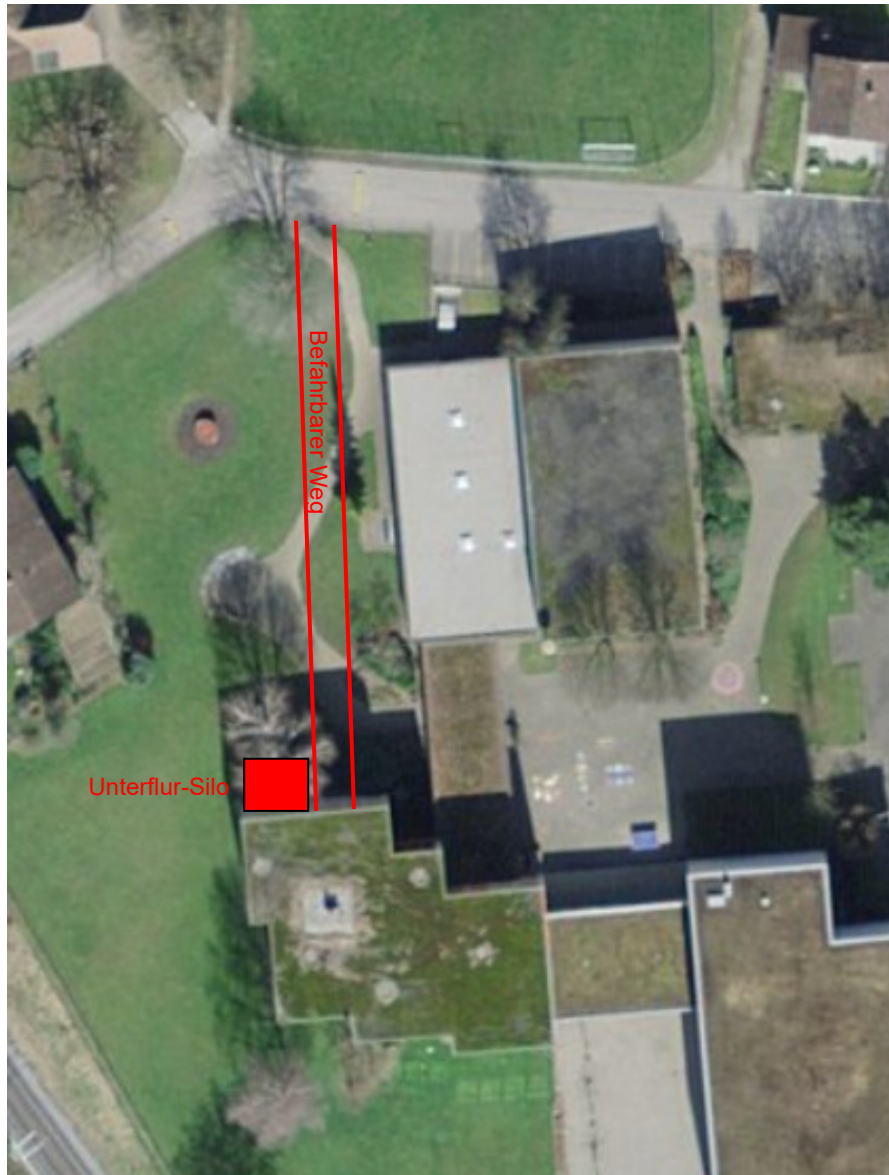


Beschrieb:

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 werden ausser Betrieb genommen, der Soleverteiler inkl. sämtlichem Zubehör wird demontiert und fachgerecht entsorgt. Die bestehende Oeltankanlage wird ausser Betrieb genommen, gereinigt, demontiert und fachgerecht entsorgt. Das noch vorhandene Heizöl wird vorgängig abgesaugt und in einen anderen Öltank einer Gemeindeligenschaft 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 ein neuer Hackschnitzel-Heizkessel installiert, welcher in einem monovalenten Betrieb die gesamte Wärmeenergie für das gesamte Schulareal produziert. Die Abgase des Heizkessels werden mit einem Elektrofilter gereinigt. Für die Lagerung der Hackschnitzel muss ein neues Unterflur-Schnitzelsilo realisiert werden, welches mit einer Rundaustragung ausgerüstet wird. Zusätzlich muss für die Befüllung des Silos ein neuer, befahrbarer Weg realisiert werden. Der ehemalige Trankraum wird als Zentralen-Erweiterung genutzt. Für die Ascheentsorgung wird ein Absaugsystem installiert.



Die eingesetzten Pufferspeicher garantieren die geforderten Laufzeiten des Heizkessels.

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 Wärmezeugung 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 1 To/Jahr.

4.3 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 Lieferantenofferten ermittelt.

Investitionskosten (Fr.)

	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b
	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 20%	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 50%
Total Investitionskosten (Fr.)	288'000	288'000	288'000

	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Holzpellets monovalent	Hackschnitzel monovalent
Total Investitionskosten (Fr.)	534'000	385'000	543'000

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 1	Variante 1a	Variante 1b
	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 20%	Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 50%
Wart.- Bedien.- und UH-Kosten	4'420	4'420	4'420
Energiekosten	38'320	42'050	46'720
Betriebskosten	42'740	46'470	51'140
Kapitalkosten	17'550	17'550	17'550
Total	60'290	64'020	68'690

	Variante 2	Variante 3	Variante 4
	Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Holzpellets monovalent	Hackschnitzel monovalent
Wart.- Bedien.- und UH-Kosten	4'920	8'240	8'840
Energiekosten	29'790	57'710	36'940
Betriebskosten	34'710	65'950	45'780
Kapitalkosten	28'210	22'880	31'300
Total	62'920	88'830	77'080

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie (Rp./kWh)

	Variante 1 Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent	Variante 1a Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 20%	Variante 1b Heizkessel Erdgas und Wärmepumpe mit Erdwärmesonden bivalent Biogasanteil 50%
Mittlere Wärmegestehungskosten pro kWh Nutzenergie	14.3	15.2	16.3

„Rang nach Wirtschaftlichkeit“

①

③

④

	Variante 2 Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent	Variante 3 Holzpellets monovalent	Variante 4 Hackschnitzel monovalent
Mittlere Wärmegestehungskosten pro kWh Nutzenergie	15.0	21.1	18.3

„Rang nach Wirtschaftlichkeit“

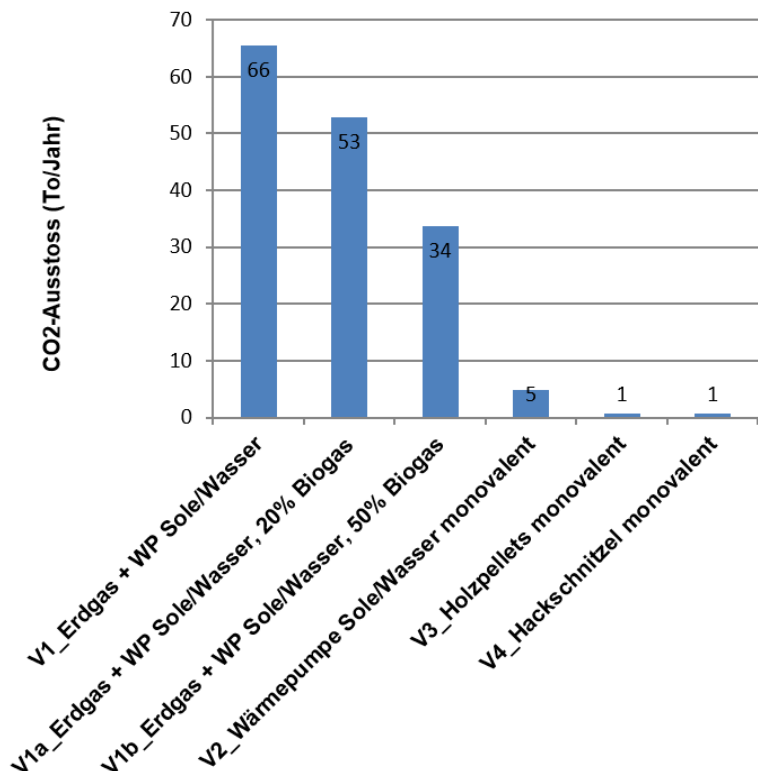
②

⑥

⑤

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

Ist für die Bauherrschaft alleine die Wirtschaftlichkeit ausschlaggebend für den Variantenentscheid, empfiehlt sich klar die Variante 1 "Heizkessel Erdgas mit Wärmepumpe EWS bivalent" zur Ausführung. Sie weist die geringsten Wärmegestehungskosten aller Varianten auf. Zur Reduktion des CO₂-Ausstosses könnte auch zu einem späteren Zeitpunkt noch Biogas hinzugekauft werden. Allerdings erhöhen sich dadurch auch die Wärmegestehungskosten. (Varianten 1a und 1b)

Legt man das Augenmerk aber vor allem auf möglichst ökologischen Betrieb, empfiehlt sich die Variante 4 "Hackschnitzel monovalent" zur Ausführung.

Ein Zwischenweg würde die Variante 2 "Wärmepumpe mit Erdwärmesonden monovalent" bilden. Allerdings muss man bei dieser Variante beachten, dass total 16 Stk. zusätzliche Erdwärmesonden gebohrt werden müssten. (Platzbedarf)

5. Sanierungsvorschläge / Konzepte

5.1 Lüftungsanlagen

5.1.1 Lüftungsgeräte

Die Lüftungsgeräte sind in einem guten Zustand und werden gewartet. Es sind keine kurzfristigen Massnahmen notwendig. Die Ventilatoren mit Keilriemenantrieben sollen belassen werden. Damit die Luftmengen genauer einreguliert werden können, ist der Einbau von Frequenzumformern pro Motor sinnvoll.

Kostenschätzung (+/- 20% inkl. MwSt.)

Ohne bauliche Arbeiten (Elektriker), ohne Honorare

- Einbau neue Motoren	ca. Fr.	6'000.--
Total	ca. Fr.	6'000.--

Empfehlung



Ventilatoren mit Keilriemenantrieben können belassen werden. Der Einbau von frequenzgesteuerten Motoren mit entsprechenden Frequenzumformern ist sinnvoll. Mit dieser Massnahme können die notwendigen Luftmengen genau eingestellt werden.

5.1.2 Lüftungsarmaturen / Volumenstromregler

Mit dem Ersatz der Regulierung und mit dem Einbau der Frequenzumformer sollen auch die Regelgeräte der Volumenstromregler nachreguliert und allenfalls die Regelgeräte ersetzt werden.

Kostenschätzung (+/- 20% inkl. MwSt.)

Ohne bauliche Arbeiten (Elektriker), ohne Honorare

- Einbau neue VAV-Regler	ca. Fr.	5'000.--
Total	ca. Fr.	5'000.--

Empfehlung



Nachregulierung der Volumenstromregler. Sofern notwendig sollen die Regelgeräte VAV ausgewechselt werden.

5.1.3 Kanalreinigung

Das Lüftungskanalnetz weist Verschmutzungen auf und wurde in den letzten 14 Jahren noch nicht gereinigt.

Aus energetischen und brandschutztechnischen Überlegungen empfehlen wir die Reinigung des gesamten Kanalnetzes inkl. den Lüftungsgeräten.

Notwendig sind die Reinigungen folgender Bauteile:

- Zuluftkanalnetz
- Abluftkanalnetz
- Lüftungsgeräte

Kostenschätzung (+/- 20% inkl. MwSt.)

Ohne bauliche Arbeiten (Elektriker), ohne Honorare

- Einbau neue VAV-Regler	ca. Fr.	6'000.--
Total	ca. Fr.	6'000.--

Empfehlung



Aus energetischen und brandschutztechnischen Überlegungen empfehlen wir die Reinigung des gesamten Kanalnetzes inkl. den Lüftungsgeräten.

5.1.4 Einregulierung Lüftungsanlagen

Mit dem Ersatz der Regulierungen ist es ohnehin notwendig, dass die Lüftungsanlagen neu in Betrieb genommen werden müssen. Im Rahmen dieser Arbeiten soll die gesamte Lüftungsanlage neu einreguliert werden und die Luftmengen einreguliert werden.

Kostenschätzung (+/- 20% inkl. MwSt.)

Ohne bauliche Arbeiten (Elektriker), ohne Honorare

- Einregulierung / Luftmengeneinstellungen	ca. Fr.	3'000.--
Total	ca. Fr.	3'000.--

Empfehlung



Einregulierung der kompletten Lüftungsanlagen inkl. der Neueinstellung der Luftmengen mit allenfalls notwendigen Anpassungen.

5.2 Regulierungen

5.2.1 Allgemeines

Die Regulierungen haben die theoretische Lebensdauer erreicht und teilweise überschritten. Es sind für das Fabrikat Siemens Unigyr keine Ersatzteile mehr erhältlich.

Die sinnvollen und notwendigen Arbeiten an der Regulierung haben wir zusammen mit zwei Fachfirmen für Regulierungen angeschaut. (HCS Controls AG 8472 Seuzach / Siemens Schweiz AG 9200 Gossau)

Ein Ersatz der Regulierung macht vor allem bei der anstehenden Sanierung der Heizungsanlage Sinn. So kann dann die neue Regulierung auch der neuen Heizungsanlage angepasst werden.

Bei den Regulierungen für die Unterstation Neubau und Lüftung Neubau ist ein Ersatz zum Gleichen Zeitpunkt wie die Sanierung Heizung sinnvoll.

Die Raumautomation (Raumheizung) funktioniert. Defekt ist die Storensteuerung, zentrale Befehle.

5.2.2 Empfehlung Sanierung Regulierung Heizung - Lüftung

Lüftung

Bei der Lüftung sind alle Ventilatoren mit Frequenzumformer auszurüsten.
Es sind für eine optimale Regulierung 2 zusätzliche Abluftfühler notwendig.

Heizung

Die Regulierung wird den neuen Anforderungen angepasst.

Feldgeräte (Fühler, Klappen, etc.)

Die Feldgeräte Klappenantriebe, Mischventile, Differenzdruckfühler können prinzipiell belassen werden. Die Temperaturfühler sind je nach gewählten Regulierungssystem ausgetauscht werden.

Schaltgerätekombinationen

Bei den Schaltgerätekombinationen wurde ein kompletter Ersatz eingerechnet. Hier können allenfalls Kosten gespart werden, wenn nur die Schaltschrankeinbauten gewechselt werden. Die Gehäuse der Schaltgerätekombinationen sind soweit in einem guten Zustand.

Bediendisplay

Das System muss bedient werden können. Eingerechnet und vorgeschlagen wird der Einbau eines Bediendisplay. Auf diesem Gerät sind einfache Anlagenbilder vorhanden.

Kostenschätzung (+/- 20% inkl. MwSt.)

Ohne bauliche Arbeiten (Elektriker), ohne Honorare

- Regulierung Lüftung Neubau	ca. Fr.	14'000.--
- Regulierung Heizung / Erzeugung Altbau	ca. Fr.	17'000.--
- Regulierung Unterstation Neubau	ca. Fr.	9'000.--
- Bediendisplay	ca. Fr.	7'000.--
Total	ca. Fr.	47'000.--

Empfehlung



Eine Sanierung der Regulierung ist aufgrund der Lebensdauer der bestehenden Regulierung notwendig. Das bestehende System wird nicht mehr unterhalten. Ein Ersatz auf ein neues zeitgemässes System ist sinnvoll.

5.2.3 Empfehlung Sanierung Raumautomation

Raumautomation

Im Bestand ist die Steuerung der Raumheizung sowie die Steuerung der Storen auf dem Raumautomationssystem aufgeschaltet.

In den nachfolgenden Kosten ist die Aufschaltung der Storen in den Kosten eingerechnet.

Es ist allenfalls zusammen mit dem Elektriker zu klären ob die Steuerung Storen ab der Raumautomation genommen werden soll, und neu über eine Steuerung vom Elektriker angesteuert werden soll.

Kostenschätzung (+/- 20% inkl. MwSt.)

Ohne bauliche Arbeiten (Elektriker), ohne Honorare

- Raumautomation Heizen + Storen	ca. Fr.	42'000.--
Total	ca. Fr.	42'000.--

Empfehlung



Eine Sanierung der Regulierung ist aufgrund der Lebensdauer der bestehenden Regulierung notwendig. Das bestehende System wird nicht mehr unterhalten

Es ist zusammen mit der Bauherrschaft und dem Elektriker zu klären ob die Storensteuerung separat gelöst werden kann / soll.

6. Anhang

Detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung zu Sanierungsvarianten Wärmeerzeugung.

Beurteilung von Energiesystemen

1. Projektinformationen

Anlageort / -bezeichnung: 9552 Bronschhofen
 Objektbezeichnung: Oberstufe Bronschhofen
 Projektnummer: 2549
 Varianten 1, 1a, 1b
 Bearbeitete Aufgabenstellung: Wärmerezeuger-Systeme ohne KEPZ
 Beauftragter: Calorex AG, 9500 Wil
 Tel. /Fax: T 071 913 27 70
 Sachbearbeiter: Raphael Herzog
 Bearbeitungsdatum: 28.01.2019

2. Antrag für die Weiterbearbeitung

Variante: siehe Bericht
 Entscheidungsbegründung: siehe Bericht

3. Grundlagendaten

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)	20.7 Rp/kWh		20.7 Rp/kWh	1.0 %
Elektr. (NT)	15.8 Rp/kWh		15.8 Rp/kWh	1.0 %
Erdgas	7.0 Rp/kWh		7.0 Rp/kWh	1.5 %
Biogasanteil	12.0 Rp/kWh		12.0 Rp/kWh	1.5 %
Holzpellets	8.9 Rp/kWh		8.9 Rp/kWh	1.0 %
Hackschnitzel	5.7 Rp/kWh		5.7 Rp/kWh	0.5 %

ohne KEPZ

Oberstufe Bronschhofen

Zusammenfassung Variantenvergleich

Variantenbeschreibung / Energieproduktion und Auswirkungen

Variantenbeschreibung	Variante 1 Erdgas + WP Sole/Wasser	Variante 1a Erdgas + WP Sole/Wasser, 20% Biogas	Variante 1b Erdgas + WP Sole/Wasser, 50% Biogas	
Variantenbezeichnung				
Energieproduktion [MWh/a]				
Raumw.+Warmw.(Stufe Nutzenergie)	420 MWh/a	420 MWh/a	420 MWh/a	
Elektro (Stufe Nutzenergie)				
Auswirk. auf E.buchhaltung [MWh/a]				
Verbrauch fossiler Energie	334.5 MWh/a	267.6 MWh/a	167.2 MWh/a	
Verbrauch regenerierbarer Energie	112.5 MWh/a	179.4 MWh/a	279.7 MWh/a	
Verbrauch elektr. Energie Wärmeprod	59.3 MWh/a	59.3 MWh/a	59.3 MWh/a	
Verbrauch elektr. Energie Transport				

Total der heutigen jährlichen Kosten

Kostenart	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b	
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	4 100	4 100	4 100	
Energiekosten [Fr.]	34 640	37 980	42 110	
Betriebskosten [Fr.]	38 740	42 080	46 210	
Kapitalkosten [Fr.]	17 550	17 550	17 550	
Total [Fr.]	56 290	59 630	63 760	

Total der mittleren jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer

Es sollen nur Varianten mit gleicher Betrachtungsdauer untereinander verglichen werden.

Betrachtungsdauer [Jahre]: 15 15 15

Kostenart	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b	0.0 %
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	4 420	4 420	4 420	
Energiekosten [Fr.]	38 320	42 050	46 720	
Betriebskosten [Fr.]	42 740	46 470	51 140	
Kapitalkosten [Fr.]	17 550	17 550	17 550	
Total [Fr.]	60 290	64 020	68 690	

Investitionskosten

Total [Fr.]	288 000	288 000	288 000	
-------------	---------	---------	---------	--

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie

	Variante 1	Variante 1a	Variante 1b	
Mittl. Wärmegestehungskosten*	14.3 Rp./kWh	15.2 Rp./kWh	16.3 Rp./kWh	

ohne KEPZ

Oberstufe Bronschhofen

Variante 1

Erdgas + WP Sole/Wasser

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	198 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	13 170 Fr.
Erdgasleitung inkl. Anschlussgebühren	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Abgasleitung Heizkessel	8 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	540 Fr.
Bauliche Arbeiten	1 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	40 Fr.
Sanitärinstallationen	5 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	340 Fr.
Elektroinstallationen	15 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 010 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Honorare	20 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	780 Fr.
Unvorhergesehenes	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Total	288 000 Fr.	27 Jahre		17 550 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	240 000 Fr.		1.5 %	3 600 Fr.
Kaminfeger		500 Fr.		500 Fr.
Total	(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 1.4 %)			4 100 Fr.

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektr. (HT)		35 550 kWh/a	20.7 Rp/kWh	7 340 Fr.
Elektr. (NT)		23 700 kWh/a	15.8 Rp/kWh	3 750 Fr.
Erdgas		334 474 kWh/a	7.0 Rp/kWh	23 550 Fr.
Biogasanteil		0 kWh/a	12.0 Rp/kWh	
Holzpellets		0 kWh/a	8.9 Rp/kWh	
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.7 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				34 640 Fr.

Total der jährlichen Kosten

Progr. vorschlag Betrachtungsdauer 20 Jahre

Betrachtungsdauer* für Berechnung:

15 Jahre

Option: Eingabe Betrachtungsdauer:

15 Jahre

	Kostensteigerung (real)	Mittelwert-faktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	---	---	17 550 Fr.	17 550 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	4 100 Fr.	4 420 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	7 340 Fr.	7 910 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	3 750 Fr.	4 040 Fr.
Holzpellets	1.5 %	1.120	23 550 Fr.	26 370 Fr.
Hackschnitzel	1.5 %			
Holzpellets	1.0 %			
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten (W+B-, UH- und Energiekosten)			38 740 Fr.	42 740 Fr.
TOTAL (Kapital- + Betriebskosten)			56 290 Fr.	60 290 Fr.

ohne KEPZ

Oberstufe Bronschhofen

Variante 1a Erdgas + WP Sole/Wasser, 20% Biogas

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	198 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	13 170 Fr.
Erdgasleitung inkl. Anschlussgebühren	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Abgasleitung Heizkessel	8 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	540 Fr.
Bauliche Arbeiten	1 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	40 Fr.
Sanitärinstallationen	5 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	340 Fr.
Elektroinstallationen	15 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 010 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Honorare	20 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	780 Fr.
Unvorhergesehenes	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Total	288 000 Fr.	27 Jahre		17 550 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	240 000 Fr.		1.5 %	3 600 Fr.
Kaminfeger		500 Fr.		500 Fr.
Total			(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 1.4 %)	4 100 Fr.

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektr. (HT)		35 550 kWh/a	20.7 Rp/kWh	7 340 Fr.
Elektr. (NT)		23 700 kWh/a	15.8 Rp/kWh	3 750 Fr.
Erdgas		267 579 kWh/a	7.0 Rp/kWh	18 840 Fr.
Biogasanteil		66 895 kWh/a	12.0 Rp/kWh	8 050 Fr.
Holzpellets		0 kWh/a	8.9 Rp/kWh	
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.7 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				37 980 Fr.

Total der jährlichen Kosten

Progr. vorschlag Betrachtungsdauer 27 Jahre

Betrachtungsdauer* für Berechnung:

15 Jahre

Option: Eingabe Betrachtungsdauer:

15 Jahre

	Kostensteigerung (real)	Mittelwert-faktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	---	---	17 550 Fr.	17 550 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	4 100 Fr.	4 420 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	7 340 Fr.	7 910 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	3 750 Fr.	4 040 Fr.
Holzpellets	1.5 %	1.120	18 840 Fr.	21 090 Fr.
Hackschnitzel	1.5 %	1.120	8 050 Fr.	9 010 Fr.
Holzpellets	1.0 %			
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten (W+B-, UH- und Energiekosten)			42 080 Fr.	46 470 Fr.
TOTAL (Kapital- + Betriebskosten)			59 630 Fr.	64 020 Fr.

ohne KEPZ

Oberstufe Bronschhofen

Variante 1b Erdgas + WP Sole/Wasser, 50% Biogas

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	198 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	13 170 Fr.
Erdgasleitung inkl. Anschlussgebühren	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Abgasleitung Heizkessel	8 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	540 Fr.
Bauliche Arbeiten	1 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	40 Fr.
Sanitärinstallationen	5 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	340 Fr.
Elektroinstallationen	15 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 010 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Honorare	20 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	780 Fr.
Unvorhergesehenes	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Total	288 000 Fr.	27 Jahre		17 550 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	240 000 Fr.		1.5 %	3 600 Fr.
Kaminfeger		500 Fr.		500 Fr.
Total			(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 1.4 %)	4 100 Fr.

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektr. (HT)		35 550 kWh/a	20.7 Rp/kWh	7 370 Fr.
Elektr. (NT)		23 700 kWh/a	11.9 Rp/kWh	2 830 Fr.
Erdgas		167 237 kWh/a	7.0 Rp/kWh	11 770 Fr.
Biogasanteil		167 237 kWh/a	12.0 Rp/kWh	20 140 Fr.
Holzpellets		0 kWh/a	8.9 Rp/kWh	
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.7 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				42 110 Fr.

Total der jährlichen Kosten

Progr. vorschlag Betrachtungsdauer 27 Jahre

Betrachtungsdauer* für Berechnung:

15 Jahre

Option: Eingabe Betrachtungsdauer:

15 Jahre

	Kostensteigerung (real)	Mittelwert-faktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	---	---	17 550 Fr.	17 550 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	4 100 Fr.	4 420 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	7 370 Fr.	7 940 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	2 830 Fr.	3 050 Fr.
Holzpellets	1.5 %	1.120	11 770 Fr.	13 180 Fr.
Hackschnitzel	1.5 %	1.120	20 140 Fr.	22 550 Fr.
Holzpellets	1.0 %			
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten	(W+B-, UH- und Energiekosten)		46 210 Fr.	51 140 Fr.
TOTAL	(Kapital- + Betriebskosten)		63 760 Fr.	68 690 Fr.

Beurteilung von Energiesystemen

1. Projektinformationen

Anlageort / -bezeichnung: 9552 Bronschhofen
 Objektbezeichnung: Oberstufe Bronschhofen
 Projektnummer: 2549
 Varianten 2 - 4
 Bearbeitete Aufgabenstellung: Wärmeerzeuger-Systeme **ohne KEPZ**
 Beauftragter: Calorex AG, 9500 Wil
 Tel. /Fax: T 071 913 27 70
 Sachbearbeiter: Raphael Herzog
 Bearbeitungsdatum: 28.01.2019

2. Antrag für die Weiterbearbeitung

Variante: siehe Bericht
 Entscheidungsbegründung: siehe Bericht

3. Grundlagendaten

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)	20.7 Rp/kWh		20.7 Rp/kWh	1.0 %
Elektr. (NT)	15.8 Rp/kWh		15.8 Rp/kWh	1.0 %
Erdgas	7.0 Rp/kWh		7.0 Rp/kWh	1.5 %
Biogasanteil	12.0 Rp/kWh		12.0 Rp/kWh	1.5 %
Holzpellets	8.9 Rp/kWh		8.9 Rp/kWh	1.0 %
Hackschnitzel	5.7 Rp/kWh		5.7 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	
Variantenbezeichnung				
Energieproduktion [MWh/a]				
Raumw.+Warmw.(Stufe Nutzenergie)	420 MWh/a	420 MWh/a	420 MWh/a	
Elektro (Stufe Nutzenergie)				
Auswirk. auf E.buchhaltung [MWh/a]				
Verbrauch fossiler Energie				
Verbrauch regenerierbarer Energie	290.9 MWh/a	580.3 MWh/a	580.3 MWh/a	
Verbrauch elektr. Energie Wärmeprod	147.5 MWh/a	19.5 MWh/a	20.4 MWh/a	
Verbrauch elektr. Energie Transport				

Total der heutigen jährlichen Kosten

Kostenart	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	4 580	7 640	8 200	
Energiekosten [Fr.]	27 630	53 530	35 440	
Betriebskosten [Fr.]	32 190	61 170	43 640	
Kapitalkosten [Fr.]	28 210	22 880	31 300	
Total [Fr.]	60 400	84 050	74 940	

Total der mittleren jährlichen Kosten über die Betrachtungsdauer

Es sollen nur Varianten mit gleicher Betrachtungsdauer untereinander verglichen werden.

Betrachtungsdauer [Jahre]: 15 15 15

Kostenart	Variante 2	Variante 3	Variante 4	0.0 %
Wart.-, Bedien. und UH-Kosten [Fr.]	4 920	8 240	8 840	
Energiekosten [Fr.]	29 790	57 710	38 040	
Betriebskosten [Fr.]	34 710	65 950	45 780	
Kapitalkosten [Fr.]	28 210	22 880	31 300	
Total [Fr.]	62 920	88 830	77 080	

Investitionskosten

Total [Fr.]	534 000	385 000	543 000	
-------------	---------	---------	---------	--

Kennwerte auf Stufe Nutzenergie

	Variante 2	Variante 3	Variante 4	
Mittl. Wärmegestehungskosten*	15.0 Rp./kWh	21.1 Rp./kWh	18.3 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	240 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	16 130 Fr.
Zusätzliche Erdwärmesonden	193 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	7 500 Fr.
Bauliche Arbeiten inkl. Gräben EWS	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Sanitärinstallationen	5 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	340 Fr.
Elektroinstallationen	18 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 210 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.
Unvohergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	534 000 Fr.	35 Jahre		28 210 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	456 000 Fr.		1.0 %	4 560 Fr.
Total		(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 0.9 %)		4 560 Fr.

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektr. (HT)		88 523 kWh/a	20.7 Rp/kWh	18 290 Fr.
Elektr. (NT)		59 014 kWh/a	15.8 Rp/kWh	9 340 Fr.
Erdgas		0 kWh/a	7.0 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	12.0 Rp/kWh	
Holzpellets		0 kWh/a	8.9 Rp/kWh	
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.7 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				27 630 Fr.

Total der jährlichen Kosten

Progr, vorschlag Betrachtungsdauer 20 Jahre

Betrachtungsdauer* für Berechnung:

15 Jahre

Option: Eingabe Betrachtungsdauer:

15 Jahre

	Kostensteigerung (real)	Mittelwert-faktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	---	---	28 210 Fr.	28 210 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	4 560 Fr.	4 920 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	18 290 Fr.	19 720 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	9 340 Fr.	10 070 Fr.
Holzpellets	1.5 %			
Hackschnitzel	1.5 %			
Holzpellets	1.0 %			
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten (W+B-, UH- und Energiekosten)			32 190 Fr.	34 710 Fr.
TOTAL (Kapital- + Betriebskosten)			60 400 Fr.	62 920 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	210 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	14 120 Fr.
Bauliches, inkl. Ausbau Pelletssilo	48 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	1 870 Fr.
Kaminanlage Heizkessel	12 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	810 Fr.
Abgasfilter und Entaschung	35 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	2 350 Fr.
Sanitärinstallationen	7 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	470 Fr.
Elektroinstallationen	15 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 010 Fr.
Demontage und Entsorgung Oeltank	10 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	390 Fr.
Honorare	25 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	970 Fr.
Unvorhergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	385 000 Fr.	28 Jahre		22 880 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	332 000 Fr.		2.0 %	6 640 Fr.
Kaminfeger		1 000 Fr.		1 000 Fr.
Total			(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 2.0 %)	7 640 Fr.

Jährliche Energiekosten

Energieträger	Grundgebühre [Fr./a]	Verbrauch [kWh/a]	Berechnungspreis Energie	Heutige jährl. Kosten
Elektrizität		---	---	---
Elektr. (HT)		11 712 kWh/a	20.7 Rp/kWh	2 420 Fr.
Elektr. (NT)		7 808 kWh/a	15.8 Rp/kWh	1 240 Fr.
Erdgas		0 kWh/a	7.0 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	12.0 Rp/kWh	
Holzpellets		560 288 kWh/a	8.9 Rp/kWh	49 870 Fr.
Hackschnitzel		0 kWh/a	5.7 Rp/kWh	
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				53 530 Fr.

Total der jährlichen Kosten

Progr. vorschlag Betrachtungsdauer **30 Jahre**

Betrachtungsdauer* für Berechnung: **15 Jahre**

Option: Eingabe Betrachtungsdauer: **15 Jahre**

	Kostensteigerung (real)	Mittelwert-faktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	---	---	22 880 Fr.	22 880 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	7 640 Fr.	8 240 Fr.
Elektr. (HT)	1.0 %	1.078	2 420 Fr.	2 610 Fr.
Elektr. (NT)	1.0 %	1.078	1 240 Fr.	1 340 Fr.
Holzpellets	1.5 %			
Hackschnitzel	1.5 %			
Holzpellets	1.0 %	1.078	49 870 Fr.	53 760 Fr.
Hackschnitzel	0.5 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten (W+B-, UH- und Energiekosten)			61 170 Fr.	65 950 Fr.
TOTAL (Kapital- + Betriebskosten)			84 050 Fr.	88 830 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	270 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	18 150 Fr.
Abgasfilter und Entaschung	53 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	3 580 Fr.
Kaminanlage Heizkessel	13 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	870 Fr.
Bauliches inkl. Neubau Schnitzelsilo	120 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	4 660 Fr.
Sanitärinstallationen	7 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	470 Fr.
Elektroinstallationen	17 000 Fr.	20 Jahre	6.72 %	1 140 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.
Unvorhergesehenes	15 000 Fr.	50 Jahre	3.89 %	580 Fr.
Total	543 000 Fr.	30 Jahre		31 300 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	360 000 Fr.		2.0 %	7 200 Fr.
Kaminfeger		1 000 Fr.		1 000 Fr.
Total			(Proz. Anteil für W+B von Investitionskosten: 1.5 %)	8 200 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	7.0 Rp/kWh	
Biogasanteil		0 kWh/a	12.0 Rp/kWh	
Holzpellets		0 kWh/a	8.9 Rp/kWh	
Hackschnitzel		560 288 kWh/a	5.7 Rp/kWh	31 940 Fr.
		0 kWh/a		
		0 kWh/a		
Total				35 440 Fr.

Total der jährlichen Kosten

Progr. vorschlag Betrachtungsdauer 30 Jahre

Betrachtungsdauer* für Berechnung:

15 Jahre

Option: Eingabe Betrachtungsdauer:

15 Jahre

	Kostensteigerung (real)	Mittelwert-faktoren	Heutige jährl. Kosten	Mittl. jährliche Kosten über die Betrachtungsdauer
Kapitalkosten	---	---	31 300 Fr.	31 300 Fr.
W+B und UH-Kosten	1.0 %	1.078	8 200 Fr.	8 840 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	31 940 Fr.	33 160 Fr.
0.0 %	0.0 %			
0.0 %	0.0 %			
Betriebskosten	(W+B-, UH- und Energiekosten)		43 640 Fr.	45 780 Fr.
TOTAL	(Kapital- + Betriebskosten)		74 940 Fr.	77 080 Fr.