

ANDY WICKART

Haustechnik AG

Ingenieurbüro für Energie- & Haustechnik
Heizung – Lüftung – Sanitär – Energie



WIRTSCHAFTLICHKEIT WÄRMEERZEUGER



G E M E I N D E
W O L L E R A U



BEZIRK HÖFE

energie
ausserschwyz

Liegenschaft:

Ersatzbau MZH Riedmatt, CH – 8832 Wollerau

Berichtverfasser:

*Martin Cavegn
Thomas Wickart*

Auftraggeber:

*Gemeindeverwaltung Wollerau
Liegenschaften
Postfach 335
CH – 8832 Wollerau*

Ort & Datum:

Finstersee, 26. Juli 2021



1 Ausgangslage

- Vergleich** In diesem Kurzbericht werden zwei Varianten der Wärme- und Kälteerzeugung für den Ersatzbau MZH Riedmatt miteinander verglichen:
Fernwärmeanschluss mit Kälteanlage und Erdwärmesonden- Wärmepumpe mit Erdgas Spitzenlastkessel.
- Kostenvergleich** Die geplante Wärmeerzeugeranlage versorgt den Neubau MZH und die Bestandsgebäude der Primar- und Sekundarschule. Da diese wirtschaftliche Betrachtung jedoch nur den Teil des Neubaus MZH betrifft, sind die Kosten der gesamten Wärmeerzeugeranlage mit einem Kostenteiler aufgeteilt.

1.1 Leistungs- und Energiebedarf Schulanlage Riedmatt

- Gebädefakten** In der Tabelle 1 sind die Leistungs- und Energiewerte der gesamten Schulanlage Riedmatt ersichtlich. Die Totale Leistung und Energie ist für die Auslegung der gesamten Wärmeerzeugeranlage verwendet worden. Die Kennwerte des Neubaus MZH sind in der unteren Tabelle grün markiert.
Die verwendeten Leistungs- und Energiewerte des Bestandsbaus stammen aus dem "Energiekonzept & Masterplan", den die AWIAG am 05.12.2019 erstellt hat. Die Bezeichnung des Bestandsbaus " Primarschule und Sekundarschule" stammen ebenfalls aus diesem Bericht.
- Überprüfung Kennzahlen** Die Kennzahlen sind von der Bauherrschaft in Absprache mit den aktuellen Planerfirmen überprüft und bestätigt worden. Gemäss Absprache mit der Bauherrschaft ist für die Bestandsbauten keine Kälteversorgung vorgesehen.

Übersicht

Tabelle 1: Übersicht Leistungs- und Energiebedarf Schulanlage Riedmatt

Gebäude	Heizleistung [kW]	Heizenergie [kWh/a]	Kälteleistung [kW]	Kälteenergie [kWh/a]	Planer
Neubau MZH					Züst AG
Heizung	306	367'000			
BWW	40*	32'000			
Kälte			230	124'200	
Bestand Primarschule					Kannewischer AG, Cham
Heizung und BWW	121	200'000			
Kälte					
Bestand Sekundarschule					Kannewischer AG, Cham
Heizung und BWW	273	446'000			
Kälte					
Total	700	1'045'000	230	124'200	
mit Gleichzeitigkeitsfaktor für die Heizung von 0.9 zwischen den Gebäuden	630	1'045'000	230	124'200	

* Die Leistung der Brauchwarmwassererwärmung des Neubaus wird wegen der Gleichzeitigkeit nicht zum Total dazugerechnet.



1.2 Kostenteiler MZH und Bestandsbauten

Betrachtung

In diesem Bericht werden nur die Kosten für den Neubau der MZH betrachtet. Aus technischer Sicht ist eine gesamtheitliche Wärmeerzeugeranlage für Neu- und Bestandsbau geplant. Daher wird die Kostenteilung durch einen Kostenteiler abhängig von der Leistung- und Energiemenge gelöst. Die anteilmässige Aufteilung ist in der Abbildung 1 dargestellt. Die Kosten für die Kälteerzeugung müssen zu 100 % vom Neubau MZH getragen werden, da nur der Neubau MZH Kälteenergie benötigt.

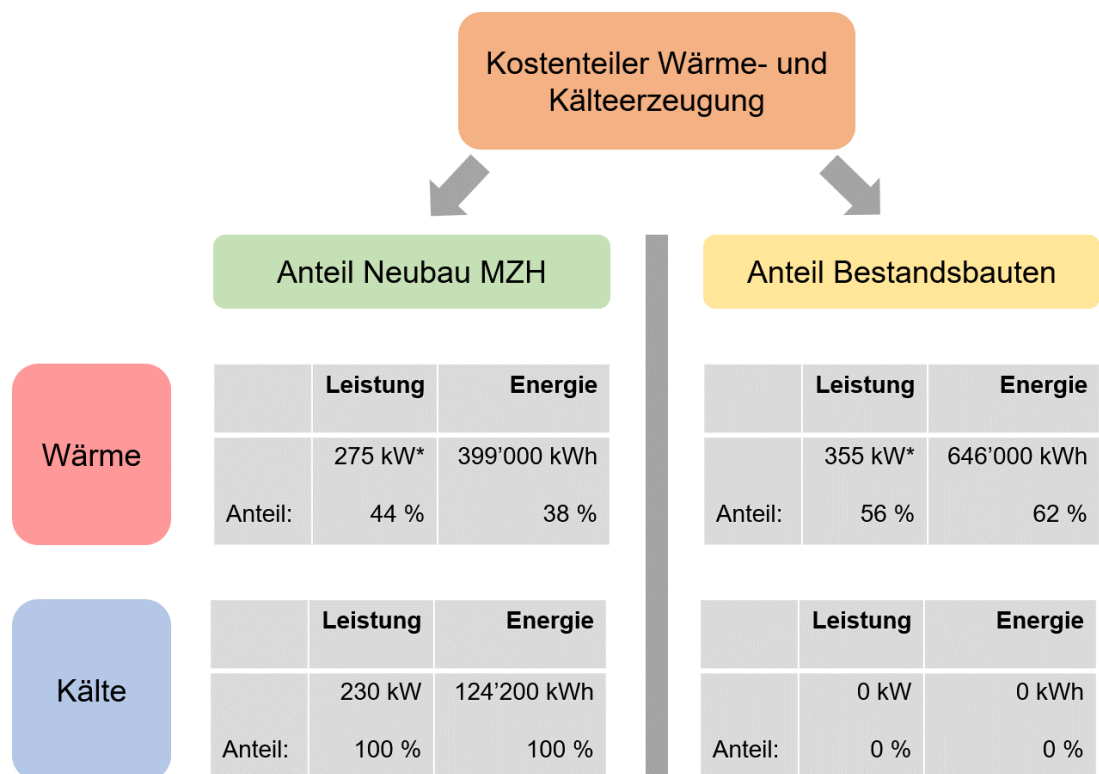


Abbildung 1: Kostenteiler der Wärme- und Kälteerzeugung nach Leistung- und Energie

* Die Leistungswerte in der oberen Tabelle sind mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0.9 multipliziert worden. Daher reduziert sich die Leistung beim Neubau MZH von 306 kW * 0.9 auf **275 kW** und beim Bestandsbau von (121+273 kW) * 0.9 auf **355 kW**.



1.3 Kosten Fernwärmeanschluss

Quelle Die Kosten für den Fernwärmeanschluss stammen aus dem aktuellen Vorvertrag der Energie Ausserschwyz. In der unteren Tabelle sind die einzelnen Kosten und Abzüge anteilmässig für den Teil des Neubaus MZH ersichtlich.

Übersicht *Tabelle 2: Kosten Fernwärmeanschluss (Anteil Neubau MZH)*

Bezeichnung		Total
Einmaliger Investitionsbeitrag	380 CHF/kW	104'500 CHF
10% Kundenrabatt auf Investitionskosten (Vollanschluss)		-10'400 CHF
Förderbeiträge Kanton SZ (4'000 CHF + 200 CHF/kW)		-56'750 CHF
Investitionsbeitrag mit Abzügen		37'350 CHF
Grundpreis pro Jahr	38 CHF/(kW _{Anschlussleistung} *a)	10'450 CHF/a
Energiepreis	8.3 Rp./kWh	33'120 CHF/a

1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Vorgaben Alle Abschreibungen der Anlagen werden auf **25 Jahre** festgesetzt. Damit ergibt sich eine Amortisation von **4 %** pro Jahr. Es wird mit einem Zins von **1 %** gerechnet. Diese Betrachtung entspricht dem kantonalen Finanzhaushaltungsgesetz. Der Vergleich soll die Kosten der beiden Varianten gegenüberstellen, um die Wirtschaftlichkeit der Varianten aufzuzeigen.



2 Vergleich der beiden Wärmeerzeugervarianten

Schema In den folgenden Abbildungen sind die beiden Wärmeerzeugervarianten schematisch dargestellt.

2.1 Erdwärmesonden- Wärmepumpe mit Erdgas Spitzenlastkessel

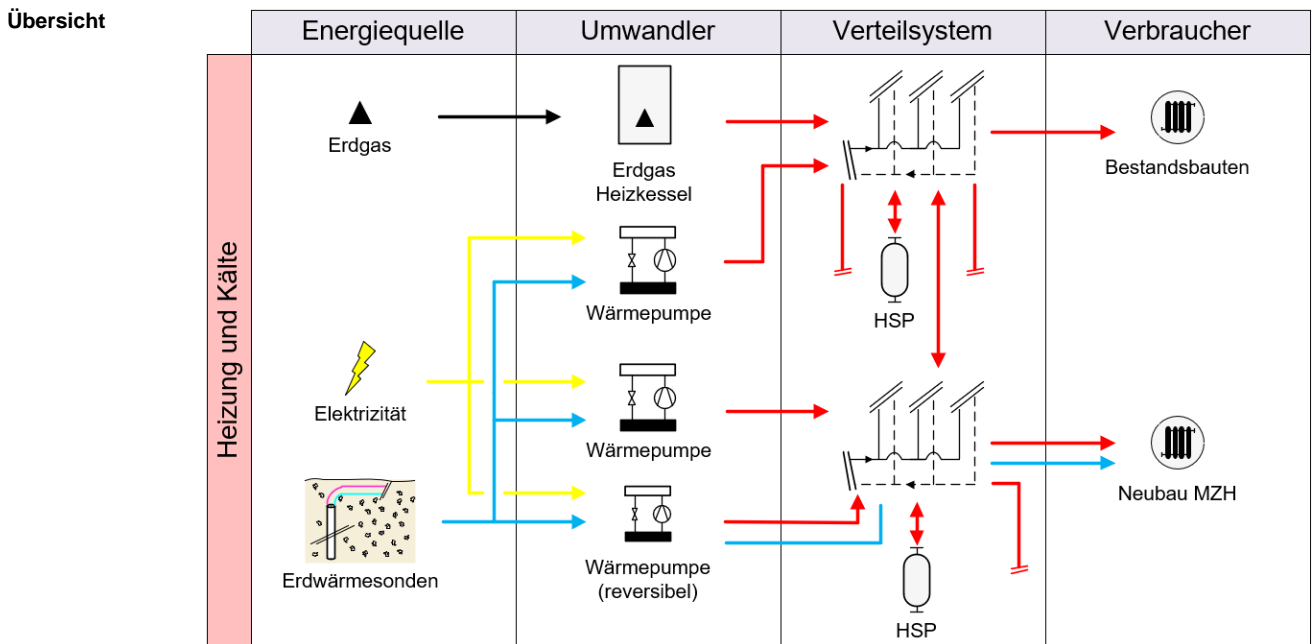


Abbildung 2: EWS- WP + Gas Spitzenlast

2.2 Fernwärmeanschluss ab Energie Ausserschwyz + Kälteanlage

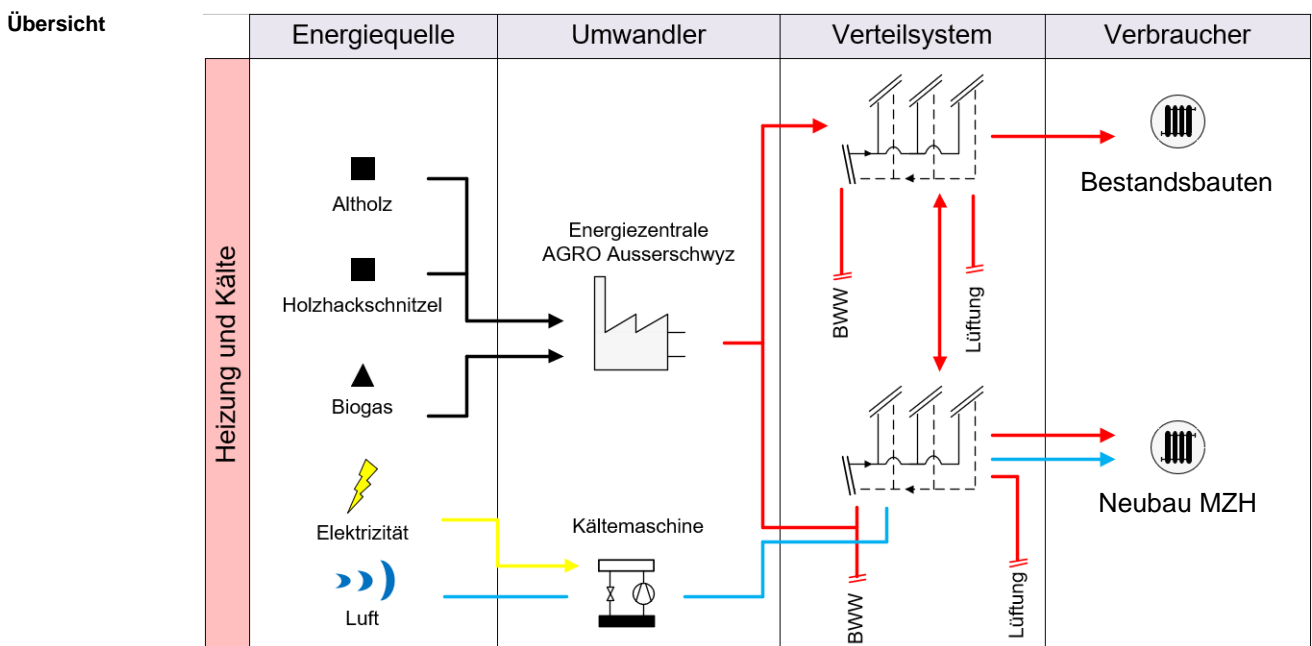


Abbildung 3: FW- Anschluss Energie Ausserschwyz



3 Auswertung – Betrachtungszeitraum: 25 Jahre

Vergleich In den folgenden Unterkapiteln werden die unterschiedlichen Varianten miteinander verglichen. Dabei werden die Kosten und der CO₂- Ausstoss der beiden Varianten miteinander verglichen.

3.1 Kostenaufteilung

Kosten In der Abbildung 4 sind die Jahres- & Energiekosten für den Neubau MZH der beiden Varianten dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Kapitalkosten der Variante Erdwärmesonde mit Gas- Spitzenlastdeckung deutlich höher sind als bei der Variante Fernwärme mit Kälteanlage. Die Energiekosten sind jedoch bei der Variante Fernwärme mit Kälteanlage höher. Die Wartungskosten beider Varianten sind im Vergleich zu den anderen Kosten gering. Gesamthaft weist die Variante Fernwärme mit Kälteanlage niedrigere jährliche Kosten auf.

Gestehungskosten Die Gestehungskosten beider Varianten sind im Diagramm als Punkte dargestellt. Diese Kosten ergeben sich aus den durchschnittlichen jährlichen Kosten dividiert durch die jährlich erzeugte Wärme- und Kälteenergie (Nutzenergie) in kWh. Der Betrachtungszeitraum beträgt dabei 25 Jahre. Die Wirtschaftlichkeit der Wärmeerzeugervarianten kann anhand dieser Kennzahl sehr gut verglichen werden. Es wird klar, dass die Variante Fernwärme mit Kälteanlage wirtschaftlicher ist. Die Gestehungskosten der Variante Fernwärme mit Kälteanlage sind für den Neubau MZH rund 2.4 Rp./kWh tiefer als die der Variante Erdwärmesonden- Wärmepumpe + Gas- Spitzenlast.

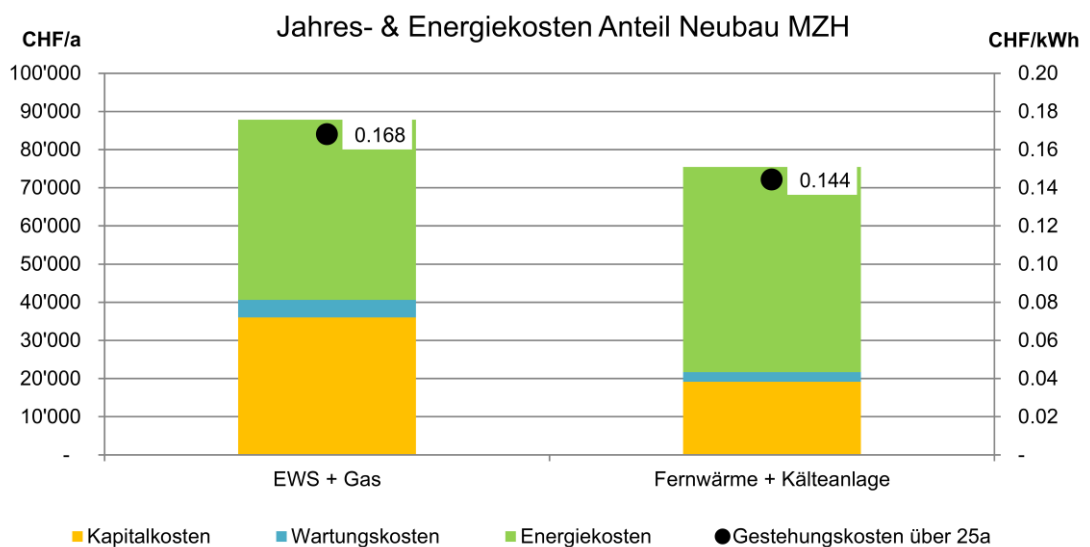


Abbildung 4: Vergleich Jahres- und Energiekosten (Anteil Neubau MZH)

Quelle Die detaillierte Auflistung der Kosten ist auf den Seiten 8 bis 11 ersichtlich.



3.2 Zeitlicher Verlauf der Kosten

Kosten In der Abbildung 5 ist der zeitliche Verlauf der Kosten dargestellt. Zu Beginn sind die Investitionskosten (Anteil Neubau MZH) der beiden Varianten ersichtlich. Bei der Variante Fernwärme mit Kälteanlage macht die Kälteanlage einen Grossteil der Investitionskosten aus. Die Zinskosten (1% über 25 Jahre) sind linear auf die Laufzeit von 25 Jahren verteilt.

Im weiteren zeitlichen Verlauf sind die laufenden Kosten (Energie-, Wartungs- und Reinvestitionskosten) dazugerechnet. Durch diese Kosten ergeben sich die Steigungen der Kurven.

Stand nach 25 a Nach 25 Jahren ist ersichtlich, dass die Variante Fernwärme mit Kälteanlage immer noch um 167'000 CHF günstiger ist als die Variante Erdwärmesonde + Gas- Spitzenlast.

Weiterer Verlauf Der weitere Verlauf nach 25 Jahren Betriebszeit ist ebenfalls in der Abbildung 5 ersichtlich. Dabei wurden weiterhin dieselben laufenden Kosten verwendet. Durch die Unsicherheit der Energiepreise (Strom, Gas, Fernwärme) ist eine Prognose für diesen Zeithorizont jedoch ungenau. Der Verlauf der Kurven kann daher durch eine Energiepreisänderung vom aktuellen Verlauf abweichen.

Verlauf

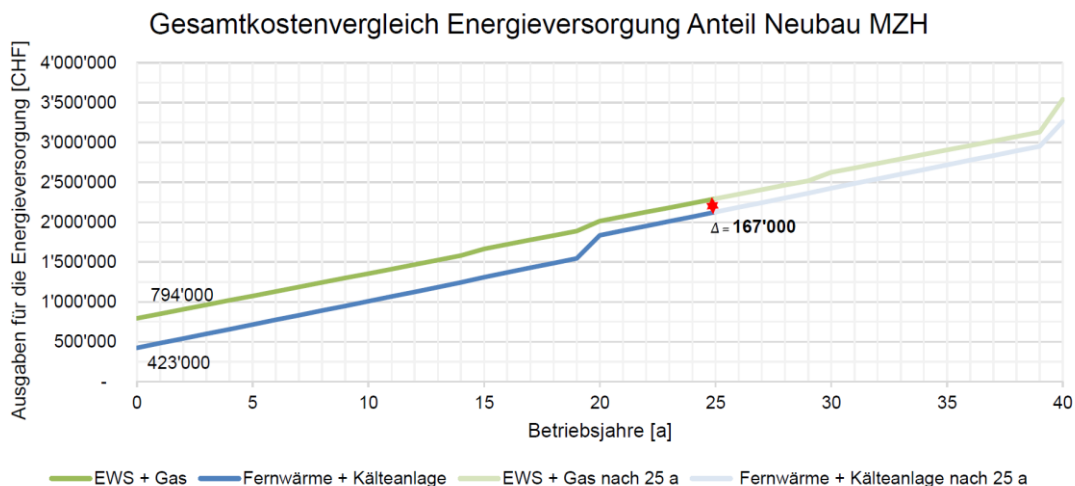


Abbildung 5: Gesamtkostenvergleich Energieversorgung (Anteil Neubau MZH)

Kosten Die jährlichen Kosten sowie die Kapitalkosten der beiden Varianten sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Übersicht

Tabelle 3: Kosten der Wärme- und Kälteerzeugungsvarianten

	Erdwärmesonden- WP + Gas Spitzenlast	Fernwärme + Kälteanlage Energie Ausserschwyz
Investitionskosten	794'000 CHF	423'000 CHF
Jährliche Zinskosten der Investitionskosten (1% über 25 a)	4'320 CHF	2'280 CHF
Jährliche Wartungskosten	4'600 CHF	2'500 CHF
Jährliche Energiekosten	47'231 CHF	53'749 CHF
Reinvest nach 15 a	28'371 CHF	9'680 CHF
Reinvest nach 20 a	68'534 CHF	231'457 CHF
Gesamtkosten nach 25 a	2'295'000 CHF	2'128'000 CHF



3.3 CO₂- Emissionen

**Berechnungs-
methode** Um die jährlichen CO₂- Emissionen der beiden Varianten zu vergleichen, werden die genutzten Energieressourcen mit den entsprechenden CO₂- Äquivalenten berechnet. Dabei werden für die unterschiedlichen Energieträger Strom erneuerbar, Erdgas und Fernwärme die Kennwerte aus der Tabelle 4 verwendet. Die Werte stammen aus den Ökobilanzdaten im Baubereich 2009/1:2016.¹

Kennwerte *Tabelle 4: Kennzahlen CO₂- Ausstoss nach Energieträger, Quelle: KBOB Ökobilanzdaten im Baubereich*

Energieträger	CO ₂ - Äquivalente / kWh
Strom erneuerbar	0.015 kg CO ₂ - eq / kWh
Erdgas	0.249 kg CO ₂ - eq / kWh
Fernwärme Energie Ausserschwyz	0.026 kg CO ₂ - eq / kWh

Vergleich In der Abbildung 6 sind die CO₂- Emissionen der beiden Varianten in Äquivalenten dargestellt. In der Darstellung sind nur die Emissionen des Neubaus MZH dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass die Variante Fernwärme mit Kälteanlage rund **21%** weniger Emissionen verursacht. Jährlich werden durch die Variante Fernwärme mit Kälteanlage rund 3 Tonnen CO₂- Äquivalente eingespart.

Diagramm

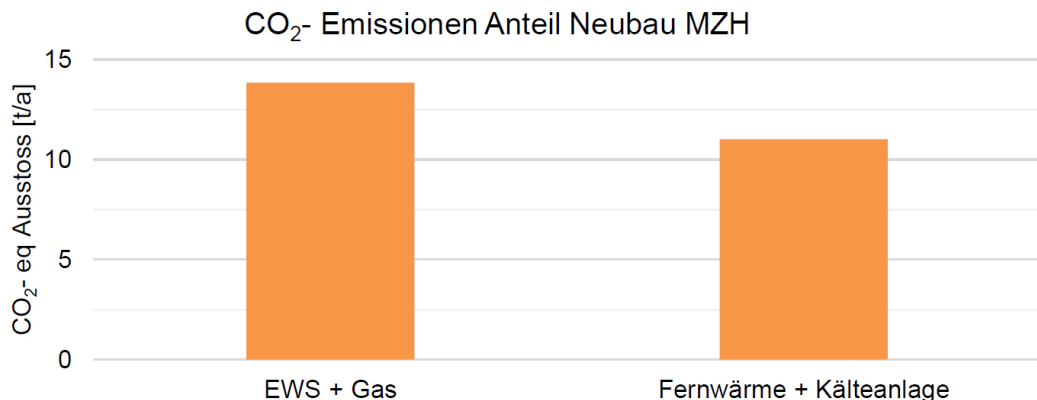


Abbildung 6: CO₂-eq Emissionen (Anteil Neubau MZH)

¹ Quelle: https://www.kbob.admin.ch/kbob/de/home/themen-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html



4 Anhang

Kostenübersicht In den folgenden Unterkapiteln sind die einzelnen Kosten, die für die Berechnung verwendet worden sind, ersichtlich. Die Kosten und Energiekennzahlen sind anteilsmässig auf den Neubau MZH angepasst.

4.1 Detaillierte Kosten Variante Erdwärmesonden- Wärmepumpe + Gas 25 a

Kapitalkosten
Reinvest

Wirtschaftlichkeitsberechnung - Wärmeerzeugung

Variante - EWS + Gas Spitzenlast

Phasengerechte Kostenangabe +/-25%

exkl. MwSt

Grundeingaben

Kapitalzins i [%]	Durchschnittliche Nutzungsdauer a [a]
1.0%	25.0

Eingabefelder

Kapitalkosten

	Investitions-kosten I [Fr.]	Amortisations-zeit n [a]	Annuitätsfaktor a [%]
EWS Anteil MZH (5'500m) (COP=4, 30W/m)	440'000	25	4.54%
EWS-Sammler und Leitungen	17'600	25	4.54%
Wärmepumpe Anteil MZH (207 kW)	140'800	25	4.54%
Verteilung	6'600	25	4.54%
Expansionsanlage	3'960	25	4.54%
Energiespeicher (2x4'000l)	5'280	25	4.54%
demineralisiertes Heizungswasser	5'000	25	4.54%
Kältenutzung (Geocooling)	65'000	25	4.54%
Gaskessel revision/Anpassungen	15'400	25	4.54%
Kamin revision	3'520	25	4.54%
MSRL & Feldgeräte	22'000	25	4.54%
Apparate und Armaturen	10'120	25	4.54%
Leitungen	8'800	25	4.54%
Dämmungen	7'040	25	4.54%
Elektroarbeiten (exkl. EW-Anschluss)	13'200	25	4.54%
Transport & Montagearbeiten	24'640	25	4.54%
Inbetriebnahme	1'760	25	4.54%
Demontagearbeiten & Entsorgung	3'080	25	4.54%
Total Investitionen exkl. MwSt.	793'800		

Jährliche Kapitalkosten K [Fr./a]
-19'979
-799
-6'393
-300
-180
-240
-227
-2'951
-699
-160
-999
-460
-400
-320
-599
-1'119
-80
-140
-36'044

Kapitalkosten auf 25 a
Jährliche Zinskosten

-902'000
4'328

Reinvest

	Investitions-kosten I [Fr.]	Lebensdauer n [a]
Wärmepumpe (Ersatz)	61'952	20
Verteilung (Revision)	1'452	30
Expansionsanlage (Ersatz)	1'742	15
Energiespeicher (2x4'000l) (Revision)	1'162	30
Erneuerung Heizungswasser	2'200	30
Kältenutzung (Geocooling) (Revision)	32'500	30
Gaskessel (Ersatz)	15'400	15
Kamin (Revision)	1'549	15
MSRL & Feldgeräte (Ersatz)	9'680	15
Apparate und Armaturen (Ersatz)	4'453	20
Leitungen (Revision)	1'936	30
Dämmungen (Revision)	1'549	30
Elektroarbeiten (Revision)	2'904	30
Transport & Montagearbeiten	5'421	30
Inbetriebnahme	774	20
Demontagearbeiten & Entsorgung	1'355	20
Total Reinvestitionen exkl. MwSt.	146'029	

ANDY WICKART

Haustechnik AG

Ingenieurbüro für Energie- & Haustechnik
Heizung – Lüftung – Sanitär – Energie



Wartung Energiekosten

Variante - EWS + Gas Spitzenlast

Phasengerechte Kostenangabe +/-25%

Wartungs- & Servicekosten		Pauschal [Fr.]	mittlere Wartungskosten [Fr./a]
Unterhalt		2'000	-2'000
Service		1'800	-1'800
Kaminfeger		800	-800
			-4'600

Energieeinkaufskosten	Energiepreis im Jahre 0 [Fr./kWh], [Fr./Mt.], [Fr./kW], [Fr./m]	Menge / Energiemenge [kWh],[kW], [Mt.],[m3]	Kosten- steigerung [%]	Energiekosten [Fr./a]	Mittelwertfaktor [-]	mittlere Energiekosten [Fr./a]
Strom						
Elektrische Energie - WP	0.1710	129'850	0%	-22'201	1.00	-22'201
Grundpreis	4.0	12	0%	-48	1.00	-48
Leistungspreis	120.0	163	0%	-19'600	1.00	-19'600
Gas						
Gaspreis	0.0687	44'211	2.5%	-3'037.26	1.38	-4'200
Grundpreis	20.0000	12	0.0%	-240	1.00	-240
Leistungspreis	0	350	0.0%	-	1.00	-
CO ₂ -Abgaben	0.0176	44'211	1.5%	-778.11	1.21	-942
						-47'231

Berechnungsgrundlagen:

Wärmenergie	399'000 kWh/a	Systemverluste	5%
Wärmeerzeugung kWtherm.	420'000 kWh/a	Wärmepumpen Anteil	90%
Wärme WP (90%)	378'000 kWh/a	JAZ Wärmepumpe	4.00 [-]
Stromverbrauch WP	94'500 kWh/a		
Wärme Gaskessel (10%)	42'000 kWh/a	Wirkungsgrad Kessel	95%
Energie aus Gas	44'211 kWh/a		
Stromverbrauch Pumpen, etc.	25'000 kWh/a		
Kühlbedarf	124'200 kWh/a	Anteil FreeCooling	50%
FreeCooling	62'100 kWh/a		
AktivCooling	62'100 kWh/a	EES	6.00
Stromkosten für Kühlung	10'350 kWh/a		
			Jahreskosten -87'875

Energiepreise Einkauf / Entsorgung

-Strom		Preis	Einheit	HT-NT-Mixpreis	
Strom Hochtraif EWH		0.1806	[Fr./kWh]	0.1710 [Fr./kWh d]	inkl. sämtl. Abgaben
Strom Niedertarif EWH		0.1596	[Fr./kWh]		
Grundpreis Elektrische Energie		4.00	[Fr./Mt.]		
Leistungspreis		10.00	[Fr./kW Mt.]		
- Gas		Preis	Einheit		
Arbeitspreis		0.0863	[Fr./kWh]		inkl. CO2 Abgaben
Grundpreis		20	[Fr./Mt.]		
Leistungspreis		6.60	[Fr./kW]		

Gestehungskosten	Nutzenergie [kWh/a]	steigerung [%]	Jahreskosten [Fr./a]	Wärmetarif [Fr./kWh]	Mittelwertfaktor [-]	Wärmetarif [Fr./kWh]
spez. Energiekosten pro kWh (Nutzenergie)	523'200	0%	87'875	0.168	1.00	0.168
						0.168



4.2 Detaillierte Kosten Variante Fernwärme Energie Ausserschwyz mit Kälteanlage

Kapitalkosten Reinvest

Variante - Fernwärme Energie Ausserschwyz 25a

Phasengerechte Kostenangabe +/-25%
exkl. MwSt

Grundeingaben

Kapitalzins	Durchschnittliche Nutzungsdauer
i	a
[%]	[a]
1.0%	25

Kapitalkosten

	Investitions-kosten I [Fr.]	Amortisationszeit n [a]	Annuitätsfaktor a [%]
Anschlusskosten Anteil MZH 275 kW (-Kundenrabatt -Förderbeitrag Kanton)	37'350	25	4.54%
Verteilung	6'600	25	4.54%
Expansionsanlage	6'600	25	4.54%
demineralisiertes Heizungswasser	70'000	25	4.54%
Kälteerzeugung (gemäss Züst AG)	140'000	25	4.54%
Lärmschutzvorkehrungen	100'000	25	4.54%
MSRL & Regulierung	22'000	25	4.54%
Apparate & Armaturen	10'120	25	4.54%
Leitungen	8'800	25	4.54%
Dämmungen	7'040	25	4.54%
Elektroarbeiten (exkl. EW-Anschluss)	5'280	25	4.54%
Transport & Montage	3'520	25	4.54%
Inbetriebnahme	880	25	4.54%
Demontage & Entsorgung	4'400	25	4.54%
Total Investitionen exkl. MwSt.	422'590		

Eingabefelder

Jährliche Kapitalkosten K [Fr./a]
-1'696
-300
-300
-3'178
-6'357
-4'541
-999
-460
-400
-320
-240
-160
-40
-200
-19'188

Kapitalkosten auf 25 a
Jährliche Zinskosten

-480'000

2'296

Reinvest

	Investitions-kosten I [Fr.]	Lebensdauer n [a]
Verteilung (Revision)	1'452	20
Expansionsanlage	2'904	20
Erneuerung Heizungswasser	30'800	20
Kälteerzeugung (Ersatz)	140'000	20
Lärmschutzvorkehrungen	50'000	20
MSRL & Feldgeräte (Ersatz)	9'680	15
Apparate und Armaturen (Ersatz)	4'453	20
Leitungen (Revision)	1'936	30
Dämmungen (Revision)	1'549	30
Elektroarbeiten (Revision)	1'162	30
Transport & Montage	774	30
Inbetriebnahme	880	20
Demontage & Entsorgung	968	20
Total Reinvestitionen exkl. MwSt.	246'558	

ANDY WICKART

Haustechnik AG

Ingenieurbüro für Energie- & Haustechnik
Heizung – Lüftung – Sanitär – Energie



Wartung Energiekosten

Wartungs- & Servicekosten	
	Pauschal
Unterhalt	1'000
Service	1'500

Variante - Fernwärme Energie Ausserschwyz 25a

mittlere Wartungskosten [Fr./a]	
	-1'000
	-1'500
	-2'500

Energieeinkaufskosten	Energiepreis im Jahre 0 [Fr./kWh], [Fr./Mt.], [Fr./kW], [Fr./m3]	Menge / Energie menge [kWh],[kW], [Mt.],[m3]	Kosten- steigerung [%]	Energiekosten [Fr./a]	Mittelwertfaktor [-]	mittlere Energiekosten [Fr./a]
Fernwärme						
Arbeitspreis Fernwärme	0.0830	411'340	0%	-34'141	1.00	-34'141
Grundpreis Fernwärme / Jahr	10'450					-10'450
Elektrische Energie	0.1257	30'000	0%	-3'771	1.00	-3'771
Strom						
Elektrische Energie - WP	0.1710	20'700	0%	-3'539	1.00	-3'539
Grundpreis	4.0	12	0%	-48	1.00	-48
Leistungspreis	120.0	15	0%	-1'800	1.00	-1'800
						-53'749

Berechnungsgrundlagen:

Wärmeenergie	399'000	kWh/a
Wärmeerzeugung kWtherm.	411'340	kWh/a

Kühlbedarf	124'200	kWh/a
FreeCooling	-	kWh/a
AktivCooling	124'200	kWh/a
Stromkosten für Kühlung	20'700	kWh/a

Energiepreise Einkauf / Entsorgung

	Einheit
Arbeitspreis Fernwärme	0.0830 [CHF/kWh]
Grundpreis Fernwärme / Jahr	38.00 [CHF/kW]
-Strom	Preis Einheit
Strom Hochtraif EWH	0.1806 [Fr./kWh]
Strom Niedertarif EWH	0.1596 [Fr./kWh]
Grundpreis Elektrische Energie	4.00 [Fr./Mt.]
Leistungspreis	10.00 [Fr./kWMT.]

Systemverluste (inkl. Wirkungsgrade)	3%
--------------------------------------	----

Anteil FreeCooling	0%
--------------------	----

EES	6.00
-----	------

Jahreskosten	-75'438
---------------------	----------------

HT-NT-Mixpreis	0.1710 [Fr./kWh d]	inkl. sämtl. Abgaben
----------------	--------------------	----------------------

Gestehungskosten	Nutzenergie [kWh/a]	Kosten- steigerung [%]	Jahreskosten [Fr./a]	Wärmetarif [Fr./kWh]	Mittelwertfaktor [-]	[Fr./kWh]
spez. Energiekosten pro kWh (Nutzenergie)	523'200	0%	75'438	0.144	1.00	0.144
						0.144