

Sekundarschulhaus Freiestrasse Uster

Variantenvergleich Wärmeerzeugung

Bericht



Objekt	Sekundarschulhaus Freiestrasse 20 8610 Uster
Auftraggeber	Sekundarstufe Uster Ressort Liegenschaften Frau Annett Krassnitzer Poststrasse 13 8610 Uster annett.krassnitzer@sekuster.ch, 044 944 73 41
Projektnummer	1363
Berater	Sustech GmbH, Lilian Humbel humbel@sustech.ch, 044 940 74 54
Version / Datum	1.0 / 25.8.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Ausgangslage und Zielsetzung	3
1.2	Zusammenfassung	4
2	IST-Zustand Heizungsanlage	5
2.1	Wärmeerzeuger	7
2.2	Wärmeverteilung	7
2.3	Wärmeabgabe	7
3	Neukonzeption Heizungsanlage	8
3.1	Heizleistungsbedarf Neu	8
4	Grundlagen Heizungsersatz	9
4.1	Einbringung Heizungsraum	9
4.2	Abklärungen zu Grundwasser und Erdsonden	9
4.3	Abklärungen zu verfügbarem Stromanschluss	10
5	Vorauswahl der Varianten	11
5.1	Untersuchte Varianten.....	11
5.2	Nicht untersuchte Varianten	11
5.3	Überblick und Beurteilung der Varianten	12
6	Variantenvergleich	13
6.1	Variante 1: „Gasheizung mit Wärmepumpenboiler“	13
6.2	Variante 2 „Pelletheizung“	14
6.3	Variante 3: „Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gasheizung für die Spitzenlast“	16
7	Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit	19
7.1	Berechnungsgrundlagen	19
7.2	Kostenzusammenstellung.....	21
7.3	Ökologische Bewertung	25
8	Bewertung und Empfehlung	26
8.1	Bewertung der Varianten	26
8.2	Empfehlung Wärmeerzeuger	28
8.3	Empfehlung Allgemein	28
9	Photovoltaikanlage	29
9.1	Bewilligung	29
9.2	Zustand Dächer	29
9.3	Dachflächen	29
9.4	Kosten und Ertrag	31
9.5	Empfehlung Photovoltaik	32
10	Weitere Hinweise	33

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Der Auftraggeber möchte Alternativen prüfen bei einem bevorstehenden Heizungsersatz. Dazu soll das bestehende Heiz- und Warmwassersystem beurteilt und mögliche Alternativen aufgezeigt werden.

Das Schulhaus-Areal besteht aus 4 wichtigen Gebäudeteilen:

- Historischer Altbau aus dem Jahre 1886 steht unter Denkmalschutz, ist weitgehend ungedämmt, beinhaltet die bestehende Gas-Heizzentrale (2-Stoff-Brenner mit Öl für Spitzenlast) und den Öltank.
- neuer Schulhastrakt mit Turnhalle von 1998/1999, beinhaltet Unterstation. Auf dem Flachdach gibt es eine thermische Solaranlage
- neue Turnhalle, 2011 erbaut im Minergie-P Standard, mit Erdregister für die Luftvorwärmung

Ziel und Ergebnisse

Der vorliegende Bericht soll zu einem Grundsatzentscheid bezüglich der bevorstehenden Heizungssanierung befähigen. Folgende Ziele werden angestrebt:

- Werterhaltung des bestehenden Gebäudes auf längere Sicht
- Ökologisch und ökonomisch sinnvolles Heizungssystem
- Machbarkeit und Grobkostenschätzung zu Wärmeerzeugungs-Varianten
- Unabhängige Darlegung der Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten

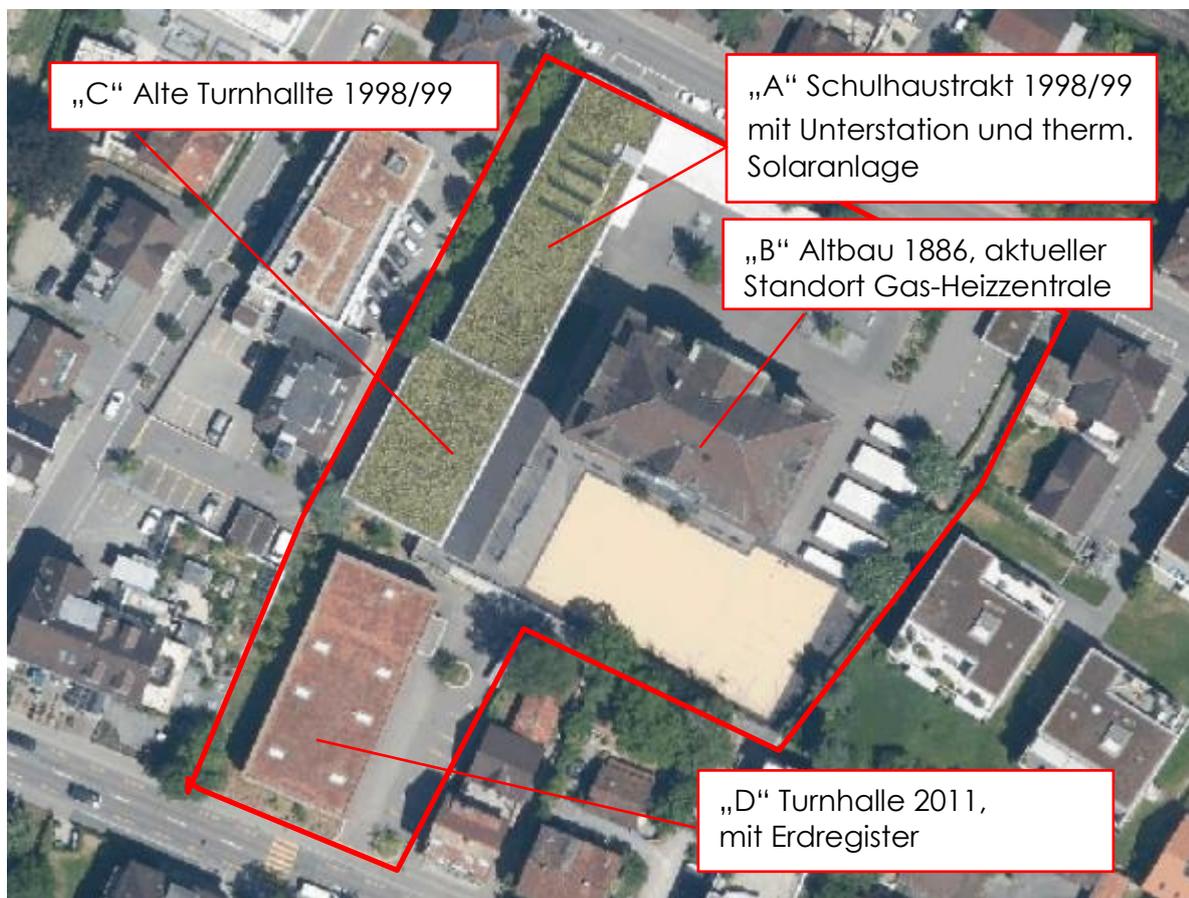


Abbildung 1, Luftbild Schulanlage Freiestrasse

1.2 Zusammenfassung

Zusammen mit der Auftraggeberin wurde während der Begehung bestimmt, welche Heizungssysteme betrachtet werden sollen.

- Variante 1, Gasheizung, WP Boiler für den Altbau
- Variante 2, Pelletheizung
- Variante 3, Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas zur Deckung der Spitzenlast

Der Vergleich der Varianten zeigt, dass die Gestehungskosten über 20 Jahre für eine reine Pelletheizung mit 10.8 Rp./kWh am geringsten sind.

Die Investitionskosten für die Variante 2 „Pelletheizung“ sind mit rund CHF 180'000 dank den grosszügigen Fördergeldern nur geringfügig teurer als für eine Gasheizung mit Wärmepumpenboiler.

Unter Berücksichtigung der aufgezeigten Kriterien sowie im Hinblick auf eine wirtschaftliche und zukunftsfähige Heizungsanlage, empfehlen wir die Zweistoffbrennerheizung durch eine Pelletheizung zu ersetzen.

Diese Variante hat folgende Vorteile:

- Sehr gut für hohe Vorlauftemperaturen geeignet
- Geringe Abhängigkeit vom Ausland
- Räume für Pelletlager mit vertretbarem Aufwand umrüstbar
- Tiefe CO₂- Emissionen und sehr gute Ökobilanz
- Langfristig sinnvolle Investition
- Hohe Förderbeiträge

2 IST-Zustand Heizungsanlage

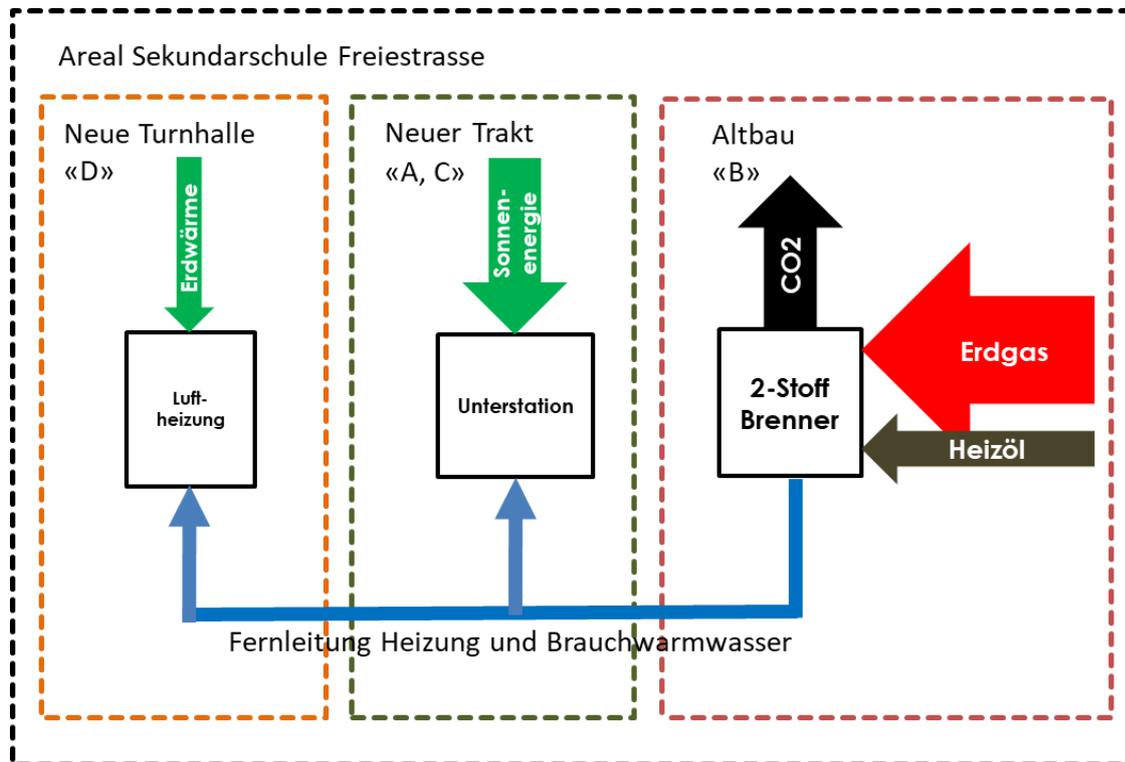


Abbildung 2, Schematische Darstellung IST-Zustand Heizung und Warmwasser

Ort	Bauteil	Baujahr	Beschrieb
Heizzentrale Altbau „B“	Gasheizung	1988	<ul style="list-style-type: none"> 320 kW Elcotherm
	Öltank	1992	<ul style="list-style-type: none"> 10'400 Liter Inhalt
	Brauchwarmwasserspeicher	1998	<ul style="list-style-type: none"> 800 Liter Inhalt Zirkulation
	Wärmeverteilung	1993	<ul style="list-style-type: none"> Radiatoren mit Thermostatventilen Separate Gruppe für Zwischenbau Steuerung alt Fernwärmeleitung zu Trakten A, C und D
Technikraum Neuer Trakt „A“	Unterstation	1998	<ul style="list-style-type: none"> Warmwasserspeicher ca. 2'500 l Inhalt
	Therm. Solaranlage	2011	<ul style="list-style-type: none"> 12 Stk. Flachkollektoren 30 m² Absorberfläche Solarspeicher 3'800 l Inhalt (2'200 l für BWB, 1'600 l für Heizung)
	Wärmeverteilung		<ul style="list-style-type: none"> Radiatoren Bodenheizung Luftvorwärmung (Turnhalle „C“) Fernwärmeleitung
Neue Turnhalle „D“ (Technikraum 2. OG)	Erdregister	2011	<ul style="list-style-type: none"> unter Gebäude verlegt Luftvorwärmung / Kühlung (ohne Wärmepumpe)
	Wärmeverteilung	2011	<ul style="list-style-type: none"> Luftheizung

Tabelle 1, Beschrieb IST-Zustand der Wärmeerzeugung- und Verteilung

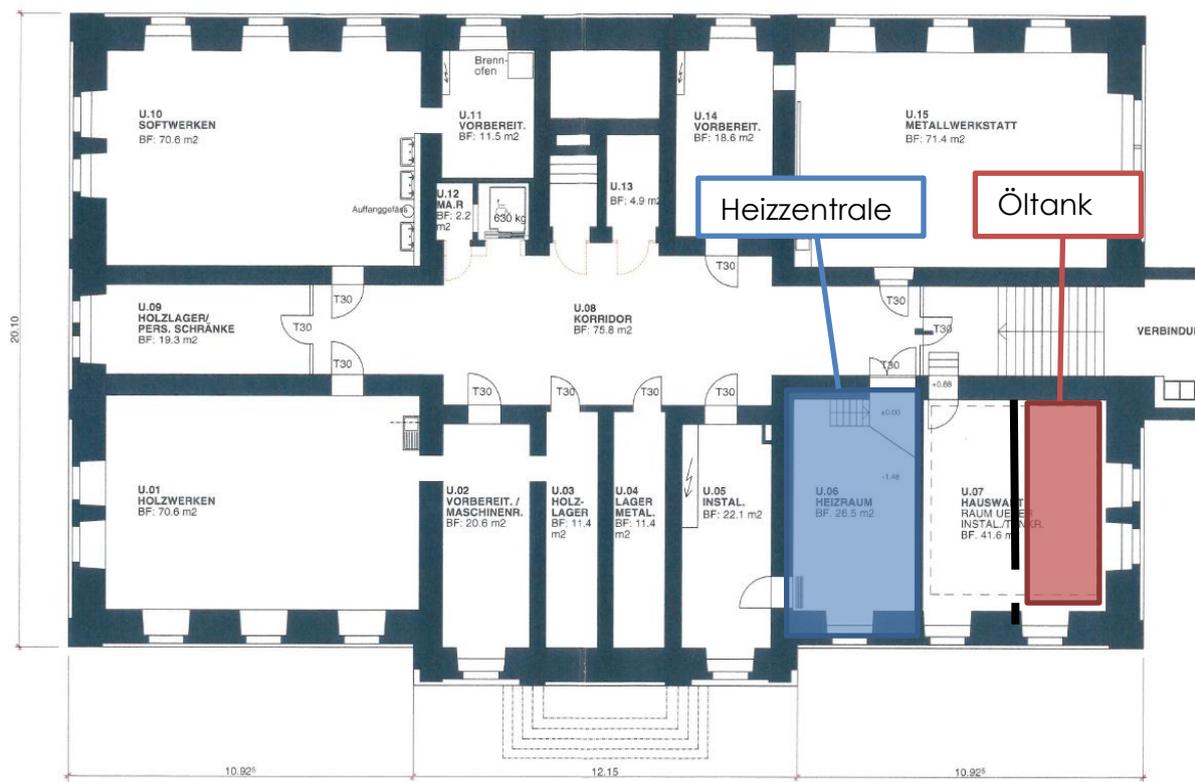


Abbildung 3, Lage der Heizzentrale Im Untergeschoss des Altbaus „B“

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch für die Schulanlage setzt sich wie folgt zusammen. Der grösste Teil des Bedarfs, 93 %, wird durch die Gasheizung gedeckt. Der Gasverbrauch liegt durchschnittlich bei 378'000 kWh/a. Zusätzlich werden ca. 1'800 Liter Heizöl verbraucht (gemäss Tankbüchlein), was etwa 4 % ausmacht.

Die Solaranlage auf dem Dach des Hauses „A“ liefert schätzungsweise durchschnittlich 14'000 kWh/a Warmwasser. Das sind ca. 3 % vom Gesamtverbrauch.

Die Vorwärmung der Luft über das Erdregister der neuen Turnhallt „D“ hat nur einen geringen Einfluss auf die Energiebilanz. Da sie auch weiterhin bestehen bleibt wird der Anteil nicht weiter betrachtet.

Gesamthaff beträgt der Energieverbrauch für die Schulanlage rund 410'000 kWh/a.

Energiequelle	Heizleistung	Energieverbrauch	Anteil
Erdgas	320 kW	378'000 kWh/a	93 %
Heizöl		18'000 kWh/a	4 %
Therm. Solarenergie	12 Kollektoren	14'000 kWh/a	3 %
Vorwärmung Erdregister	-	sehr wenig	sehr klein
		410 '000 kWh/a	100 %

Tabelle 2, Aufteilung der Wärmeverbräuche IST-Zustand; Die Heizleistung, EBF und Verbräuche wurden aus den Unterlagen ermittelt.

2.1 Wärmeerzeuger

Zweistoffbrenner-Heizung

Der bestehende Zweistoffbrenner aus 1988 hat seine Lebensdauer erreicht und muss in den nächsten Jahren ersetzt werden. Hauptsächlich wird die Heizung mit Erdgas betrieben. Zur Deckung der Spitzenlast kann vom Energieversorger auf Öl umgestellt werden. Die Erzeugung erfolgt zentral mit einem 320 kW Heizkessel im Untergeschoss des Altbaus „B“. Im Nebenraum gibt es seit 1998 einen Öltank mit 10'400 Liter Inhalt. Diese Heizung wird als Hauptheizung genutzt und erzeugt Wärme und Brauchwarmwasser auch für Trakte A, C und D. Diese Gebäude werden über eine Fernleitung beliefert.

Thermische Solaranlage

Die thermische Solaranlage wurde 2011 auf dem Dach des Trakts „A“ installiert. Es sind 12 Flachkollektoren mit einer Kollektorfläche von insgesamt 30 m². Die Solaranlage liefert Wärme für das Brauchwarmwasser der Trakte A, C und D und für die Bodenheizung.

Die Begehung unsererseits fand während den Sommerferien statt. Die gesamte Heizungsanlage war komplett ausgeschaltet. Ebenso war der Solarspeicher nicht in Betrieb. Gemäss Soltop AG (Tel. 27.7.2020) ist die Gefahr für Überhitzung der Kollektoren gross, wenn keine Massnahmen getroffen werden (z.B. Kollektoren abdecken oder Rückkühlung). Wir empfehlen mit der Firma Soltop Kontakt aufzunehmen für eine Kontrolle der Anlage und eine Lösung für den Betrieb in den Sommerferien zu finden, welche die Kollektoren schont.

Erdregister

Das Erdregister unter der neuen Turnhalle „D“ wurde 2011 verlegt und wird genutzt, um die Luft der Luftheizung vorzuwärmen bzw. zu kühlen.

2.2 Wärmeverteilung

Die Wärme wird über eine Fernwärmeleitung von der Heizzentrale im Altbau zum Trakt „A, C“ und zur neuen Turnhalle geführt. Im Haus „A“ gibt es eine Unterstation, wo auch ein Brauchwarmwasser- und der Solarspeicher angehängt sind.

Heizgruppen und Regulierung

Die Heizgruppen in der Heizungszentrale im Altbau sind alt. Wir empfehlen die gesamten Gruppen und die Steuerung zu erneuern. Der Zustand der Heizgruppen in der Unterstation ist in Ordnung. Hier ist kein Ersatz notwendig.

2.3 Wärmeabgabe

Im Altbau wird die Wärme über Radiatoren mit Thermostatventilen abgegeben.

In den Trakten „A“ und „C“ gibt es sowohl Radiatoren, Fussbodenheizung als auch eine Luftheizung.

Die neue Turnhalle „D“ wird über eine Luftheizung erwärmt.

3 Neukonzeption Heizungsanlage

3.1 Heizleistungsbedarf Neu

Die neue Heizungsanlage soll so ausgelegt werden, dass die der gesamte Energieverbrauch der Schulanlage inkl. Wärme aus Solarthermie abdecken kann. (Falls die Anlage innerhalb der Lebensdauer der neuen Heizung ausfällt).

Aus der Energiemenge der Wärmeerzeugung kann der effektive Gesamtleistungsbedarf abgeleitet werden. Ein neues Heizsystem kann effizienter betrieben werden als das bestehende aus dem Jahr 1988. Wir rechnen mit einer Effizienzsteigerung von rund 10 %.

Energieverbrauch bisher -10 % = Nutzenergie
 410'000 kWh/a - 40'000 kWh/a = 370'000 kWh/a

Berechnung Heizleistung Verbrennerheizung inkl. Brauchwarmwasser		
Vollaststunden	1'900	h
Mittelwert Energiebedarf (mit BWW)	370'000	kWh/a
Heizleistung	194.7	kW
Reserve	10%	-
Heizleistung Verbrennerheizung mit Reserve	214	kW

Tabelle 3, Heizleistung NEU, für Verbrennungsheizungen (Öl, Gas, Pellet)

Berechnung Heizleistung Wärmepumpe inkl. Brauchwarmwasser		
Vollaststunden	1'900	h
Mittelwert Energiebedarf (ohne BWW)	370'000	kWh/a
Zuschlag für 4h Sperrung WP (Faktor 1.2)	1.20	-
Heizleistung inkl. Sperrung	233.7	kW
Reserve	10%	-
Heizleistung Wärmepumpe mit Reserve	257	kW

Tabelle 4, Heizleistung NEU für Wärmepumpe

Die oben aufgeführten Leistungen sind abgeschätzt und dienen im vorliegenden Bericht zur Einschätzung und Beurteilung der möglichen Wärmeerzeugungsvarianten. Eine Reserve von 10 % ist eingerechnet, es handelt sich um eine erste Abschätzung.

Bei Ausführung einer Variante muss die Heizleistung nochmal genau überprüft werden.

4 Grundlagen Heizungsersatz

4.1 Einbringung Heizungsraum

Der Heizungsraum im UG des Altbaus „B“ hat eine Raumhöhe von 4.8 m. Das Einbringen der neuen Geräte und Wegtragen der alten wird jedoch eine Herausforderung darstellen. Die Türen zum Raum sind schmal und es müssen mehrere Treppen überwunden werden.

4.2 Abklärungen zu Grundwasser und Erdsonden

Die Schulanlage an der Freiestrasse liegt im Bereich eines Schotter-Grundwasservorkommens. Die Nutzung des Grundwassers zu Wärmezwecken ist grundsätzlich zulässig (ab einer Kälteleistung von 50 kW). Die Grundwassermächtigkeit ist jedoch kleiner als 2 Meter, was die Grundwasser zur Wärmenutzung ausschliesst.

Erdwärmesonden dürfen grundsätzlich gebohrt werden, sind jedoch in der Tiefe auf rund **70-80 m** beschränkt.



Abbildung 4, Auszug Wärmenutzungsatlas GIS ZH

Gebiet gemäss Grundwasserkarte	Gewässerschutzbereich, Grundwasserschutzzone	Zone	Erdwärmesonden	Grundwasser-Wärmenutzung	
Schotter-Grundwasservorkommen, geeignet für Trinkwassergewinnung	S	A	-	-	- nicht zulässig
	Au	B	-	+(e)	+ grundsätzlich zulässig
Schotter-Grundwasservorkommen, ungeeignet für Trinkwassergewinnung	Au	C	+(c)	+(f)	c I.d.R. mit Auflagen zum Schutz des Grundwasserleiters (z.B. Verrohrung, Abdichtung, Tiefenbegrenzung)
	i.d.R. Au	D	+	+(f)	<input type="checkbox"/> Keine speziellen Auflagen <input checked="" type="checkbox"/> Spezielle Auflagen für Erdwärmesonden <input checked="" type="checkbox"/> Erdwärmesonden aus speziellen hydrogeologischen Gründen nicht zulässig (z.B. artesisch gespannte Grundwasservorkommen, Mineralwasserquellen)
Quellwassergebiete geeignet für Trinkwassergewinnung	Au	E	+(c)	+(e)	
Ausserhalb nutzbarer Grundwasservorkommen	i.d.R. üB	F	+	+(g)	<input checked="" type="checkbox"/> Erdwärmesonden (mit Bohrprofil) <input checked="" type="checkbox"/> Erdwärmesonden (ohne Bohrprofil)

Abbildung 5, Legende Wärmenutzungsatlas

4.3 Abklärungen zu verfügbarem Stromanschluss

Für den Anschluss einer neuen Wärmepumpe muss auf dem Areal die entsprechende Stromstärke / Leistung zur Verfügung stehen. Diese ist durch das bestehende Anschlusskabel gegeben.

Auf dem Schulareal gibt es ein Hausanschlusskasten (HAK). Die Gebäude „B“ und „D“ werden von dieser Zuleitung unterverteilt.

Stromanschluss	
Absicherung HAK Trakt „A“	200 A
Absicherung Unterverteilung Altbau „B“	80 A
Absicherung Unterverteilung Turnhalle neu „D“	unbekannt

Tabelle 5, Leistung Strombezug

Der bestehende Stromanschluss muss überprüft werden.

5 Vorauswahl der Varianten

5.1 Untersuchte Varianten

Variante 1: „Gasheizung mit WP-Boiler“

Die bestehende 2-Stoffbrenner-Heizung wird durch eine reine Gasheizung ersetzt. Es wird auf den 2-Stoff Betrieb verzichtet und eine reine Gasheizung installiert.

Variante 2: „Pelletheizung“

Die bestehende Gasheizung wird durch eine Pelletheizung ersetzt. Der Öltank wird entfernt. Der Tankraum und der Werkzeugraum daneben werden zu einem Pelletlager umgebaut.

Variante 3: „Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gasheizung für die Spitzenlast“

Die bestehende Gasheizung wird durch eine Luft-Wasser Wärmepumpe ersetzt, welche rund 80% des Bedarfs decken kann. Zur Deckung der Spitzenlast wird eine neue Gasheizung eingesetzt.

Bei Allen Varianten werden die Solaranlage zur Brauchwarmwassergewinnung und die Vorwärmung über das Erdregister weiter betrieben.

5.2 Nicht untersuchte Varianten

Variante 4: „Wärmepumpe mit Erdsonden“

Aufgrund der Bohrtiefenbeschränkung auf dem Areal von 70- 80 m, ist es nicht möglich den Energiebedarf über Erdsonden zu decken. Auf dem Areal steht nicht genügend Platz zur Verfügung. Ausserdem wären die Kosten für ein solches Erdsondenfeld unverhältnismässig hoch. Deshalb wird diese Variante nicht weiter betrachtet.

Variante 5: „Grundwasser-Wärmenutzung“

Die Grundwassermächtigkeit unter dem Areal beträgt weniger als 2 Meter und ist deshalb nicht zur Wärmeengewinnung geeignet. Diese Massnahme wird nicht weiter betrachtet.

Variante 6: „Schnitzelheizung“

Schnitzel haben eine geringere Energiedichte als Pellets. Die zur Verfügung stehenden Räume eignen sich nicht als Lager für Holzchnitzel.

Variante 7: „Anschluss an Wärmeverbund“

Vor Ort ist kein Wärmeverbund vorgesehen. Der aktuell geplante Wärmeverbund Uster Nord wird nördlich der SBB-Gleise verlaufen. Andere Wärmeverbunde sind nicht bekannt.

5.3 Überblick und Beurteilung der Varianten

Variante	Machbarkeit	Vorteile	Nachteile
Variante 1 - Gasheizung - WP- Boiler	Ja	<ul style="list-style-type: none"> kleiner Installationsaufwand tiefe Investitionskosten geeignet für hohe Vorlauftemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Energiekosten hohe Unterhaltskosten schlechte CO₂-Bilanz nicht erneuerbare Energiequelle Abhängigkeit vom Ausland Abhängigkeit von steigenden CO₂ Abgaben
Variante 2 - Pelletheizung	Ja	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute CO₂-Bilanz lokaler Rohstoff geringe Abhängigkeit vom Ausland geeignet für hohe Vorlauftemperaturen höhere Energiedichte als Holzschnitzel (kleinerer Lagerplatz) 	<ul style="list-style-type: none"> Pelletlager muss erstellt werden hoher Installationsaufwand mittlere Energiekosten mittlere Investitionskosten hohe Unterhaltskosten
Variante 4 -Luft/Wasser-Wärmepumpe - Gaskessel zur Abdeckung der Spitzenlast	Ja	<ul style="list-style-type: none"> tiefe Energiekosten verbesserte CO₂-Bilanz gute Energieeffizienz 	<ul style="list-style-type: none"> hohe Anschaffungskosten grosser Platzaufwand für Aussengerät hoher Installationsaufwand bedingt geeignet für hohe Vorlauftemperaturen Geräuschemissionen
Variante 4 -Wärmepumpe mit Erdsonden	Nein	<ul style="list-style-type: none"> sehr tiefe Energiekosten tiefe Unterhaltskosten gute CO₂-Bilanz gute Energieeffizienz geeignet für hohe Vorlauftemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> Bohrtiefe im Areal auf 70-80 m beschränkt nicht genügend Platz für die benötigten Erdsonden sehr hohe Investitionskosten hoher Installationsaufwand Grosser Eingriff in Umgebungsgestaltung
Variante 5 -Wärmepumpe mit Grundwassernutzung	Nein	<ul style="list-style-type: none"> sehr tiefe Energiekosten tiefe Unterhaltskosten gute CO₂-Bilanz gute Energieeffizienz geeignet für hohe Vorlauftemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> Grundwassermächtigkeit < 2 m, nicht zur Wärmenutzung geeignet sehr hohe Investitionskosten hoher Installationsaufwand Grosser Eingriff in Umgebungsgestaltung
Variante 6 - Schnitzelheizung	(Ja)	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute CO₂-Bilanz lokaler Rohstoff keine Abhängigkeit vom Ausland geeignet für hohe Vorlauftemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> Platz Schnitzzellager muss geschaffen werden, Tank- und Lagerraum reichen nicht aus mittlere Energiekosten mittlere Investitionskosten hohe Unterhaltskosten hoher Installationsaufwand
Variante 7 - Anschluss an Wärmeverbund	Nein		<ul style="list-style-type: none"> kein Wärmeverbund vorhanden (Energie Uster)

Tabelle 6, Machbarkeit der Varianten; rot: wird nicht weiter untersucht

6 Variantenvergleich

Nachfolgend werden die Varianten für den Heizungsersatz vorgestellt. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme wurden bereits im Kapitel 5 erläutert.

6.1 Variante 1: „Gasheizung mit Wärmepumpenboiler“

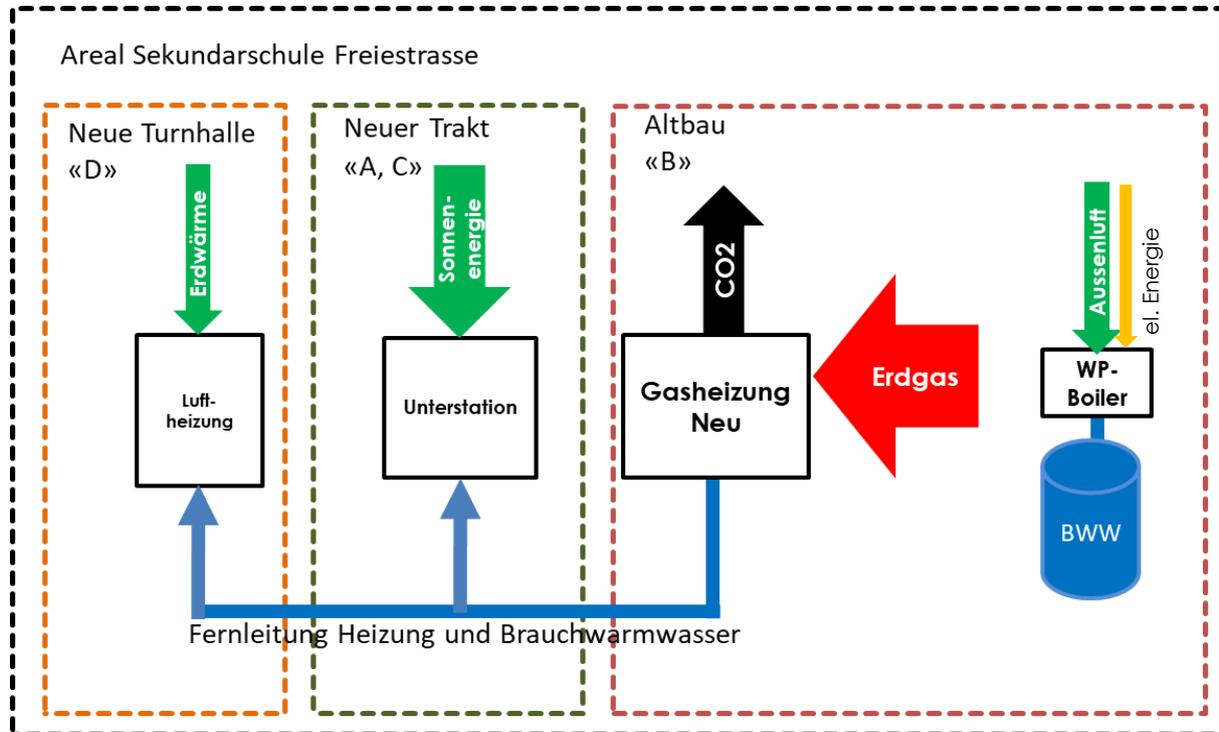


Abbildung 6, Schematische Darstellung der Energieflüsse

Bei der Variante 1 „**Gasheizung mit WP-Boiler**“ wird das bestehende Heizungssystem durch eine reine Gasheizung ersetzt, der Boiler im Altbau wird durch einen Wärmepumpenboiler ersetzt. Neu wird kein 2-Stoff-Brenner mehr eingesetzt.

Für das Brauchwarmwasser im Altbau wird anstatt des bestehenden Boilers ein neuer Wärmepumpenboiler eingesetzt.

	Wärmebedarf	Leistung der Heizung	Energiequelle
Gasheizung	350'000 kWh/a	215 kW	Erdgas
Wärmepumpenboiler	13'000 kWh/a		Aussenluft
	5'500 kWh/a		Elektrizität
Solarthermie	14'000 kWh		Solarthermie

Tabelle 7, Eckdaten Variante 1

6.2 Variante 2 „Pelletheizung“

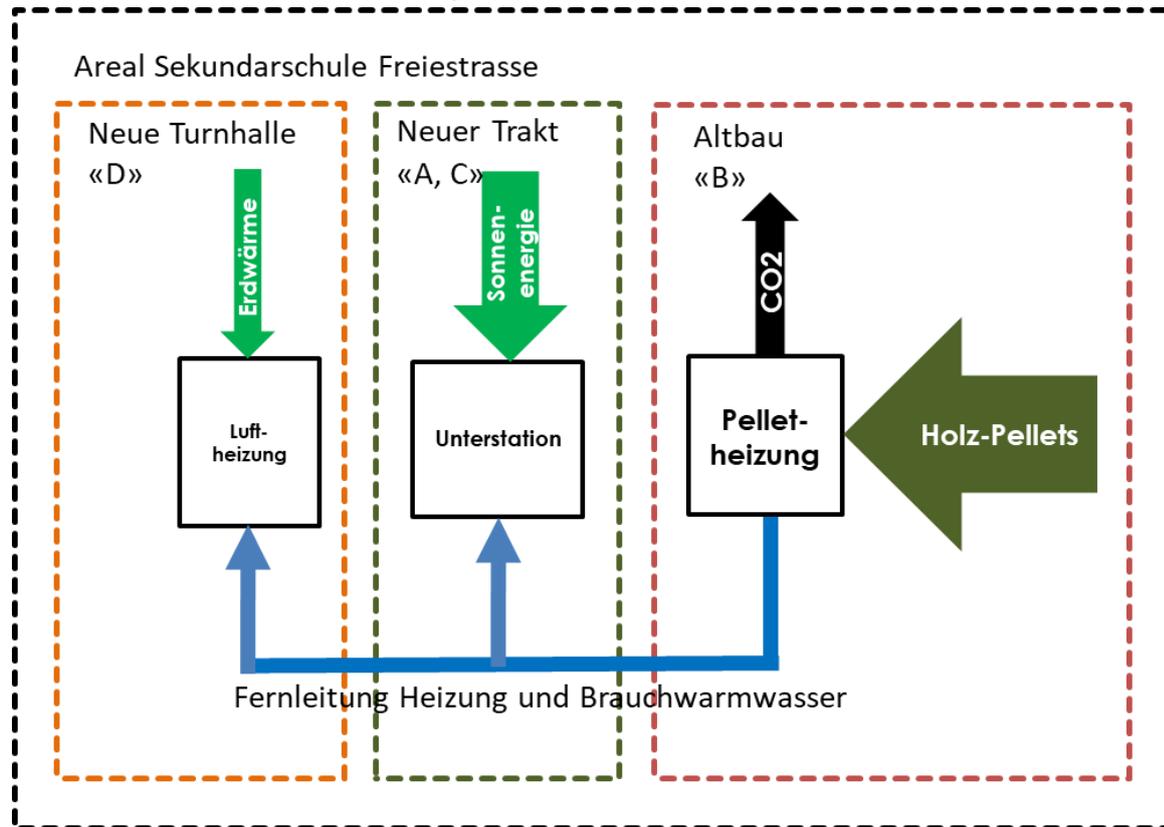


Abbildung 7, Schematische Darstellung der Energieflüsse

Bei der Variante 2 „**Pelletheizung**“ wird die bestehende Gasheizung durch eine neue Pelletheizung ersetzt. Der Öltank wird ausgebaut und zusammen mit dem Werkzeuglagerraum zu zwei Pelletlager umgebaut.

	Fläche	Höhe	Volumen	Nutzungsgrad	Volumen für Pellets
Tankraum	ca. 20 m ²	2.2 m	44 m ³	0.8	35 m ³
Werkzeug-Lagerraum	ca. 20 m ²	2.2 m	44 m ³	0.8	35 m ³
Pelletlager					70 m³

Mit einem Fördersystem werden die Holzpellets vom Lagerraum in die Heizzentrale befördert. In regelmässigen Abständen (rund 2 Mal jährlich) muss das Lager aufgefüllt werden. Für einen optimalen Betrieb braucht es zusätzlich einen Heizungsspeicher. Zudem sollte der Platz für eine Rauchgasreinigung vorgesehen werden, falls der Kanton die Grenzwerte für den Feinstaub anpasst.

	Wärmebedarf	Leistung der Heizung	Energiequelle
Pelletheizung	370'000 kWh/a	215 kW	97 % Holzpellets
Solarthermie	14'000 kWh/a		3 % Sonnenenergie

Tabelle 8, Eckdaten Variante 2



Abbildung 8, Beispiel einer Pelletheizung mit Pellet-Lagerraum

Die Pelletheizung braucht einen grossen Pufferspeicher. Dieser kann im Heizungsraum untergebracht werden.

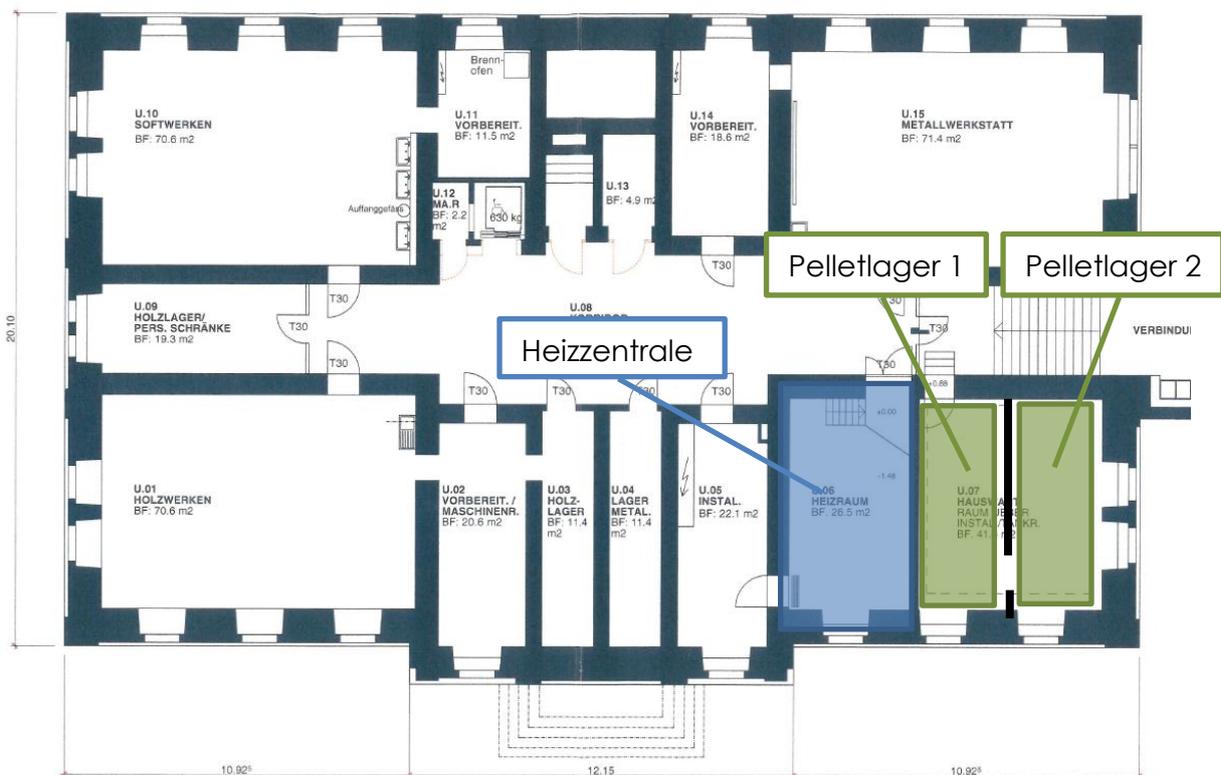


Abbildung 9, Heizzentrale im UG des Altbaus, Lageraum und Öltankraum werden zu zwei Pelletlager umgebaut

6.3 Variante 3: „Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gasheizung für die Spitzenlast“

Die Schulanlage komplett mit einer Luft/Wasser Wärmepumpe zu versorgen ist ungünstig. Die Anlage wird sehr gross und kann bei den hohen Vorlauftemperaturen nicht optimal arbeiten. Deshalb wird in Variante drei eine Luft/Wasser Wärmepumpe mit einer Gasheizung kombiniert.

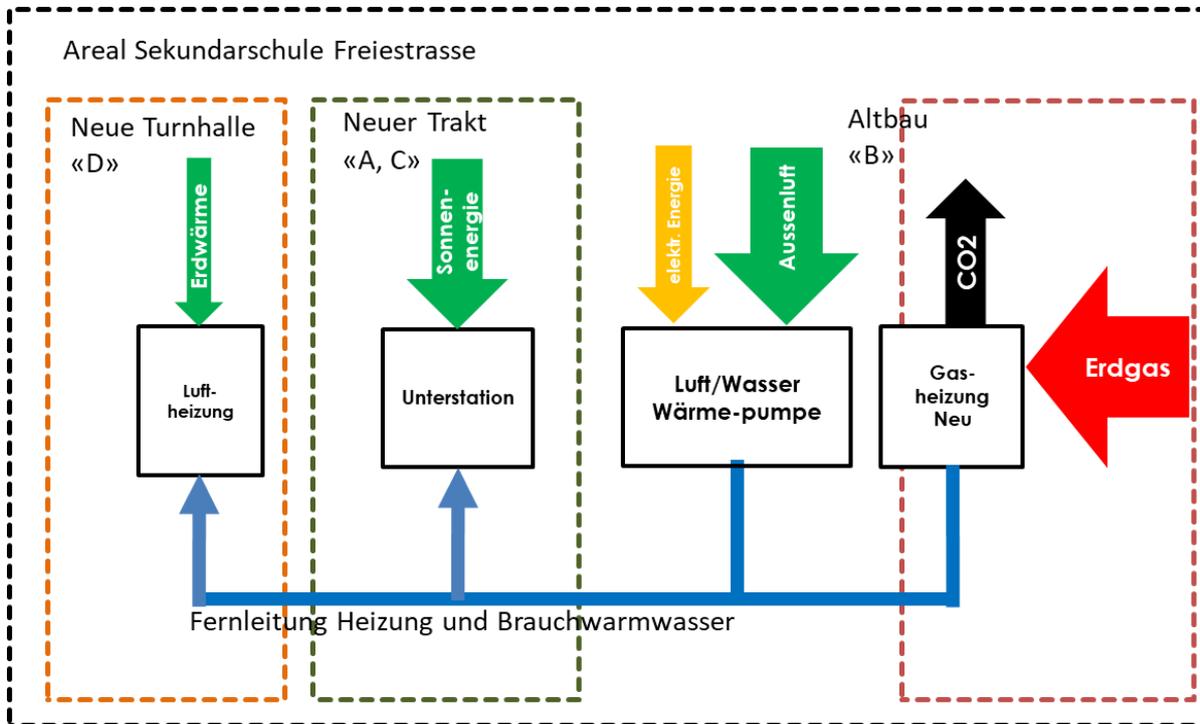


Abbildung 10, Schematische Darstellung der Energieflüsse

Bei der Variante 3 „Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für Spitzenlast“ wird die Gasheizung durch eine Luft/Wasser Wärmepumpe ersetzt. Zur Deckung der Spitzenlast wird die Wärmepumpe mit einer Gasheizung ergänzt.

Die Wärmepumpe soll ca. 1/3 der Leistung, respektive etwa 80% des Energiebedarfs abdecken können. Die Spitzenlast wird von einer Gasheizung übernommen, welche die Gesamtleistung erbringen kann und die restlichen ca. 16 % des Energiebedarfs deckt.

Die Kombination dieser zwei Wärmeerzeuger bildet zudem eine gewisse Redundanz bei der Wärmeerzeugung.

	Wärmebedarf Anteil	Leistung der Heizung	Energiequelle
Luft/Wasser Wärmepumpe	81 %	80 kW	30 % Elektrizität
			51 % Umgebungswärme
Gasheizung	16 %	215 kW	16 % Erdgas
Solarthermie	3 %		3 % Sonnenenergie

Tabelle 9, Eckdaten Variante 3

Aufteilung Energieverbrauch

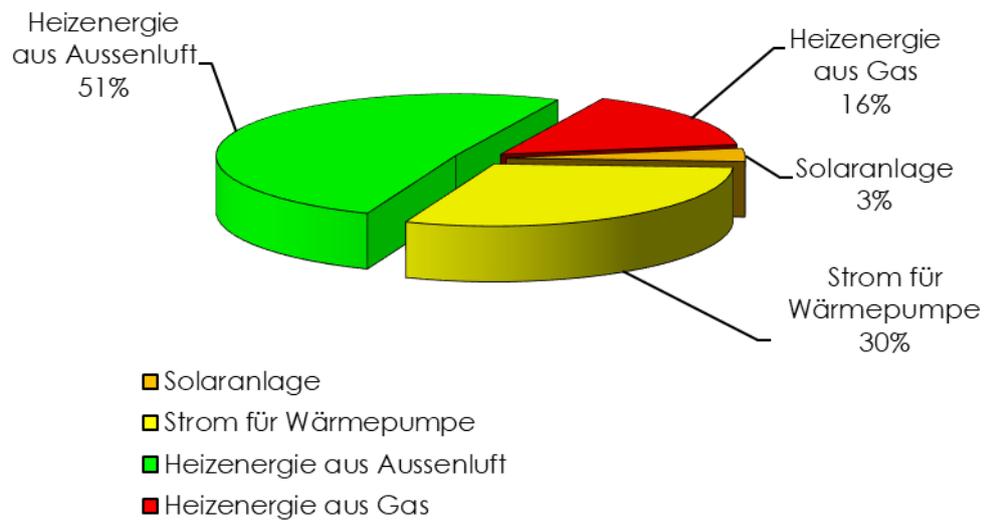


Abbildung 11, Aufteilung Energieverbrauch nach Energiequellen

Diese Variante hat gegenüber der einer monovalenten Gasheizung folgende Vorteile:

- Tiefere Energiekosten
- Kleinere Abhängigkeit von schwankenden Rohstoffpreisen
- Geringer Unterhaltsaufwand und tiefe Unterhaltskosten
- Bessere CO₂ – und Ökobilanz

Positionierung der Luft/Wasser Wärmepumpe



Abbildung 12, möglicher Standort für das Aussengerät der Luft/Wasser WP auf dem Dach des Trakts „A“



Abbildung 13, Möglichkeit für die Platzierung auf der Westseite des Areals, zwischen Trakt „C“ und „D“



Abbildung 14, Möglichkeit zur Installation der Luft/Wasser Wärmepumpe anstelle eines Veloständers

7 Investitionskosten und Wirtschaftlichkeit

In diesem Kapitel werden die Investitionen und die Wirtschaftlichkeit der drei oben vorgestellten Varianten erläutert.

Die Investitionen der unterschiedlichen Varianten sind in der Tabelle 13 dargestellt. Es handelt sich um Preisangaben aufgrund einer Zusammenstellung der Komponenten; die Genauigkeit beträgt rund +/- 25%.

Für die Wirtschaftlichkeit werden die Kosten nach folgenden Punkten aufgeteilt:

- **Kapitalkosten/Investition Varianten:** Investitionskosten und Zinskosten verteilt auf die Abschreibungsdauer nach der Annuitätenmethode
- **Unterhaltskosten:** Kosten für Unterhalt, Reparaturen, Wartung
- **Energiekosten:** Brennstoff oder Stromkosten für die Erwärmung des Heizwassers, inkl. Elektrizitätskosten für den Systembetrieb (z.B. Betrieb von Zirkulationspumpen)

7.1 Berechnungsgrundlagen

Folgende Energiepreise wurden als Mittelwerte für die Betrachtungsperiode angenommen:

	Öl*	Erdgas*	elektrische Energie*	Pellets*
Preis [CHF/kWh]	0.10	0.10	0.15	0.065

Tabelle 10, Energiepreise inkl. MwSt. und CO₂-Abgaben

Folgende Wirkungsgrade wurden bei der Berechnung eingesetzt (neue Heizung):

	Gasheizung*	Pelletheizung*	Luft/Wasser WP
JAZ/Wirkungsgrad	0.95	0.85	3

Tabelle 11, Eingesetzte Wirkungsgrade; JAZ = Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe

*) Annahmen Sustech GmbH

Für die Berechnung der Kapitalkosten wurde folgende Abschreibungsdauer angenommen. Es wurde mit einem **Zinssatz von 2.0%** gerechnet.

	Abschreibungsdauer
Gasheizung	20
Pelletheizung	20
Pelletlager	50
Kaminanlage	20
Wärmepumpe	20
Regulierung	20
Leitungen	20

Tabelle 12, Abschreibungsdauer

7.1.1 Lenkungsabgaben für CO₂

Ein zentrales Instrument zur Erreichung der gesetzlichen Klimaschutzziele ist die CO₂-Abgabe. Sie ist eine Lenkungsabgabe und wird seit 2008 auf fossilen Brennstoffen wie Heizöl oder Erdgas erhoben. Damit verteuert sie die fossilen Brennstoffe und setzt so Anreize zum sparsamen Verbrauch und zum vermehrten Einsatz CO₂-neutraler oder CO₂-armer Energieträger.

Die CO₂-Abgabe wird auf alle fossilen Brennstoffe (z.B. Heizöl, Erdgas) erhoben. Sie beträgt ab 2018, 84 Franken pro Tonne CO₂. Dies entspricht rund 25 Rp./Liter Heizöl, respektive 19 Rp./m³ Gas. Die CO₂-Abgabe ist auf den Rechnungen für Brennstoffkäufe ausgewiesen. Nach der Annahme der Energiestrategie 2050 kann diese Abgabe noch weiter erhöht werden.

Quelle: bafu.admin.ch

Aufgrund dieser Lenkungsabgabe ist eine Variante mit erneuerbaren Energien grundsätzlich zu bevorzugen.

7.1.2 Fördergelder

Der Ersatz einer fossilen Heizung wird vom Kanton Zürich und der Energie Uster gefördert. Der Einsatz einer Holzheizung wird von einem Programm von KLIK unterstützt. Die CO₂-Einsparungen werden in diesem Fall der Energiezukunft Schweiz abgetreten.

Luft/Wasser Wärmepumpen werden vom Gebäudeprogramm des Kantons Zürich gefördert. Energie Uster fördert hier nur Anlagen bis 40 kW.

Wärmepumpe

Was	Menge	Konditionen [CHF]	Fördergelder [CHF]
Energie Uster	80 kW	Bis 40 kW	-
Kanton Zürich	80 kW	4000.- + 60 x 80 kW	8'800
Total Fördergelder			8'800

Pelletheizung

Was	Menge	Konditionen [CHF]	Fördergelder [CHF]
Energie Uster	370 MWh/a	100.-/MWh Nutzenergie	37'000.-
Energiezukunft Schweiz	215 kW	360.- / kW	77'400
Kanton Zürich	(ab 300 kW)	-	-
Total Fördergelder			114'400

Wichtiger genereller Hinweis zu Fördergeldern

Da zurzeit sehr viele Massnahmen im Gebäudebereich gefördert werden, lohnt es sich immer vor Baubeginn (etwa 4 Wochen) nochmals zu prüfen, welche Fördergelder wo erhältlich sind und diese dann sofort zu beantragen. Sustech lehnt jegliche Haftung für entgangene Fördergelder ab. Wir unterstützen Sie jedoch gerne bei den Abklärungen. Erste Abklärungen können einfach über die Webseite www.energiefranken.ch für jede Gemeinde vorgenommen werden. Nicht zu vergessen sind vergünstigte Finanzierungen durch verschiedene Finanzinstitute.

7.2 Kostenzusammenstellung

In dieser Tabelle sind die Abschätzungen der Kapital-, Energie- und Unterhaltskosten der untersuchten Energiekonzepte dargestellt.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Heizungssystem	Gasheizung mit WP-Boiler	Pelletheizung	Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für Spitzenlast
Investitionskosten Brutto (inkl. MwSt.)	151'000.-	297'400.-	360'800.-
Fördergelder	0.-	-114'400.-	-8'800.-
Investitionskosten Netto (inkl. MwSt. abzgl. Fördergelder)	151'000.-	183'000.-	352'000.-
Kapitalkosten pro Jahr	8'300.-	9'100.-	18'600.-
Energiekosten pro Jahr	38'700.-	27'400.-	21'600.-
Unterhaltskosten pro Jahr	2'400.-	3'300.-	2'600.-
Jahreskosten	49'400.-	39'800.-	42'800.-
Gestehungskosten [Rp./kWh]	13.4	10.8	11.6
Jahreskosten ohne Kapitalkosten	41'100.-	30'700.-	24'200.-
Gestehungskosten ohne Kapitalkosten [Rp./kWh]	11.1	8.3	6.5

Tabelle 13, Investitionskosten in CHF inkl. MwSt., sowie Kapital-, Energie- und Unterhaltskosten in CHF/a der unterschiedlichen Varianten; alle Zahlen auf 100 bzw. 1'000 CHF gerundet; Investitionskosten mit einer Genauigkeit von +/- 25%

Folgende Kosten sind in den Investitionskosten miteinberechnet:

- alle Demontagen im Heizungsraum
- Entschlammer/ Entgaser/ Expansion
- neue Gruppenpumpen und Ventile im Heizungsraum
- neuer Warmwasserspeicher im Heizungsraum
- Planung/ Installation
- Leitungen/ Wärmedämmung
- Heizungsgeräte inkl. Zubehör und Montage

Zusätzlich bei Gasheizung

- Kamin-Sanierung

Zusätzlich bei der Pelletheizung

- Umbau Öltankraum und Lagerraum in Pelletlager
- Kamin-Sanierung §

Zusätzlich bei der Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für Spitzenlast

- Ausserbetriebnahme Öltank

Folgende Kosten sind nicht eingerechnet:

- Einhausung für Luft/Wasser Wärmepumpe
- Rauchgasreinigung (Pelletheizung), ist Stand heute nicht notwendig

Achtung:

Es sind nur für den Vergleich der Wärmeerzeugung massgebende Kosten eingerechnet, welche oben aufgelistet sind.

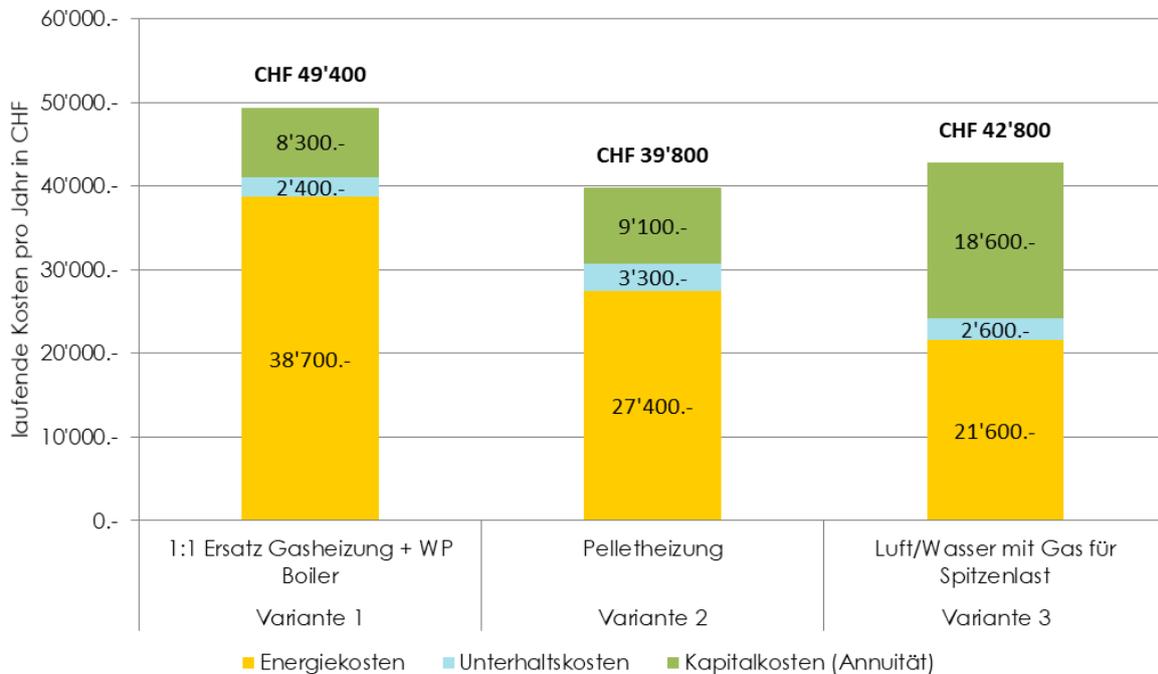
7.2.1 Jahreskosten

Abbildung 15, Jährliche Kosten der Varianten

Die Investitions- oder Kapitalkosten sind bei der Variante 3 „Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für die Spitzenlast“ am grössten. Jedoch bietet das bivalente System eine gewisse Redundanz. Hingegen zu den hohen Investitionskosten sind dafür die laufenden Energiekosten am geringsten.

Ein Ersatz der Gasheizung wie in Variante 1, hat zwar sehr geringe Investitionskosten, dafür sind die laufenden Energiekosten sehr hoch. Zudem ist man von den Gaspreisen abhängig.

Die Variante 2 „Pelletheizung“ hat durch die hohen Fördergelder verhältnismässig geringe Investitionskosten. Die laufenden Energiekosten für Pellets liegen im Mittelfeld. Insgesamt schneidet die Variante 2 in dieser Betrachtung am besten ab. gegenüber der Variante 3, sind die Kosten pro Jahr rund 10 % tiefer.

7.2.2 Investitionskosten zu Gesamtkosten über 20 Jahre

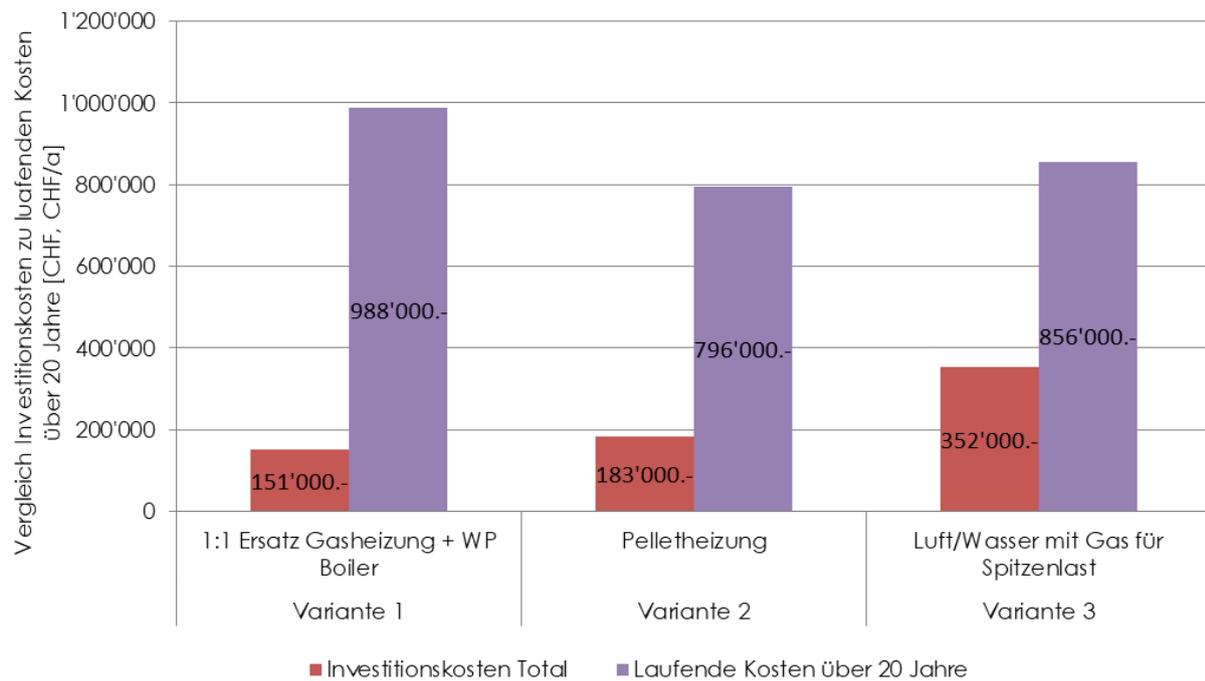


Abbildung 16, Investitionskosten gegenüber den Gesamtkosten über 20 Jahre

In der Betrachtung über 20 Jahre zeigt sich, dass die man mit einer Pelletheizung rund 192'000.- CHF günstiger fährt als mit einer reinen Gasheizung. Gegenüber der Variante 3 ist die Pelletheizung rund 60'000.- CHF günstiger.

7.2.3 Gesteuerungskosten

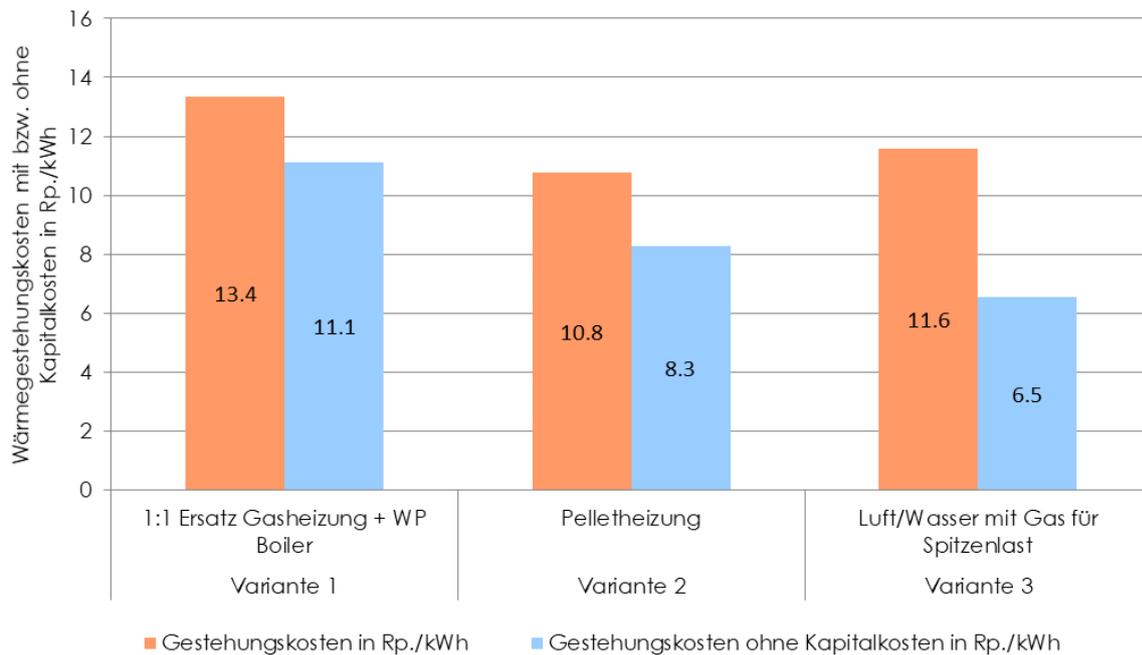


Abbildung 17, Wärmegesteuerungskosten mit bzw. ohne Kapitalkosten

Bei den Gesteuerungskosten schneidet die Pelletheizung vor allem in Anbetracht der aktuell sehr hohen Fördergelder am besten ab. Die Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gasheizung für die Spitzenlast liegt im Mittelfeld, und schneidet am besten ab, wenn die Investitionskosten nicht betrachtet werden.

Die Gesteuerungskosten der Variante 1 „Gasheizung mit Wärmepumpenboiler“ sind in beiden Fällen am höchsten.

7.3 Ökologische Bewertung

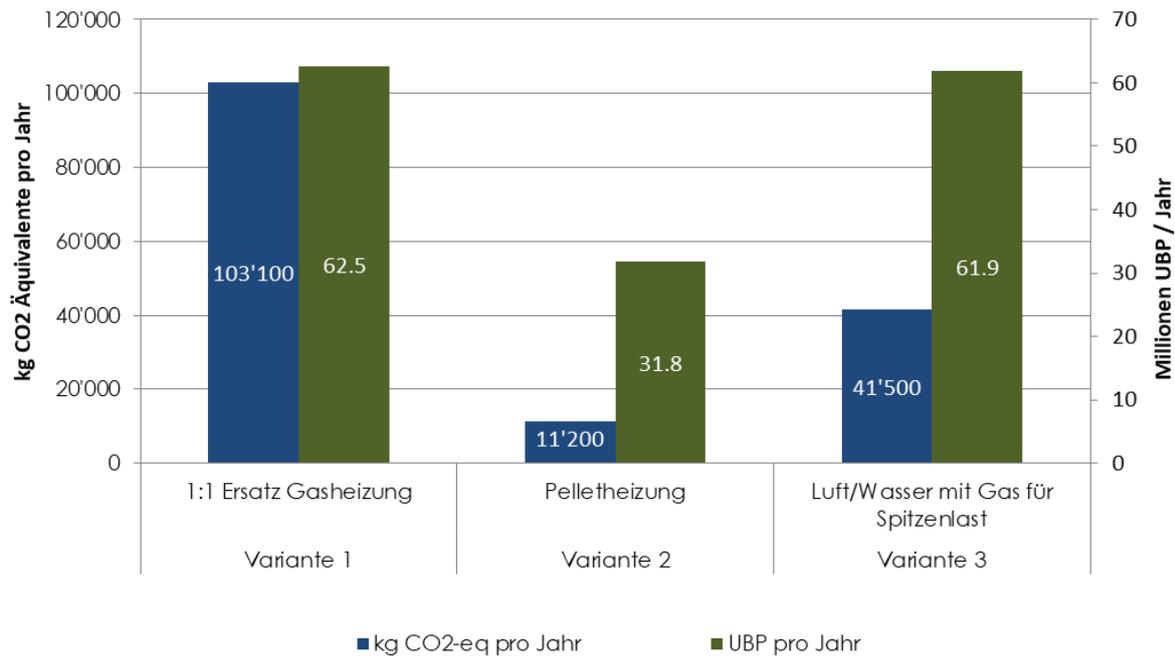


Abbildung 18, ökologische Bewertung der Varianten

Bei der ökologischen Bewertung schneidet die Variante 2 „Pelletheizung“ in beiden Bilanzierungsmethoden am besten ab. Gerade die CO₂-Bilanz ist sehr gut. Im Vergleich zur Gasheizung in Variante 1 können knapp 90 % des CO₂-Ausstosses vermieden werden. Gegenüber der zweitbesten Variante 2 „Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für Spitzenlast“ können immer noch 70 % weniger CO₂-Emissionen ausgestossen werden.

8 Bewertung und Empfehlung

8.1 Bewertung der Varianten

In der unserer Bewertungstabelle werden die einzelnen Kriterien gleichwertig behandelt. Die Variante mit der höchsten Punktzahl schneidet am besten ab.

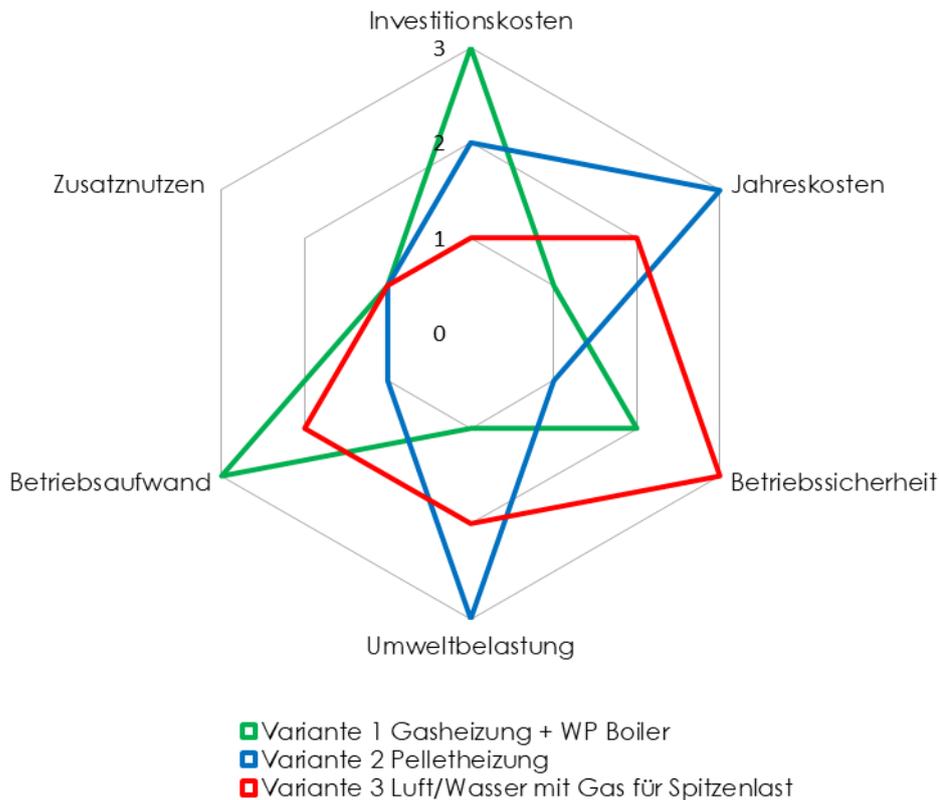


Tabelle 14, Spider Diagramm der Kriterien, je grösser die Fläche desto besser die Variante

Bewertung durch Sustech (Punkteskala von 1 bis 3)	Variante 1	Variante 2	Variante 3
	Gasheizung mit WP-Boiler	Pelletheizung	Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für Spitzenlast
Investitionskosten	3	2	1
Jahreskosten	1	3	2
Betriebssicherheit	2	1	3
Umweltbelastung	1	3	2
Betriebsaufwand	3	1	2
Zusatznutzen	1	1	1
Total Punkte	11	11	11

Tabelle 15, Bewertung der Varianten durch Sustech

Bewertung durch Auftraggeber	Variante 1	Variante 2	Variante 3
------------------------------	------------	------------	------------

(Punkteskala von 1 bis ...)	Gasheizung mit WP-Boiler	Pelletheizung	Luft/Wasser Wärmepumpe mit Gas für Spitzenlast
Investitionskosten			
Jahreskosten			
Betriebssicherheit			
Umweltbelastung			
Betriebsaufwand			
Zusatznutzen			
Total Punkte			

Tabelle 16, Bewertung zum Ausfüllen durch Auftraggeber

8.2 Empfehlung Wärmeerzeuger

Unter Berücksichtigung der aufgezeigten Kriterien sowie im Hinblick auf eine wirtschaftliche und zukunftsfähige Heizungsanlage, empfehlen wir zur Weiterverfolgung:

Variante 2 „Pelletheizung“

Diese Variante hat folgende Vorteile:

- Sehr gut für hohe Vorlauftemperaturen geeignet
- Geringe Abhängigkeit vom Ausland
- Räume für Pelletlager mit vertretbarem Aufwand umrüstbar
- Tiefe CO₂- Emissionen und sehr gute Ökobilanz
- Langfristig sinnvolle Investition
- Hohe Förderbeiträge

8.3 Empfehlung Allgemein

In der Unterstation im Trakt „A“ gibt es keine Aufbereitungsanlage für das Brauchwarmwasser. Der Wärmetauscher muss in kurzen Abständen entkalkt werden, was sehr aufwändig ist. Wir empfehlen eine Enthärtungsanlage einzubauen.

Da Die Heizung während den Sommerferien ausgeschaltet ist, ist die Gefahr für die Überhitzung der thermischen Solaranlage gross, werden keine Massnahmen getroffen.

Wir empfehlen mit der Firma Soltop Kontakt aufzunehmen für eine Kontrolle der Anlage und eine Lösung für den Betrieb in den Sommerferien zu finden, welche die Kollektoren schont.

9 Photovoltaikanlage

9.1 Bewilligung

In Bau- und Landwirtschaftszonen sind genügend angepasste Solaranlagen auf Dächern einer Meldepflicht unterstellt, benötigen jedoch keine Baubewilligung. Als genügend angepasst gelten Solaranlagen, welche die Dachfläche um höchstens 20 cm überragen, nicht über die Dachfläche hinausragen, reflexionsarm ausgeführt werden und als kompakte Fläche zusammenhängen (Art. 32a Raumplanungsverordnung sowie § 1 lit. k der Bauverfahrensverordnung des Kantons Zürich). Die vorliegenden Vorschläge erfüllen diese Kriterien.

9.2 Zustand Dächer

Die Demontage der Photovoltaikanlage für eine Sanierung und die nachträgliche Re-Montage sind sehr Arbeits- und Kostenaufwändig. Darum empfehlen wir eine Photovoltaikanlage auf einem Dach zu installieren welches eine Restlebensdauer von mind. 20-25 Jahren (Lebensdauer einer Photovoltaikanlage) aufweist.

9.3 Dachflächen



Abbildung 19, Dachflächen der Schulhäuser an der Freiestrasse, Flachdächer (GIS ZH),

Bei Flachdächern ist die Ausrichtung nicht entscheidend. Die Module werden aufgeständert parallel zum Dachrand etwa noch Ost/West installiert. Die Fläche wird Oblichtern unterbrochen und sind extensiv begrünt.

Anhand der Dachfläche wird die Grösse einer möglichen Photovoltaikanlage bestimmt. Es wird angenommen, dass bei den Trakten A und C ca. 80 % und beim Trakt D ca. 60 % der Dachfläche für die Stromproduktion genutzt werden kann.

Eine genaue Auslegung muss jedoch in einem weiteren Schritt, nach einer detaillierten Beurteilung der Situation vor Ort, festgelegt und das Layout entsprechend angepasst werden.



Abbildung 20, Beispiel einer Ost- West Aufgeständerten Anlage auf einem Flachdach (Quelle: Swissolar)

9.4 Kosten und Ertrag

Es wird der Anteil der Nutzbaren Fläche anhand der Dachfläche und den Aufbauten optisch grob abgeschätzt. Beim Trakt „A“ wird nur die Fläche Südlich der thermischen Solaranlage betrachtet.

Gebäudeteil	Fläche	Anteil Fläche nutzbar	Leistung	Ertrag	Kosten
Trakt „A“	ca. 290 m ²	ca. 230 m ²	42 kWp	ca. 38'000 kWh/a	ca. CHF 76'000
Trakt „C“	ca. 410 m ²	ca. 330 m ²	60 kWp	ca. 54'000 kWh/a	ca. CHF 107'000
Trakt „D“	ca. 530 m ²	ca. 320 m ²	58 kWp	ca. 52'000 kWh/a	ca. CHF 104'000
Gesamt	ca. 1'230m²	ca. 880 m²	160 kWp	ca. 144'000 kWh/a	ca. CHF 287'000

Tabelle 17, Eckdaten Photovoltaik

Folgende Kosten sind berücksichtigt:

- Ausführungsplanung
- Komplette Installation PVA
- Wechselrichter (WR)
- Alle Verbindungsleitung
- Provisorische Absturzsicherung, (ohne Gerüst)
- Inbetriebnahme

Eine Ausschreibung ist in den Kosten noch nicht berücksichtigt, für eine Anlage dieser Grösse (160 kWp) kann mit rund 12'000.- CHF bis 15'000.- gerechnet werden. Die Vorteile einer Ausschreibung für den Bauherrn sind:

- Bauherr muss sich um nichts kümmern
- Korrekte Auslegung der Anlage
- Rahmenbedingungen werden genau festgelegt
- Guter Preis, weil mehrere gleichwertige Angebote verglichen werden können
- Qualitätssicherung durch eine Abnahme

Förderbeiträge

Aktuell werden Photovoltaikanlagen vom Bund mit einer Einmalvergütung (EIV) gefördert. Diese stellen sich aus einem einmaligen Grundbeitrag (je Einspeisepunkt) und einem leistungsabhängigen Beitrag. Dieser Betrag wird als Einmalzahlung nach Fertigstellung und Prüfung des Gesuchs ausgeschüttet. Ebenfalls gibt es Fördergelder aus dem Ökofonds der Energie Uster.

Gebäudeteil	Leistung	Förderbeitrag
Grundbeitrag, EIV Pronovo	1 Anlage	CHF 1'000
Leistungsbeitrag, EIV Pronovo	160 kWp	CHF 49'000
Ökofonds Uster	160 kWp	CHF 30'000
Gesamtbeitrag für alle Anlagen		CHF 80'000

Tabelle 18, Fördergelder PV-Anlage

Eigenverbrauch

Für eine gute Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage sollte zum aktuellen Zeitpunkt möglichst viel vom erzeugten Strom selbst verbraucht werden. Dadurch hat der Strom den Wert vom Hochtarif, rund **17 Rp./kWh**. Der eingespeiste Strom kann der Energie Uster AG zu rund **8 Rp./kWh** verkauft werden (inkl. ökologischer Mehrwert).

Für die Schulanlage wurde mit einem Eigenverbrauchsanteil von ca. 30 % gerechnet.

Wirtschaftlichkeit

Die folgende Wirtschaftlichkeitsrechnung ist ohne Kapitalverzinsung, Teuerung und Unterhaltskosten gerechnet und geht von gleichbleibenden Strompreisen aus.

Installierte Leistung	Spezifischer Ertrag	Jährlicher Energieertrag	Nutzungsdauer	Energieertrag über 25 Jahre
160 kW	900 kWh/kWp	144 MWh/a	25 a	3'600 MWh

Tabelle 19, Energieertrag PV-Anlage

Kosten Photovoltaikanlage	Förderbeiträge	Investitionskosten
ca. 287'000 CHF	-80'000 CHF	ca. 207'000 CHF

Tabelle 20, Kosten Photovoltaikanlage abzüglich Fördergelder

	Anteil an Stromproduktion	Einsparung/Vergütung	„Ertrag“ pro Jahr	„Ertrag“ über 25 Jahre
Eigenverbrauch	30 %	0.17 CHF/kWh	ca. 7'300 CHF/a	ca. 182'000 CHF
Einspeisung ins Netz	70 %	0.8 CHF/kWh	ca. 8'000 CHF/a	ca. 200'000 CHF
Ertrag total			ca. 15'300 CHF/a	ca. 382'000 CHF

Tabelle 21, Finanzieller Ertrag aus Einsparung und Rückspeisevergütung auf 100 CHF gerundet

Auch dank den Fördergeldern ist die Photovoltaikanlage voraussichtlich nach gut 13.5 Jahren amortisiert. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Lebensdauer rund 25 Jahre beträgt.

Die Gestehungskosten belaufen sich auf knapp 6 Rp. / kWh.

9.5 Empfehlung Photovoltaik

Eine Photovoltaikanlage wie aufgezeigt ist ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll. Wir empfehlen eine Photovoltaikanlage zu erstellen (nach Prüfung des Dachzustandes).

Evtl. bietet sich für die Finanzierung auch eine Contracting Lösung an.

10 Weitere Hinweise

Welcher Energieträger für die Heizung?

Strom ist nicht gleich Strom und Gas nicht gleich Gas. So wie es bei der Elektrizität Öko-Stromprodukte gibt, sind auch bei den fossilen Energieträgern gewisse Optimierungen möglich. Erkundigen Sie sich bei Ihrem Lieferanten.

Genauigkeit der Berechnungen und Untersuchungen

Es sei an dieser Stelle nochmals ausdrücklich betont, dass es sich bei diesem Bericht um Berechnungen und Untersuchungen in einer frühen Planungsphase handelt. Die Genauigkeit des vorliegenden Konzepts beträgt +/- 25%. Eine höhere Genauigkeit erreichen wir in einer nächsten Phase.

Unterstützung durch Sustech

Wir bieten der Bauherrschaft gerne Unterstützung bei der weiteren Planung an. Wir planen Lüftungs- und Heizungsanlagen, sowie Photovoltaikanlagen und Solarthermie. Zudem bieten wir Bauphysik und Messungen an.

Uster, 25.08.2020

Jan Staubli
Sustech GmbH

Lilian Humbel
Sustech GmbH