

Objekt**Siedlung „im Hofgarten“ 8165 Oberweningen**

Auftraggeber

Eigentümergeinschaft Hofgarten
Im Hofgarten
8165 Oberweningen

Fachingenieur (Verfasser)

Huwyler + Koch
Ingenieure FH/HLK
Lindenstr. 38
8034 Zürich**Wärmeversorgungskonzept****Inhalt :**

1. Ausgangslage	1
2. Einsetzbare Energieträger	1
3. Grundlagen	2
4. Kurzbeschreibung der untersuchten Varianten	4
5. Variantenvergleich und Wirtschaftlichkeit	7
6. Zusammenfassung und Empfehlung	10

Verteiler:

Hugo Weber Verwaltung

Sachbearbeitung
Ort / DatumB. Huwyler dipl. Ing. FH
Zürich, 11.01.2007 / 24.01.2007

1. Ausgangslage

Einleitung

Die Siedlung Hofgarten wurde 1988/89 erstellt und umfasst 30 Reiheneinfamilienhäuser.

Die Wärmeerzeugung erfolgt dezentral mit je einem Oelheizkessel in jedem Haus. Das Warmwasser wird pro Haus in einem Elektro-Wassererwärmer (300 ltr.) erwärmt. Die Wärmeverteilung erfolgt über Heizkörper, die mit Thermostatventilen ausgerüstet sind. Die Oellagerung erfolgt zentral. Alle Einzelheizungen sind am zentralen Oelversorgungssystem angeschlossen. Der Oelverbrauch wird gemessen.

Die heute 18-jährigen Oelheizkessel haben die übliche Lebensdauer erreicht. Eine Erneuerung ist nächstens absehbar.

Es stellt sich nun die Frage, auf welche Art die Wärmeerzeugung erfolgen soll. Mit der vorliegenden Konzeptstudie werden drei Varianten von möglichen Wärmeerzeugungsarten aufgezeigt und verglichen. Die Bauherrschaft erhält damit eine Entscheidungshilfe bei der Wahl, mit welcher Wärmeerzeugungsart in den nächsten 15-20 Jahren geheizt werden soll.

Wir haben uns auf folgende machbare und energetisch/ökologisch sinnvolle Wärmeerzeugungsarten festgelegt, die im Folgenden genauer untersucht werden :

Variante 1	Zentrale Wärmeerzeugung; Nahwärmeverbund mit autom. Pelletheizung
Variante 2	Dezentrale Wärmeerzeugung; Holzfeuerung mit Pellets (bzw. Stückholz)
Variante 3	Dezentrale Wärmeerzeugung; Luft/Wasser - Wärmepumpenanlage

Vergleich mit Variante 0: Ersatz der Oelheizung

Weitere Wärmeerzeugungsarten die nicht untersucht wurden:

Infolge fehlendem Versorgungssystem od. weil nicht bewilligungsfähig:

- Erdsonden-Wärmepumpenanlagen (Erdsonden auf Areal sind nicht zulässig) Kap. 2.4
- Grundwasser-Wärmepumpenanlagen (nicht bewilligungsfähig auf Areal) Kap. 2.4
- Gasfeuerung (keine Erdgasversorgung vorhanden)
- Nahwärmeverbund mit Nachbarsgebäuden (keine unmittelbare Anschlussmöglichkeit)

Zentrale Varianten (Nahwärmeverbund):

- Wärmeerzeugung mit reiner Oelfeuerungsanlage (bisheriges dezentrales System besser)
- Wärmeerzeugung mit bivalenter Luft/Wasser-Wärmepumpenanlage mit Oelfeuerungsanlage zur Spitzenlastabdeckung (keine wirtschaftliche und ökologische Alternative zur Variante 1)

Dezentrale Varianten (Einzelheizungen)

- Oelheizkessel (heutiges System), Totalkosten für Ersatz ca Fr. 10 000.00
- Bivalente Luft/Wasser – Wärmepumpenanlage mit Oelheizkessel zur Spitzenlastdeckung

Optionen für die WW-Erwärmung

- Sonnenkollektoren

Im vorliegenden Fall nur für die Unterstützung der Warmwasser-Vorerwärmung (dezentral, Deckung ca 40-60% des Energiebedarfs) sinnvoll. Zentrale Solaranlage wäre nicht mit vernünftigem Aufwand machbar.

Das besteh. Heizsystem benötigt ein zu hohes Temperaturniveau um auch Wärme in zählbarer Grösse einzuspeisen.

2. Einsetzbare Energieträger

2.1 Heizöl

Nichtererneuerbarer Energieträger.

Lagerfähiger Energieträger. Einfache und dichte Energiespeicherung. Umweltbelastend beim Transport und bei der Verbrennung (Umweltbelastung durch CO₂).

2.2 Erdgas

Nichtererneuerbarer Energieträger.

Keine Erdgasversorgung vorhanden.

2.3 Holz

Erneuerbarer Energieträger.

Holz ist gespeicherte Sonnenenergie und die Verbrennung ist CO₂-neutral.

Lagerfähiger Energieträger. Neue Vorschriften beim Feinstaubausstoss in Vorbereitung (Filterplatz muss vorgesehen werden).

Arbeitsaufwand für Betriebsüberwachung und Ascheentsorgung.

Stückholz

Verfeuerung in einem Heizkessel. Nur für Einzelheizungen (pro REFH) einsetzbar. Platz für die Lagerung des Holzes für ca Zwei-Jahresbedarf notwendig.

Ein-Jahresverbrauch REFH Mittelwert: ca 6 Ster/a; entspricht ca 3 000 kg/a Holz (5 m³/a)

Holz-Pellet

Holz-Pellets sind kleine gepresste Holzstücke. Verbrennung ist beinahe CO₂-neutral.

- Verfeuerung in einer automatischen Feuerungsanlage für grössere Heizleistungen. Platz für Silo notwendig.
- Holz-Pellets können auch in Einzelheizungen (pro REFH) in einem Heizkessel mit Vorratsbehälter verfeuert werden. Pellets werden auch Sackweise geliefert.

Waldholzschnitzel

Waldholzschnitzel als Grün- od. Trockenschnitzel.

Verfeuerung in einer automatischen Feuerungsanlage für grössere Heizleistungen. Platz für Silo notwendig.

Für vorliegendes Objekt ungeeignet da aufwändige Lösung notwendig wird (grösserer Platzbedarf für Silo gegenüber Pellet-Lösung; Antransport und Einfüllen der Waldholzschnitzel in den Silo erfordert aufwändige Hoch- und Tiefbauten. Siloentlüftung über Dach notwendig, etc.)

2.4 Elektrizität (für Wärmepumpenbetrieb)

Mit Ökostrom betriebene Wärmepumpe nur mit kleiner Umweltbelastung.

Wärmepumpe mit Elektroantrieb mit Strom aus Wasserkraft. Als Wärmequelle nutzbar:

Aussenluft

Wärmeentzug der Aussenluft. Bei Aussenlufttemperaturen unter dem Gefrierpunkt wird die Energienutzung rel. schlecht.

Erdwärmesonden

Die Siedlung liegt im Gewässerschutzbereich A. Erdwärmesonden sind nicht zulässig.

Grundwasser

Die Nutzung des Grundwassers zur Wärmeentnahme ist im vorliegenden Fall nicht bewilligungsfähig. Folgende Bedingungen können nicht eingehalten werden:

- Kälteleistung der Wärmepumpe müsste min. 150 kW betragen (Hofgarten: 110 kW)
- Rückgabeschacht (Versickerung) müsste 100m entfernt vom Fassungsbereich (hinter Bahnlinie) liegen, also ausserhalb des Areal im Hofgarten.

2.5 Sonnenenergie (Sonnenkollektoren)

Erneuerbarer Energieträger.

Nutzung der Sonnenenergie für die Warmwasser-Vorerwärmung möglich. Für Raumerwärmung nicht geeignet, da im vorliegendes Objekt das besteh. Heizsystem ein zu hohes Temperatur-niveau benötigt.

3. Grundlagen

3.1 Technische Grundlagen

3.1.1 Grobanalyse Energieverbrauch (Siedlung)

Istwerte

Bisheriger Heizölverbrauch (Mittelwert)	35 000 ltr/a
Nutzenergie	350 000 kWh/a
Energiebezugsfläche	5 200 m ²

Energiekennzahl

Mit der Energiekennzahl kann der heutige Wärmeverbrauch beurteilt werden.

Energiekennzahl der Siedlung $E(h) = 240 \text{ MJ/m}^2, a$

Vergleich mit SIA380/1 (2001) Empfohlener Grenzwert $E(h) = 318 \text{ MJ/m}^2, a$
Die Energiekennzahl ist deutlich (-25%) unter dem SIA-Grenzwert.

Keine dringenden Massnahmen zur Wärmeverbrauchs-minderung an der Gebäudehülle notwendig.

Vergleich mit Minenergiestandard (Bauten vor 1990) $E(h) = 180 \text{ MJ/m}^2, a$
 Spez. Energiewert nur für Raumheizung
Der spez. Energiewert liegt deutlich (+22%) über dem Grenzwert. Für die Erreichung des Minenergiestandards müsste die Gebäudehülle wärmetechnisch verbessert werden (Fenster, Dach Aussenwand). Zudem müsste in jedem Haus eine Komfortlüftungsanlage installiert werden.

3.1.2 Auslegedaten

Heizleistungsbedarf ($T_a = -8^\circ\text{C}$)

Heizleistungsbedarf pro REFH	6 – 12 kW
Kesselleistung (Nahwärmeverbund)	160 kW
Fernleitungsverluste (Nahwärmeverbund)	15 kW

Wärmebedarf (Nutzenergie)

Raumheizung	350 000 kWh/a
Fernleitungsverluste (zentrale Anlage)	50 000 kWh/a

3.2 Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

3.2.1 Kapitalzins

Für die Ermittlung der Kapitalkosten wird mit einem **Zinssatz von 4,0 %** gerechnet.

3.2.2 Laufzeiten (Lebensdauer)

Technik:	Wärmeerzeugungsanlagen	15 Jahren
	Fernleitung	30 Jahren
	Bauliche Arbeiten, Raumkosten, Honorare	30 Jahren

3.2.3 Investitionskosten

in die Investitionskosten enthalten sind die für die Wärmeerzeugung notwendigen Installationen inkl. die baulichen Nebenarbeiten (Elektro, Sanitär, Baumeister etc.) sowie die Honorare.

Kostengrobschätzung mit einer Genauigkeit von +/- 20%.

3.3 Energiepreise (aktuell, ohne MwSt)

Heizöl	Aktuell:	Annahme 75 Fr./100 ltr.	7,5 Rp./kWh
	Künftige CO ₂ – Abgabe:	9 Rp./ltr Heizöl (ab 2011)	+0,9 Rp./kWh
Elektrizität	EKZ - Tarif:	Strom aus Wasserkraft, unterbrechbares Heizsystem	
	<u>Grundpreis</u>	Pro Messstelle, pro Monat	Fr. 13.50
	<u>Verbrauchspreis</u>		
	Hochtarif (Mo - Fr 11.00 bis 12.00)		35.50 Rp./kWh
	Mitteltarif (Mo–Fr. 07.00 – 11.00, 12.00-20.00, Sa 07.00-13.00)		16,20 Rp./kWh
	Niedertarif (übrige Zeit)		8,50 Rp./kWh
	Stromtarif (Mittelwert) Annahme für Wirtschaftlichkeitsrechnung:		
Strom für Heizung, allgemein	exkl. MwSt	16,0 Rp./kWh	
Strom für WP (11.00 bis 12.00 gesperrt)	exkl. MwSt	13,0 Rp./kWh	
Holz-Pellet	Pellet		
	Heizwert	5 kWh/kg	
	Energiepreis	345.00 Fr./ to (lose geliefert)	exkl. MwSt 6,9 Rp./kWh
	Energiepreis	460.00 Fr./ to (20 kg Sack)	exkl. MwSt 9,2 Rp./kWh

3.4 Energiepreiszuschläge zur Ermittlung der externen Kosten (Berücksichtigung der Umweltbelastung)

Externe Kosten berücksichtigen die Umweltbelastungen der verschiedenen Energieträger, verursacht bei der Gewinnung, durch den Transport und durch die Verbrennung. Die (kalkulatorischen) Energiepreiszuschläge sind Richtwerte, um aus der rein betriebswirtschaftlichen Rentabilitätsrechnung eine volkswirtschaftliche zu machen. Die Umweltbelastung bei den verschiedenen Energieträgern wird so mitberücksichtigt.

Energiepreiszuschläge auf	Heizöl	4,5 Rp./kWh
	Holz	1,5 Rp./kWh
	Elektrizität	5,0 Rp./kWh

Beim Wirtschaftlichkeitsvergleich (Tabelle 5.4) wurde bei den Energiekosten mit den obigen Energiepreiszuschlägen gerechnet.

4. Kurzbeschreibung der untersuchten Varianten

4.1 Variante 1 zentrale Wärmeerzeugung mit Pelletfeuerung

Konzept

Die notwendige Heizwärme für die Siedlung wird zentral in einer autom. Pellets-Feuerungsanlage erzeugt und über ein Fernleitungsnetz jedem REFH zugeführt (Nahwärmeverbund).

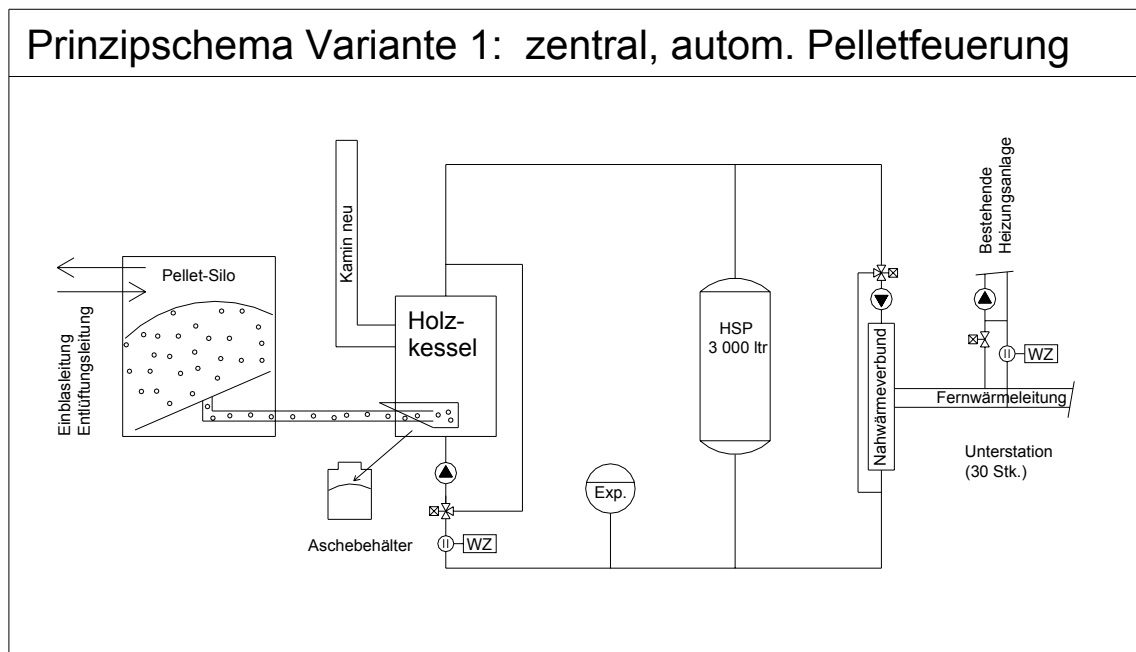
Die Pellets werden ab Lastwagen in einen Siloraum eingeblasen. Aus dem Siloraum gelangen sie über eine Förderautomatik in den Heizkessel, wo sie verfeuert werden. Die Asche fällt in einen Behälter, der im Winter wöchentlich geleert werden muss. Für die Betriebsüberwachung, Ascheentsorgung und Reinigungsarbeiten wird ein Teilarbeitspensum notwendig.

Zwei Heizleitungen führen aus der Heizzentrale im Fernleitungsgraben zu den Untergeschossen der Reihenhäuser. In den Häusern werden die Fernleitungen unter die Decke montiert. Jedes Haus erhält eine individuelle Temperaturregelstation mit Wärmehähler (WZ).

Diese Variante benötigt die Zustimmung aller Grundeigentümer und kann nur realisiert werden, wenn min. 90% der Eigentümer ihre Heizung auch am Nahwärmeverbund anschliessen.

Standort der Heizzentrale und des Pellet-Silos:

Im heutigen Oeltankraum, bauliche Vorkehrungen werden notwendig, neues Kamin an der Hoffassade. Heizfernleitungen im Aussenraum und im UG der Gebäude.



Kurzbeschreibung

- Heizkessel für autom. Holz-Pelletfeuerung, Siloaustragung und Ascheaustragung in Behälter.
- Pelletsilo; Beschickungseinrichtungen zum Einblasen der Pellets.
- Neue Kaminanlage an Hoffassade über Dach geführt.
- Zentrale Druckexpansionsanlage.
- Fernleitungsregelgruppe
- Fernwärmeleitungsnetz mit Unterstationen mit Wärmemesseinrichtungen und individueller autom. Heiztemperaturregelung. (Wärmeverteilung bleibt bestehen).

Investitionskosten für die Wärmeerzeugung

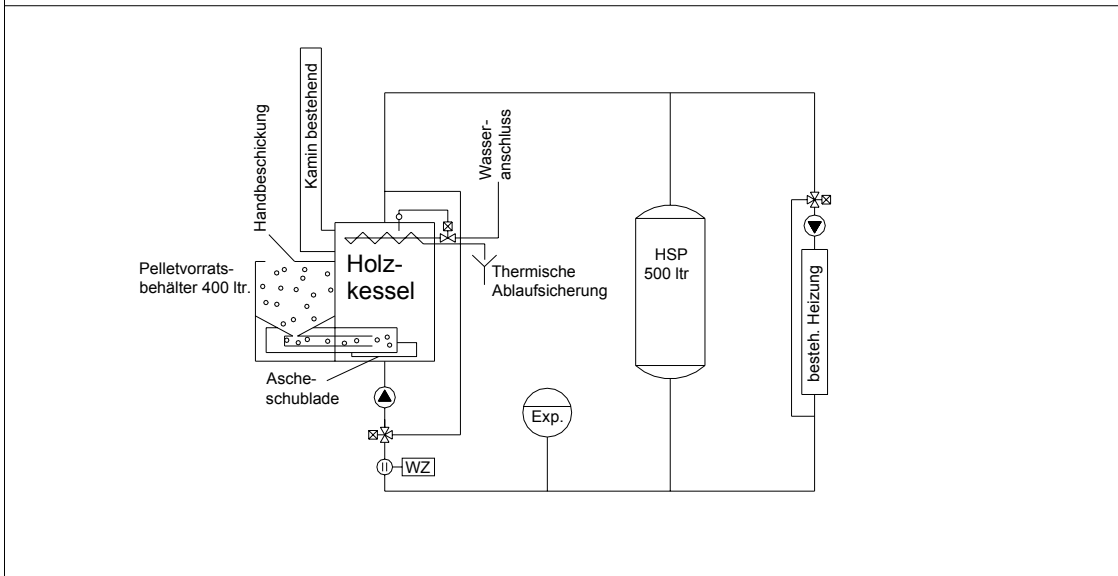
Variante 1		Total	Bemerkungen
<i>Technik:</i>		480 000.00	
Heizungsinstallationen	155 000.00		
Fernleitungsnetz	240 000.00		
Rückbau Ölheizung	50 000.00		
Elektroinstallationen	35 000.00		
<i>Bau:</i>			
Bauliche Arbeiten		150 000.00	Inkl. Tiefbauarbeiten
Honorare und Baunebenkosten		100 000.00	
Total Investitionen für die Wärmeerzeugung		730 000.00	Kosten massgebend für Wirtschaftlichkeitsrechnung Kap. 5.2

4.2 Variante 2 dezentrale Wärmeerzeugung mit Pelletfeuerung

Konzept

Die notwendig Heizwärme wird in einem Heizkessel für Pelletfeuerung erzeugt. Die Pellets werden sackweise (von Hand) in einen Vorratsbehälter, der am Kessel angebaut ist, eingefüllt. Aus dem Vorratsbehälter gelangen die Pellets in den Heizkessel, wo sie verfeuert werden. Die Asche fällt in eine Schublade am Kessel, die im Winter wöchentlich geleert werden muss. Die Holzfeuerungsanlage benötigt einen Aufwand für die Brennstoffversorgung, die Ascheentsorgung und für Reinigungen.

Prinzipschema Variante 2: dezentral, Pelletfeuerung



Kurzbeschreibung

- Holzheizkessel für Pelletsfeuerung (Notbetrieb mit Stückholz möglich) mit autom. Regelung der Heiztemperatur.
- Vorratsbehälter für Pelletslagerung (reicht für ca. 3 Tage im tiefen Winter)
- Kaminanlage kann weitergenutzt werden.
- Lagerplatz für Pellets (in Säcken abgepackt) notwendig :
Pelletsverbrauch: 2 600 kg/a (entspricht 4,5 m³/a)
- Pufferspeicher für Verbesserung des Schwachlastbetriebes.
- Thermische Ablaufsicherung als Überhitzungsschutz notwendig.
- Asche fällt in eine Schublade, die im Winter wöchentlich geleert werden muss.
- Wärmeverteilung (Heizkörperheizung) bleibt unverändert bestehen.

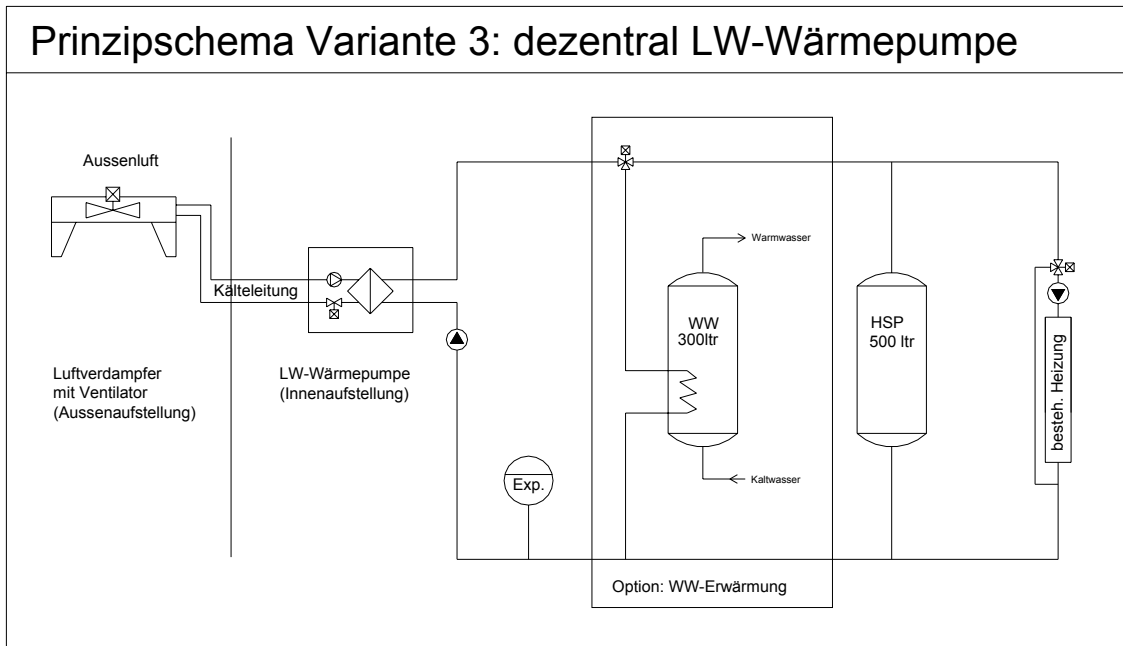
Investitionskosten für die Wärmeerzeugung

Variante 2		Pro REFH	Bemerkungen
<i>Technik:</i>		27 000.00	
Heizungsinstallationen	23 000.00		
Fernleitungsnetz	0.00		
Rückbau Ölheizung	1 000.00		Ohne Tankanlage
Elektroinstallationen	3 000.00		
<i>Bau:</i>			
Bauliche Arbeiten		3 000.00	Ink. Baureinigung, Maler
Honorare und Baunebenkosten		1'000.00	
Total Investitionen für die Wärmeerzeugung		31 000.00	Kosten massgebend für Wirtschaftlichkeitsrechnung Kap. 5.2

4.3 Variante 3: dezentrale Wärmeerzeugung mit Luftwasser-Wärmepumpe

Konzept

Heizwärme wird in einer Wärmepumpenanlage erzeugt. Als Wärmequelle dient Aussenluft. Angetrieben wird die Wärmepumpe mit Strom (aus Wasserkraft). Die Wärmenutzung aus der Aussenluft benötigt einen Aussenverdampfer mit Ventilator. Das Geräusch des Ventilators muss unter dem SIA-Lärmgrenzwert für ruhige Wohnzonen liegen. Als Option könnte auch das Warmwasser mit der Wärmepumpe auf ca 50°C erwärmt werden.



Kurzbeschreibung

- Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle Aussenluft.. Ca. 2/3 des Energiebedarfs für die Raumheizung wird aus der Aussenluft gewonnen.
- Luftverdampfer (Wärmequelle) im Freien aufgestellt Geräuschemissionen beachten.
- Pufferspeicher für Verbesserung des Schwachlastbetriebes.
- Wärmeverteilung (Heizkörperheizung) bleibt unverändert bestehen.

Investitionskosten für die Wärmeerzeugung

Variante 3		Pro REFH	Bemerkungen
<i>Technik:</i>		33 000.00	
Heizungsinstallationen	27 000.00		Ohne Tankanlage
Fernleitungsnetz	0.00		
Rückbau Oelheizung	1 000.00		
Elektroinstallationen	5 000.00		
<i>Bau:</i>			
Bauliche Arbeiten		6 000.00	Ink. Baureinigung, Maler
Honorare und Baunebenkosten		1 000.00	
Total Investitionen für die Wärmeerzeugung		40 000.00	Kosten massgebend für Wirtschaftlichkeitsrechnung Kap. 5.2

Option WW-Erwärmung mit Wärmepumpe (Umstellung auf Elektroheizung möglich)

ca Fr. 5 000.00

5. Variantenvergleich und Wirtschaftlichkeit

5.1 Gegenüberstellung der drei Varianten

	Variante 1 Zentral mit autom. Pelletfeuerung	Variante 2 dezentral mit Pelletfeuerung	Variante 3 Dezentral mit LW-Wärmepumpe
Wärmeversorgung	Zentral für Raumbeheizung WW dezentral mit Strom	Dezentral für Raumheizung WW dezentral mit Strom	Dezentral für Raumheizung WW dezentral mit Strom
Wärmeproduktion	Zentral mit autom Pelletfeuerung	Dezentral mit Pelletfeuerung, mit Vorratsbehälter (Hand- beschickung)	Mit Elektro-Wärmepumpe mit Aussenluft als Wärmequelle
Platzbedarf	Zentrale im ehemaligen Oeltankraum.	Bestehender Heizraum	Bestehender Heizraum
Total-Investitionen für die Wärmeerzeugung pro REFH	ca Fr. 730 000.00 ca Fr. 24 300.00	ca Fr. 31 000.00	ca Fr. 40 000.00
Nutzenergiebedarf total Nutzenergiebedarf REFH	400 000 kWh/a	12 000 kWh/a	12 000 kWh/a
Energiekosten pro REFH ohne externe Kosten mit externen Kosten	ca Fr./a 1 241.00 ca Fr./a 1 501.00	ca Fr./a 1 491.00 ca Fr./a 1 763.00	ca Fr./a 624.00 ca Fr./a 864.00
Instandhaltungskosten pro REFH	ca Fr./a 13 103.00 ca Fr./a 437.00	ca Fr./a 920.00	ca Fr./a 1 080.00
Pro	- Investitionskosten - erneuerbarer Energieträger - fast CO2-neutral	- erneuerbarer Energieträger - fast CO2-neutral	- erneuerbare Energie, mit Strom aus Wasserkraft. - keine örtliche Umwelt- belastung
Kontra	- Luftbelastung (Feinstaub) - arbeitsintensiver (Betriebs- überwachung, Reinigung). - Einverständnis aller Grund- eigentümer erforderlich - Personalkosten für die Betriebsführung der zentralen Heizungsanlage. - weniger Flexibilität beim Heizbetrieb (Heizgrenzen). - Nur sinnvoll, wenn mind. 90% der REFH an der zentr. Heizanlage angebunden werden.	- Luftbelastung (Feinstaub) - arbeitsintensiver (Betriebs- überwachung, Reinigung) - Eigenleistungen notwendig. - Platz für Brennstofflagerung notwendig	- Lärmemissionen; Nachbarn unbedingt informieren. - Investitionskosten - das rel. hohe Heizniveau der bestehenden Heizung verursacht einen rel. ungünstigen WP-Betrieb (Leistungsziffer unter 3,0). - Eigenleistungen notwendig.

5.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Grundlagen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung und die Erläuterungen zu den externen Kosten siehe Kap. 3.3.

Wirtschaftlichkeitsvergleich (Tabelle 5.3) ohne externen Kosten. (5.4) mit externen Kosten.

Bei den **Investitionskosten** sind alle anfallenden Kosten inkl. Honorare und Nebenkosten für die Wärmeerzeugungsanlagen enthalten.

Die **Betriebskosten** setzen sich aus den Energiekosten und den Instandhaltungskosten zusammen.

Der Nutzenergieverbrauch ist bei allen Varianten gleich hoch; nicht aber der Endenergieverbrauch, da die verschiedenen Wärmeerzeugungsarten unterschiedliche Wirkungsgrade haben.

Die **Kapital- und Betriebskosten** zusammen ergeben die jährlich anfallenden Kosten für die Wärmeversorgung. Bei der Variante 1 zentrale Lösung wurde die Jahreskosten durch 30 (REFH) geteilt.

5.3 Tabelle Wirtschaftlichkeitsvergleich (ohne externe Kosten)

Berechnungsmodell :				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 0
ohne Berücksichtigung der externen Kosten				zentral, autom. Pelletfeuerung	dezentral Pelletfeuerung	Dezentral LW- Wärmepumpe	dezentral Oelkesslersatz
A) Investitionskosten							
Heizungsinstallationen	15a	Fr.		155'000.--	23'000.--	27'000.--	8'000.--
Fernleitungsnetz (Heizung)	15a	Fr.		240'000.--	0.--	0.--	0.--
Rückbau Oelheizung	15a	Fr.		50'000.--	1'000.--	1'000.--	0.--
Elektroinstallationen	15a	Fr.		35'000.--	3'000.--	5'000.--	1'000.--
Bauliche Arbeiten	30a	Fr.		150'000.--	3'000.--	6'000.--	500.--
Honorare / Baunebenkosten	30a	Fr.		100'000.--	1'000.--	1'000.--	500.--
Total Investitionskosten		Fr.		730'000.--	31'000.--	40'000.--	10'000.--
Abz. Förderbeiträge		Fr.		0.--	0.--	0.--	0.--
B) Kapitalkosten							
	Zinssatz 4,0%	Laufzeit					
Investitionskosten abz. Förderbeitrag	15a	Fr.		480'000.--	27'000.--	33'000.--	9'000.--
Investitionskosten	30a	Fr.		250'000.--	4'000.--	7'000.--	1'000.--
Kapitalkosten (Amortisationssatz)	15a	8.99%		43'152.--	2'427.--	2'967.--	809.--
Kapitalkosten (Amortisationssatz)	30a	5.78%		14'450.--	231.--	405.--	58.--
Total Kapitalkosten		Fr./a		57'602.--	2'659.--	3'371.--	867.--
C) Betriebskosten							
<u>Energiebedarf</u>							
Nutzenergie Raumheizung		kWh/a		350'000	12'000	12'000	12'000
Fernleitungsverluste		kWh/a		50'000	0	0	0
Nennwärmebedarf		kWh/a		400'000	12'000	12'000	12'000
<u>Endenergieverbrauch</u>							
Heizöl		kWh/a		0	0	0	13'333
Holz-Pellet, lose geliefert		kWh/a		470'588	0	0	0
Holz-Pellet, 20 kg Säcke		kWh/a			14'118	0	0
Strom für Heizung (zB Pumpen)		kWh/a		15'000	1'200	0	1'200
Strom WP		kWh/a		0	0	4'800	0
<u>Energiekosten inkl. MWST</u>							
	Energiepreis	Rp/kWh					
Heizöl	7.4	Fr./a		0.--	0.--	0.--	987.--
Holz-Pellet lose	7.4	Fr./a		34'824.--	0.--	0.--	0.--
Holz-Pellet Säcke	9.2	Fr./a		0.--	1'299.--	0.--	0.--
Strom mittel	16.0	Fr./a		2'400.--	192.--	0.--	192.--
Strom, WP	13.0	Fr./a		0.--	0.--	624.--	0.--
Total Energiekosten		Fr./a		37'224.--	1'491.--	624.--	1'179.--
<u>Instandhaltungs- und Verwaltungskosten</u>							
Wartung und Unterhalt Wärmeerzeugung (2-4%)		Fr./a		6'200.--	920.--	1'080.--	480.--
Personalaufwand (Var. 1: 70 Std. à Fr. 80.00)		Fr./a		5'600.--	Eigenleistungen erforderlich	0.--	0.--
Verwaltung (3% der Heizkosten)		Fr./a		1'303.--	Eigenleistungen erforderlich	Eigenleistungen erforderlich	Eigenleistungen erforderlich
Total Instandhaltungs- und Verwaltungskosten		Fr./a		13'103.--	920.--	1'080.--	480.--
Total Betriebskosten		Fr./a		50'326.--	2'411.--	1'704.--	1'659.--
D) Kapital- und Betriebskosten							
Kapital- und Betriebskosten pro Jahr, zentral		Fr./a		107'928.--			
Kapital- und Betriebskosten pro Jahr, REFH		Fr./a		3'598.--	5'069.--	5'075.--	2'526.--
Jahresmehrkosten gegenüber Einzel-Oelheizung				1'072.--	2'544.--	2'550.--	0.--
Wärmepreis		Rp/kWh		27.0	42.2	42.3	21.0

5.4 Tabelle Wirtschaftlichkeitsvergleich (mit externen Kosten)

Berechnungsmodell :				Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 0
mit Berücksichtigung der externen Kosten				zentral, autom. Pelletfeuerung	dezentral Pelletfeuerung	Dezentrale LW-Wärmepumpe	dezentral Oelkesslersatz
A) Investitionskosten							
Heizungsinstallationen	15a	Fr.		155'000.--	23'000.--	27'000.--	8'000.--
Fernleitungsnetz (Heizung)	15a	Fr.		240'000.--	0.--	0.--	0.--
Rückbau Oelheizung	15a	Fr.		50'000.--	1'000.--	1'000.--	0.--
Elektroinstallationen	15a	Fr.		35'000.--	3'000.--	5'000.--	1'000.--
Bauliche Arbeiten	30a	Fr.		150'000.--	3'000.--	6'000.--	500.--
Honorare / Baunebenkosten	30a	Fr.		100'000.--	1'000.--	1'000.--	500.--
Total Investitionskosten		Fr.		730'000.--	31'000.--	40'000.--	10'000.--
Abz. Förderbeiträge		Fr.		0.--	0.--	0.--	0.--
B) Kapitalkosten							
	Zinssatz 4,0%	Laufzeit					
Investitionskosten abz. Förderbeitrag	15a	Fr.		480'000.--	27'000.--	33'000.--	9'000.--
Investitionskosten	30a	Fr.		250'000.--	4'000.--	7'000.--	1'000.--
Kapitalkosten (Amortisationssatz)	15a	8.99%		43'152.--	2'427.--	2'967.--	809.--
Kapitalkosten (Amortisationssatz)	30a	5.78%		14'450.--	231.--	405.--	58.--
Total Kapitalkosten		Fr./a		57'602.--	2'659.--	3'371.--	867.--
C) Betriebskosten							
<u>Energiebedarf</u>							
Nutzenergie Raumheizung		kWh/a		350'000	12'000	12'000	12'000
Fernleitungsverluste		kWh/a		50'000	0	0	0
Nennwärmebedarf		kWh/a		400'000	12'000	12'000	12'000
<u>Endenergieverbrauch</u>							
Heizöl		kWh/a		0	0	0	13'333
Holz-Pellet, lose geliefert		kWh/a		470'588	0	0	0
Holz-Pellet, 20 kg Säcke		kWh/a			14'118	0	0
Strom für Heizung (zB Pumpen)		kWh/a		15'000	1'200	0	1'200
Strom WP		kWh/a		0	0	4'800	0
<u>Energiekosten inkl. MWST</u>							
		Energiepreis Rp/kWh					
Heizöl (+4,5 Rp/kWh)	7.4	Fr./a		0.--	0.--	0.--	1'453.--
Holz-Pellet lose (+1,5 Rp/kWh)	7.4	Fr./a		41'882.--	0.--	0.--	0.--
Holz-Pellet Säcke (+1,5 Rp/kWh)	9.2	Fr./a		0.--	1'511.--	0.--	0.--
Strom mittel (+5,0 Rp/kWh)	16.0	Fr./a		3'150.--	252.--	0.--	252.--
Strom, WP (+5,0 Rp/kWh)	13.0	Fr./a		0.--	0.--	864.--	0.--
Total Energiekosten		Fr./a		45'032.--	1'763.--	864.--	1'705.--
<u>Instandhaltungs- und Verwaltungskosten</u>							
Wartung und Unterhalt Wärmeerzeugung (2-4%)	Fr./a			6'200.--	920.--	1'080.--	480.--
Personalaufwand (Var. 1: 70 Std. à Fr. 80.00)	Fr./a			5'600.--	Eigenleistungen erforderlich	0.--	0.--
Verwaltung (3% der Heizkosten)	Fr./a			1'537.--	Eigenleistungen erforderlich	Eigenleistungen erforderlich	Eigenleistungen erforderlich
Total Instandhaltungs- und Verwaltungskosten	Fr./a			13'337.--	920.--	1'080.--	480.--
Total Betriebskosten	Fr./a			58'369.--	2'683.--	1'944.--	2'185.--
D) Kapital- und Betriebskosten							
Kapital- und Betriebskosten pro Jahr, zentral	Fr./a			115'971.--			
Kapital- und Betriebskosten pro Jahr, REFH	Fr./a			3'866.--	5'341.--	5'315.--	3'052.--
Jahresmehrkosten				813.--	2'289.--	2'263.--	0.--
Wärmepreis	Rp/kWh			29.0	44.5	44.3	25.4

6. Zusammenfassung

Die Grobanalyse des Energieverbrauchs zeigt, dass die 18-jährigen Gebäude der Siedlung relativ wenig Heizenergie verbrauchen (ca 25% unter empfohlenem SIA-Grenzwert). Jedoch um den Minenergie-Standard zu erreichen, müssten die Gebäudehüllen der Häuser zusätzlich wärmegeklämmt werden und es müsste pro Haus eine Komfortlüftungsanlage eingebaut werden.

Als Alternative zum Oelkesslersatz wurden drei mögliche Arten der Wärmezeugung untersucht und verglichen:

- Variante 1 *Zentrale Wärmezeugung; Nahwärmeverbund mit autom. Pelletheizung*
- Variante 2 *Dezentrale Wärmezeugung; Holzfeuerung mit Pellets (bzw. Stückholz)*
- Variante 3 *Dezentrale Wärmezeugung; Luft/Wasser - Wärmepumpenanlage*

Oelkesslersatz am wirtschaftlichsten jedoch mit Umweltproblemen

Der Oelkesslersatz ist bei heutigen Brennstoffpreisen nach betriebswirtschaftlichen Kriterien am günstigsten, gefolgt von der zentralen Pelletfeuerung mit ca Fr. 1 072.00 höheren Gesamtjahreskosten.

Die Oelheizung belastet jedoch die Umwelt, insbesondere wegen dem grossen CO₂-Ausstoss. Ferner ist Heizöl ein nichterneuerbarer Energieträger.

Die drei untersuchten Varianten sind zukunftsgerichtete Wärmezeugungsarten, die jedoch rel. hohe Investitionen verlangen und daher kostenmässig schlecht aussehen im Vergleich mit dem technisch einfachen Oelkesslersatz.

Wärmepumpenanlage mit Aussenluft als Wärmequelle eher problematisch

Eine Elektro-Wärmepumpenanlage wäre eine ökologische Art der Wärmezeugung. Es wird nur ca 40% Primärenergie in Form von Strom (aus Wasserkraft) benötigt. 60% der notwendigen Energie würde die Aussenluft liefern.

Da die Häuser sehr dicht beieinanderliegen, wird eine rel. teure Lösung notwendig, damit die Lärmmissionen in Grenzen gehalten werden.

Holz-Pelletfeuerung zentral und dezentral eine echte Alternative

Mit der Pellet-Holzfeuerungsanlage käme ein erneuerbarer Energieträger zum Einsatz, der die Umwelt nur mit wenig CO₂ belastet. Nachteil sind allerdings die Feinstaubemission, die in Zukunft mit Filteranlagen aber massiv reduziert werden können.

Die Holzfeuerung benötigt generell mehr Betriebsaufwand für die Bedienung, Brennstoffbeschaffung und Reinigung.

Option Solaranlage

Die Option der dezentralen Solaranlage kann bei allen Varianten eingelöst werden.

Mit der Solaranlage könnte das Warmwasser zu ca 60% erwärmt werden. Eine Nacherwärmung im Winter müsste in jedem Fall durch die Elektroheizung (od. Oelheizung) erbracht werden.

Die Kollektoren müssten auf die Südseite platziert werden, was nicht bei allen REFH-Einheiten möglich wäre.

Die Investitionskosten belaufen sich auf ca Fr. 15 - 25 000.00.

Energiekosten könnten pro Jahr ca Fr. 200.00 eingespart werden.

Die dezentrale Solaranlage kann unabhängig der Heizungssanierung eingebaut werden.

Luftschadstoffe

Belastung der verschiedenen Varianten

