

Stadt Friedrichshafen

Nahwärmeversorgung Graf-Zeppelin-Gymnasium Gebäude 021

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterschiedlicher Varianten zur Wärmeerzeugung

Variante Energiepreissteigerung 0 % gemäß Vorgabe Stadtbauamt vom 05.05.2017
Berücksichtigung Preissteigerung 4,8 % gemäß Statistischem Bundesamt

Ravensburg, 28.09.2018
Dipl.-Ing. Matthias Lang

Inhalt:

1 Einleitung	2
2 Wärmeerzeugung	3
2.1 Randbedingungen	3
2.1.1 Nennwärmeleistung	3
2.1.2 Jahresenergieverbrauch	4
2.1.3 Energiepreise	4
2.1.4 Verzinsung	4
2.2 Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg – EWärmeG 2015	5
2.3 Varianten zu Wärmeerzeugung	6
2.3.1 Variante 1: Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan	6
2.3.2 Variante 2: Gasbrennwertkessel mit Pelletskessel	6
2.3.3 Variante 3: Nahwärmeversorgung durch Stadtwerk am See (Ang. 04.04.2017)	7
2.4 Investitionskosten	7
2.5 Restwerte	8
3 Wirtschaftlichkeit	9
3.1 Betriebsparameter der Varianten	9
3.2 Jahresgesamtkosten	9
4 Zusammenfassung	10
5 Anhang	11

1 Einleitung

In diesem Bericht wird die Wirtschaftlichkeit verschiedener Systeme zur Wärmeerzeugung für das Graf Zeppelin Gymnasium untersucht.

Die Wirtschaftlichkeit wird nach VDI 2067 Blatt 1 "Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen" 09/2012 berechnet.

Neben den Investitionskosten werden die Kosten für Verbrauch, Betrieb, Instandsetzung, Wartung und Bedienung berücksichtigt.

Als Ergebnis werden die mittleren Jahresgesamtkosten für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahre berechnet.

Neben den ökonomischen Werten werden auch die ökologischen Werte ermittelt.

Um eine bessere Übersicht zu erhalten werden die detaillierten Berechnungen im Anhang aufgeführt. Im Bericht selbst sind die Ergebnisse aufgeführt.

Alle Preise sind, wenn nicht eindeutig ausgewiesen, einschl. 19 % MwSt.

2 Wärmeerzeugung

2.1 Randbedingungen

2.1.1 Nennwärmeleistung

Von Mai bis September 2016 wurde eine Bestandsaufnahme der Heizungsanlage gemacht. Ziel war es neben der Leitungsführung auch den Ist-Zustand der installierten Heizflächen festzustellen, die Heizlast zu berechnen und die Hydraulik neu zu berechnen.

Als Wärmeerzeuger sind derzeit 1 Niedertemperaturölkessel und 2 Brennwertgaskessel installiert.

	Fabrikat/Typ	Heizleistung	Baujahr
Wärmeerzeuger 1	Fabrikat: Viessmann Typ: Vertomat	370 kW	1994
Wärmeerzeuger 2	Fabrikat: Viessmann Typ: Paromat-Triplex	575 kW	1994
Wärmeerzeuger 3	Fabrikat: Viessmann Typ: Condensola RN	22 kW	1994
Summe		967 kW	

Die neu zu installierende Heizleistung setzt sich wie folgt zusammen.

Beschreibung		Zustand
Normheizlast Gebäude Altbau (Stand 06/2016)	171,2 kW	-
Normheizlast Gebäude A1+A2+B2 (Stand 06/2016)	129,8 kW	-
Normheizlast Gebäude C1+C2+C3+B1 (Stand 06/2016)	234,2 kW	-
Lüftung (Stand 06/2016)	29 kW	-
Summe	564,2 kW	

Die neu zu installierende Nennwärmeleistung ist **564,2 kW**.

Die Abnehmer mit den zugehörigen Systemtemperaturen sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Heizgruppen	Vorlauf-/Rücklaufemperatur [°C]
Lüftung	75/55
Altbau SW	75/55
Altbau NO	75/55
Bauteil A+B	75/55
Bauteil C3	75/55
Bauteil C2	75/55
Altbau Verwaltung	75/55
Bauteil C1	75/55

2.1.2 Jahresenergieverbrauch

Zur Ermittlung der verbrauchsgebundenen Kosten wird der Energieverbrauch der letzten Jahre herangezogen.

Wärmeverbrauch (witterungsbereinigt)	GZG
Wärmeverbrauch 2013 [MWh]	750
Wärmeverbrauch 2015 [MWh]	910
Wärmeverbrauch 2016 [MWh]	1.007
Durchschnitt [MWh]	889
Jahresnutzungsgrad Heizkessel	0,83
Jahreswärmebedarf [MWh]	738
Plausibilitätsprüfung	
Heizlast [kW]	564,2
Vollbenutzungsstunden [h]	1308

Da der Energieverbrauch auch durch die Art der Wärmeerzeugung beeinflusst wird, wird der Jahresnutzungsgrad der bestehenden Heizkessel mit 0,83 berücksichtigt.

Somit setzt sich der Jahresenergieverbrauch wie folgt zusammen.

	GZG
Heizlast [kW]	564,2
Vollbenutzungsstunden [h]	1300
Jahreswärmebedarf [kWh]	733.460

Der Jahresenergieverbrauch für die Wirtschaftlichkeitsberechnung beträgt **733.460 kWh**.

2.1.3 Energiepreise

Es werden folgende Energiepreise für die einzelnen Energieträger angesetzt. Alle Preise sind zzgl. 19 % MwSt. angegeben.

Energieträger	Grundpreis netto [€/a]	Arbeitspreis netto [Cent/kWh]	Quelle
Erdgas	121,05 €	5,0295	Rahmenvertrag SWSee Sonderabkommen (01.10.2011)
Nahwärme	23.165,00 €	7,0	Angebot SWSee vom 04.04.2017
Pellets	-	0,36336	Preisindex CARMEN e.V. September 2016

2.1.4 Verzinsung

Um für einen längeren Zeitraum die Anlagen vergleichen zu können, sind verschiedene Parameter für Zinssätze und Preissteigerungen erforderlich.

Folgende Parameter werden angesetzt.

Betrachtungszeitraum:	20 Jahre
Kreditzinssatz:	2,70 % / Jahr
Allgemeine Preissteigerungsrate:	2% / Jahr

Energiepreissteigerung: 0 % / Jahr (Vorgabe SBA FN 05.05.17)
Preissteigerung Grundpreis Nahwärmeversorgung 2% / Jahr

2.2 Erneuerbare-Wärme-Gesetz Baden-Württemberg – EWärmeG 2015

Das EWärmeG 2015 ist bei einer Heizungssanierung anzuwenden. Entsprechend müssen die Erfüllungsoptionen mit der Anrechnung für Nichtwohngebäude angesetzt werden.

Die Erfüllungsoptionen für Nichtwohngebäude sind:

1. Solarthermie
2. Holzzentralheizung
3. Wärmepumpe
4. Biogas
5. Bioöl
6. Baulicher Wärmeschutz
 - a. Dach/oberste Geschossdecke
 - b. Außenwände
 - c. Kellerdeckendämmung
 - d. Transmissionswärmeverlust
 - e. Bilanzierung des Wärmeenergiebedarfs
7. Hocheffiziente KWK
8. Anschluss an Wärmenetz* (min 50% KWK oder 15 % EE oder Abwärme)
9. Photovoltaik
10. Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen und Abwärmenutzung
11. Sanierungsfahrplan

Zu 1.): Aufgrund der nur geringen zentralen Warmwasserbereitung nur für die Hausmeisterwohnung ist der Einsatz von Solarthermie nicht sinnvoll. Insbesondere ist auch eine Heizungsunterstützung aufgrund des höheren Temperaturniveaus der gesamten Heizungsanlage ebenfalls nicht sinnvoll. In der Variantenuntersuchung wird Solarthermie nicht weiter berücksichtigt.

Zu 2.): Die Option Holzzentralheizung in Form einer Pelletsheizung wird für die Variantenuntersuchung berücksichtigt.

Ein Holzhackschnittelkessel wird nicht betrachtet. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten wäre eine Brennstoffbeschickung und Andienung nur mit sehr hohem baulichen und technischem Aufwand verbunden.

Zu 3.): Aufgrund des höheren Temperaturniveaus der gesamten Heizungsanlage ist der Einsatz einer Wärmepumpe in Verbindung mit Geothermie oder Umweltwärme nicht sinnvoll und wird daher nicht weiter berücksichtigt. Bei Geothermie ist ein weiteres Ausschlusskriterium der fehlende Platz für eine Erdsondenanlage.

Zu 4., 5.): Biogas und Bioöl können aufgrund der Anlagengröße (größer 50 kW) nicht als Erfüllungsoption angesetzt werden.

Zu 6.): Der bauliche Wärmeschutz wird in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Anrechenbare Erfüllungsoptionen werden unter 11. „Sanierungsfahrplan“ berücksichtigt.

Zu 7.): Der Einsatz eines BHKW ist aufgrund der geringen Laufzeit nicht sinnvoll. Gemäß dem Jahresbericht ist nach den Lastkurven ein gesicherter Betrieb nur von November bis März möglich. Dies entspricht ca. max. 3624 Stunden. In April und Oktober müsste das BHKW dann min. 5 weiteren Wochen voll in Betrieb sein um das Kriterium der Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Aufgrund einer nur sehr kleinen Warmwasserbereitung kann hiervon nicht ausgegangen werden.

Gemäß EWärmeG-BW müsste der Deckungsanteil min. 50 % betragen. Dies lässt sich mit einem BHKW nicht wirtschaftlich realisieren.

Zu 8.): Der Anschluß an ein Nahwärmenetz wird für die Variantenuntersuchung berücksichtigt.

Zu 9.): Zur Erfüllung des EWärmeG BW 2015 kann eine PV-Anlage als Ersatzmaßnahme angerechnet werden. Zum Erreichen der insgesamt erforderlichen 15% gilt für die Photovoltaikanlage folgende Staffelung.

0,0067 kWp pro m ² Nettogrundfläche	→ 5 %	entspricht ca. 67 kWp
0,0133 kWp pro m ² Nettogrundfläche	→ 10 %	entspricht ca. 133 kWp
0,02 kWp pro m ² Nettogrundfläche	→ 15 %	entspricht ca. 200 kWp

Das Graf-Zeppelin-Gymnasium hat eine Nettogrundfläche von ca. 10.000 m².

Zur kompletten Erfüllung sind ca. 800 PV-Module erforderlich. 800 Module entsprechen einer Fläche von ca. 1.280 m². Da eine solche Fläche auf dem Gebäude nicht zur Verfügung steht, wird diese Erfüllungsoption nicht weiter untersucht.

Zu 10.): Der Einbau einer hocheffizienten Wärmerückgewinnungsanlage in Lüftungsanlagen ist eine Erfüllungsoption. Die rückgewonnene Wärmemenge abzüglich des dreifachen Stromaufwands zum Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage muss mindestens 15 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs decken.

Der Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage muss außerdem mindestens 70 % und das Verhältnis von der aus der Wärmerückgewinnung stammenden und genutzten Wärme zu Stromeinsatz für den Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage mindestens 10:1 betragen. Für die Ermittlung der anrechenbaren rückgewonnenen Wärme bietet das Gesetz einen vereinfachten Nachweis an.

Diese Erfüllungsoption kann technisch nicht realisiert werden und wird daher nicht weiter untersucht.

Zu 11.): Ein Sanierungsfahrplan berücksichtigt in erster Linie den baulichen Wärmeschutz und wird ebenfalls in der Variantenuntersuchung berücksichtigt. Kosten für den baulichen Wärmeschutz werden allerdings nicht berücksichtigt.

2.3 Varianten zu Wärmeerzeugung

Es werden 3 Varianten untersucht. Den Austausch der bestehenden Technik, den Austausch mit der Ergänzung eines Holzpelletskessels und die externe Versorgung durch SWSee.

2.3.1 Variante 1: Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan

Zur Wärmeerzeugung wird in den Gebäuden 1 Gasbrennwertkessel und 1 Gasbrennwerttherme für die Hausmeisterwohnung installiert.

Leistungsdaten:

Graf-Zeppelin-Gymnasium

1 Gasbrennwertkessel à 620 kW (575 kW bei VL/RL 80/60 °C)

1 Gasbrennwerttherme à 26 kW (23,7 kW bei VL/RL 80/60 °C)

Als Jahresnutzungsgrad für die Kesselanlagen wird 0,93 angesetzt.

2.3.2 Variante 2: Gasbrennwertkessel mit Pelletskessel

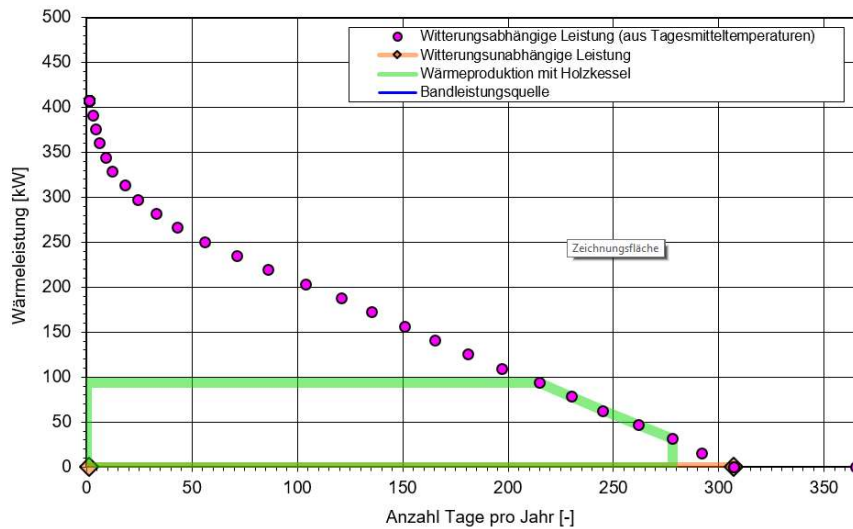
Zur Wärmeerzeugung wird 1 Gasbrennwertkessel und 1 Gasbrennwerttherme für die Hausmeisterwohnung installiert.

Zusätzlich wird ein Pelletskessel installiert.

Graf-Zeppelin-Gymnasium:

Für den Brennwertkessel wird ein Jahresnutzungsgrad von 0,93 angesetzt.

Gemäß Jahresdauerlinie beträgt der Deckungsanteil des Pelletskessels ca. 51,3 % am Jahresenergieverbrauch.



Der Jahresnutzungsgrad des Pelletskessels beträgt 0,87.

Leistungsdaten:

- 1 Gasbrennwertkessel à 620 kW (575 kW bei VL/RL 80/60 °C)
- 1 Gasbrennwerttherme à 26 kW (23,7 kW bei VL/RL 80/60 °C)
- 1 Pelletskessel à 101 kW (modulierend 30-101 kW)

2.3.3 Variante 3: Nahwärmeversorgung durch Stadtwerk am See (Ang. 04.04.2017)

Die beiden Gebäude werden durch die Nahwärmeversorgung der SWSee versorgt.

Der Berechnung wird das Angebot der SWSee vom 04.04.17 zugrunde gelegt. Der Baukostenzuschuß beträgt 30.750,00 € zzgl. MwSt. Für die Bereitstellung der Nahwärme wird eine rechnerische Nutzungsdauer von 40 Jahren angesetzt.

2.4 Investitionskosten

In der unteren Tabelle sind die Investitionskosten der 3 Varianten gegenübergestellt. Da die ursprünglichen Investitionen im Mai 2017 ermittelt wurden, ist eine Aktualisierung der Investitionskosten gemäß der Preissteigerung des Statistischen Bundesamtes erforderlich.

Die Preissteigerung beträgt für das 2. Quartal 2018 gegenüber dem 2. Quartal 2017 4,8 %. Für die Varianten 1 und 2 sind die Preissteigerungen berücksichtigt. Für Variante 3 werden nur die Eigenleistungen mit einer Preissteigerung beaufschlagt.

Die Variante 3 "Nahwärmeversorgung SWSee" hat die niedrigsten Investitionskosten.

Variante	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Beschreibung	Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan	Gasbrennwertkessel mit Holzpelletskessel	Nahwärmeversorgung SWSee
<i>Investitionskosten brutto (Stand 11.05.2018)</i>	71.697,50 €	152.468,75 €	43.817,50 €
Investitionskosten brutto (2. Quartal 2018)	75.138,98 €	159.787,25 €	44.164,30 €
Differenz zu günstigster Variante (2. Quartal 2018)	30.974,68 €	115.622,95 €	- €

Die Kosten sind detailliert im Anhang 5 aufgeführt. In allen Varianten sind die Planungskosten enthalten.

Bei Variante 1 und Variante 2 ist zu beachten, dass die Heizkessel erst in ca. 7 Jahren erneuert werden müssen.

In den Herstellungskosten sind Kosten für Sekundärmaßnahmen wie der hydraulische Abgleich und Austausch von Thermostatventilen nicht enthalten. Dies ist aufgrund bereits in den letzten Jahren durchgeführter Sanierungsmaßnahmen nicht erforderlich.

2.5 Restwerte

Wie im vorigen Kapitel beschrieben, werden die Heizkessel in beiden Gebäuden erst zu einem späteren Zeitpunkt getauscht werden müssen.

In dieser Variante der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird ein Restwert für die bestehenden Heizkessel nicht berücksichtigt.

3 Wirtschaftlichkeit

Betrachtet man die Wirtschaftlichkeit für einen längeren Zeitraum, müssen neben den Investitionskosten u.a. die Lebensdauer, die Betriebskosten und der Verbrauch der einzelnen Komponenten berücksichtigt werden.

3.1 Betriebsparameter der Varianten

Die Betriebsparameter für die einzelnen Komponenten sind die rechnerische Nutzungsdauer (Lebensdauer), der Aufwand für Instandsetzung, der Aufwand für Wartung und der Aufwand für die Bedienung. Die Werte für die Anlagenkomponenten sind in der VDI 2067 Blatt 1 erfasst.

Die detaillierte Auflistung ist im Anhang.

3.2 Jahresgesamtkosten

Die Jahresgesamtkosten setzen sich aus den kapitalgebundenen Kosten (Investition, Instandsetzung), den verbrauchsgebundenen Kosten (Energieverbrauch für Heizung) und den betriebsgebundenen Kosten (Wartung, Bedienung) zusammen.

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse aufgeführt (die detaillierten Berechnungen sind im Anhang).

Variante	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Beschreibung	Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan	Gasbrennwerttechnik mit Holzpellets	Nahwärmeversorgung SWSee
Jährliche Kosten			
Kapitalgebundene Kosten	5.520,71 €	12.261,93 €	2.159,06 €
Verbrauchsgebundene Kosten	47.346,58 €	41.832,48 €	94.005,55 €
Betriebsgebundene Kosten	3.849,53 €	6.690,85 €	- €
Jahresgesamtkosten, brutto	56.716,81 €	60.785,27 €	96.164,61 €
Differenz zu günstigster Variante	- €	4.068,46 €	39.447,79 €

Die Variante 1 „Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan“ ist nach den Jahresgesamtkosten die günstigste Variante.

4 Zusammenfassung

Die Variante 3 „Nahwärmeversorgung SWSee“ ist nach den Investitionskosten die günstigste Variante. Hierbei muss aber berücksichtigt werden, dass die Investitionen für die Varianten 1 und 2 vermutlich erst in 7-12 Jahren getätigt werden müssen.

Auf 20 Jahre gerechnet ist Variante 3 „Nahwärmeversorgung SWSee“ nach den Jahresgesamtkosten die teuerste Variante. Sowohl Variante 1 „Gasbrennwerttechnik“ als auch Variante 2 „Gasbrennwerttechnik mit Holzpellets“ ist günstiger.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Beschreibung	Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan	Gasbrennwerttechnik mit Holzpellets	Nahwärmeversorgung SWSee
Investitionskosten, brutto	75.138,98 €	159.787,25 €	44.164,30 €
Jahresgesamtkosten, brutto	56.716,81 €	60.785,27 €	96.164,61 €

Die CO₂-Emission der Varianten beträgt unter Berücksichtigung des CO₂-Äquivalenten nach Gemis 4.7.

	Bestand	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Beschreibung		Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan	Gasbrennwerttechnik mit Holzpellets	Nahwärmeversorgung SWSee
Energieträger	Öl/Gas	Gas	Gas/Pellets	k.A.
CO₂-Emission [t/a]	214,6	184,9	100,0	k.A.
Einsparung [t/a]		-29,7	-114,6	k.A.
Prozentuale Einsparung		-13,8 %	-53,4 %	k.A.

Im Angebot der Nahwärmeversorgung der SWSee vom 28.02.17 und 04.04.2017 sind keine detaillierten Angaben zur CO₂-Emission gemacht. Es wird beim Anschluß aller an den Nahwärmeverbund angeschlossener Gebäude eine gesamte jährliche Reduzierung von 542 Tonnen angegeben.

Bei Ausführung einer der 3 vorgestellten Varianten sind weiter Kosten für die Demontage der Heizkessel und Anpassungsarbeiten der Wärmeverteilung zu beachten. Diese betragen für das Graf-Zeppelin-Gymnasium zusätzlich brutto 107.719,99 € (Stand 2.Quartal 2018).

5 Anhang

Kostenschätzung					
Variante 1					
Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan					
Gasbrennwertkessel GZG 620 kW mit Zubehör	1	Psch	à	25.152,00 €	25.152,00 €
Gasgebläsebrenner GZG 620 kW	1	Psch	à	6.497,60 €	6.497,60 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	1	Psch	à	5.764,00 €	5.764,00 €
Gasbrennwerttherme	1	Psch	à	2.620,00 €	2.620,00 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	1	Psch	à	2.620,00 €	2.620,00 €
Rohrleitungen mit Zubehör	1	Psch	à	2.620,00 €	2.620,00 €
Restwert Kessel GZG	1	Psch	à	0,00 €	0,00 €
Elektroverkabelung	1	Psch		5.240,00 €	5.240,00 €
Planungskosten anteilig	25%	von		50.513,60 €	12.628,40 €
Investitionskosten netto					63.142,00 €
Mehrwertsteuer	19,0	%			11.996,98 €
Investitionskosten brutto					75.138,98 €

Kostenschätzung					
Variante 2					
Gasbrennwerttechnik mit Holzpellets					
Gasbrennwertkessel GZG 620 kW mit Zubehör	1	Psch	à	25.152,00 €	25.152,00 €
Gasgebläsebrenner GZG 620 kW	1	Psch	à	6.497,60 €	6.497,60 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	1	Psch	à	5.764,00 €	5.764,00 €
Gasbrennwerttherme	1	Psch	à	2.620,00 €	2.620,00 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	1	Psch	à	2.620,00 €	2.620,00 €
Rohrleitungen mit Zubehör	1	Psch	à	2.620,00 €	2.620,00 €
Pelletsessel GZG 101 kW mit Zubehör	1	Psch	à	19.388,00 €	19.388,00 €
Pelletlager mit Fördereinrichtung	1	Psch	à	8.908,00 €	8.908,00 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	1	Psch	à	5.764,00 €	5.764,00 €
Pufferspeicher 3000 Liter mit Isolierung	1	Psch	à	3.982,40 €	3.982,40 €
Rohrleitungen mit Zubehör	1	Psch	à	3.144,00 €	3.144,00 €
Bauliche Maßnahmen	1	Psch	à	12.576,00 €	12.576,00 €
Restwert Kessel GZG	1	Psch	à	0,00 €	0,00 €
Elektroverkabelung	1	Psch		8.384,00 €	8.384,00 €
Planungskosten anteilig	25%	von		107.420,00 €	26.855,00 €
Investitionskosten netto					134.275,00 €
Mehrwertsteuer	19,0	%			25.512,25 €
Investitionskosten brutto					159.787,25 €

Kostenschätzung					
Variante 3					
Nahwärmeversorgung SWSee					
Rohrleitungen mit Zubehör	1	Psch	à	2.994,29 €	2.994,29 €
Elektroverkabelung	1	Psch		2.096,00 €	2.096,00 €
Planungskosten anteilig	25%	von		5.090,29 €	1.272,57 €
Baukostenzuschuß SWSee	1,0	Psch	à	30.750,00 €	30.750,00 €
Investitionskosten netto					37.112,86 €
Mehrwertsteuer	19,0		%		7.051,44 €
Investitionskosten brutto					44.164,30 €

Graf-Zeppelin-Gymnasium
Wirtschaftlichkeitsvergleich Wärmeerzeugung
Annuitätsmethode nach VDI 2067 Blatt 1 - 09/2012
Variante 1
Gasbrennwertkessel mit Sanierungsfahrplan

Parameter Kapitalgebundene Zahlungen	
Betrachtungszeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,70%
Preissteigerung	2,0%
Preisänderungsfaktor r	1,020
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0654
Barwertfaktor	18,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,1938

Parameter Bedarfsgebundene Zahlungen	
Betrachtungszeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,7%
Preissteigerung	0,0%
Preisänderungsfaktor r	1,000
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0654
Barwertfaktor	18,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,0000

Parameter Betriebsgebundene Zahlungen	
Betrachtungszeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,7%
Preissteigerung	2,0%
Preisänderungsfaktor r	1,020
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0654
Barwertfaktor	18,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,1938

Jahresenergieverbrauch	733.460,0
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger 1	0,9300
Anteil Wärmeerzeuger 1 am Jahresenergieverbrauch	100%
Jahresenergieverbrauch Wärmeerzeuger 1	788.666,7
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger 2	1,0000
Anteil Wärmeerzeuger 2 am Jahresenergieverbrauch	0%
Jahresenergieverbrauch Wärmeerzeuger 2	0,0

Kapital	Investition	Rechn. Nutzungsdauer [a]	Aufwand für Instandsetzung [% vom Inv.]	Anzahl der Ersatzbeschaffungen	Barwert der Ersatzinvestitionen				Restwert	Summe der Barwerte	Annuität Summe der Barwerte - a	Annuität der Instandhaltungskosten	Annuität der kapitalgebundenen Zahlungen
					A ₁	A ₂	A ₃	A ₄					
Gasbrennwertkessel GZG 620 kW mit Zubehör	25.152,00 €	20	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	25.152,00 €	1.644,07 €	300,26 €	1.944,33 €
Gasgebläsebrenner GZG 620 kW	6.497,60 €	16	2,0%	1	5.824,10 €	- €	- €	- €	4.250,19 €	8.071,50 €	527,60 €	155,13 €	682,73 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	5.764,00 €	50	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	2.029,86 €	3.734,14 €	244,08 €	68,81 €	312,89 €
Gasbrennwerttherme	2.620,00 €	18	1,5%	1	2.316,52 €	- €	- €	- €	2.031,16 €	2.905,37 €	189,91 €	46,92 €	236,83 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2.620,00 €	50	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	922,66 €	1.697,34 €	110,95 €	31,28 €	142,22 €
Rohrleitungen mit Zubehör	2.620,00 €	40	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	768,89 €	1.851,11 €	121,00 €	31,28 €	152,28 €
Restwert Kessel GZG	0,00 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Elektroverkabelung	5.240,00 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	5.240,00 €	342,51 €	0,00 €	342,51 €
Planungskosten anteilig	12.628,40 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	12.628,40 €	625,46 €	0,00 €	625,46 €
Summe A_{K,K}													4.639,25 €

Verbrauch	Verbrauch	Anschlussleistung	Anschlusspreis	Arbeitspreis	Energiekosten 1. Jahr	Annuität der verbrauchsgebundenen Zahlungen
	[kWh]	[kW]	[€/a]	[€/kWh]		
Wärme - Erdgas	788.667	0,0	121,05 €	0,050295	39.787,04 €	39.787,04 €
Pellets	0	0,0	- €	0,036336	- €	0,00 €
Summe A_{K,V}						39.787,04 €

Betrieb	Aufwand für Wartung [% vom Inv.]	Aufwand für Bedienung in Stunden [h]	Wartungskosten	Bedienungskosten [netto 45,00 €/h]	Betriebskosten	Annuität der betriebsgebundenen Zahlungen
Gasbrennwertkessel GZG 620 kW mit Zubehör	2,0%	20,0	503,04 €	900,00 €	1.403,04 €	1.674,93 €
Gasgebläsebrenner GZG 620 kW	10,0%	0,0	649,76 €	- €	649,76 €	775,67 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2,0%	0,0	115,28 €	- €	115,28 €	137,62 €
Gasbrennwerttherme	1,5%	10,0	39,30 €	450,00 €	489,30 €	584,12 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2,0%	0,0	52,40 €	- €	52,40 €	62,55 €
Rohrleitungen mit Zubehör	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Restwert Kessel GZG	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Elektroverkabelung	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Planungskosten anteilig	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Summe A_{K,B}						3.234,90 €

Gesamtannuität A_K	-47.661,19 €
-------------------------------------	---------------------

Graf-Zeppelin-Gymnasium
Wirtschaftlichkeitsvergleich Wärmeerzeugung
Annuitätsmethode nach VDI 2067 Blatt 1 - 09/2012
Variante 2
Gasbrennwerttechnik mit Holzpellets

Parameter Kapitalgebundene Zahlungen	
Betrachtungszeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,70%
Preissteigerung	2,0%
Preisänderungsfaktor r	1,020
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0654
Barwertfaktor	16,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,1838

Parameter Bedarfsgebundene Zahlungen	
Betrachtungszeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,7%
Preissteigerung	0,0%
Preisänderungsfaktor r	1,000
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0654
Barwertfaktor	16,2688
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,0900

Parameter Betriebsgebundene Zahlungen	
Betrachtungszeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,7%
Preissteigerung	2,0%
Preisänderungsfaktor r	1,020
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0654
Barwertfaktor	16,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,1838

Jahresenergieverbrauch	733.460,0
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger 1	0,9300
Anteil Wärmeerzeuger 1 am Jahresenergieverbrauch	48,7%
Jahresenergieverbrauch Wärmeerzeuger 1	354.980,7
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger 2	0,8700
Anteil Wärmeerzeuger 2 am Jahresenergieverbrauch	51,3%
Jahresenergieverbrauch Wärmeerzeuger 2	432.488,5

Kapital	Investition	Rechn. Nutzungsdauer [a]	Aufwand für Instandsetzung [% vom Inv.]	Anzahl der Ersatzbeschaffungen	Barwert der Ersatzinvestitionen				Restwert	Summe der Barwerte	Annuität Summe der Barwerte · a	Annuität der Instandhaltungskosten	Annuität der kapitalgebundenen Zahlungen
					A ₁	A ₂	A ₃	A ₄					
	A ₀			n					R _w				
Gasbrennwertkessel GZG 620 kW mit Zubehör	25.152,00 €	20	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	25.152,00 €	1.644,07 €	300,26 €	1.944,33 €
Gasgebläsebrenner GZG 620 kW	6.497,60 €	16	2,0%	1	5.824,10 €	- €	- €	- €	4.250,19 €	8.071,50 €	527,60 €	155,13 €	682,73 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	5.764,00 €	50	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	2.029,86 €	3.734,14 €	244,08 €	68,81 €	312,89 €
Gasbrennwerttherme	2.620,00 €	18	1,5%	1	2.316,52 €	- €	- €	- €	2.031,16 €	2.905,37 €	189,91 €	46,92 €	236,83 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2.620,00 €	50	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	922,66 €	1.697,34 €	110,95 €	31,28 €	142,22 €
Rohrleitungen mit Zubehör	2.620,00 €	40	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	768,89 €	1.851,11 €	121,00 €	31,28 €	152,28 €
Pelletsessel GZG 101 kW mit Zubehör	19.388,00 €	15	3,0%	1	17.497,62 €	- €	- €	- €	11.272,92 €	25.612,70 €	1.674,18 €	694,35 €	2.368,53 €
Pelletlager mit Fördereinrichtung	8.908,00 €	20	3,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	8.908,00 €	582,27 €	319,03 €	901,30 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	5.764,00 €	50	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	2.029,86 €	3.734,14 €	244,08 €	68,81 €	312,89 €
Pufferspeicher 3000 Liter mit Isolierung	3.982,40 €	40	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	1.168,71 €	2.813,69 €	183,92 €	47,54 €	231,46 €
Rohrleitungen mit Zubehör	3.144,00 €	40	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	922,66 €	2.221,34 €	145,20 €	37,53 €	182,73 €
Bauliche Maßnahmen	12.576,00 €	50	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	4.428,79 €	8.147,21 €	532,54 €	0,00 €	532,54 €
Restwert Kessel GZG	0,00 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Elektroverkabelung	8.384,00 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	8.384,00 €	548,02 €	0,00 €	548,02 €
Planungskosten anteilig	26.855,00 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	26.855,00 €	1.755,38 €	0,00 €	1.755,38 €
Summe A_{0,k}													10.304,15 €

Verbrauch	Verbrauch	Anschlussleistung	Anschluspreis	Arbeitspreis	Energiekosten 1. Jahr	Annuität der verbrauchsgebundenen Zahlungen
	[kWh]	[kW]	[€/a]	[€/kWh]		
Wärme - Erdgas	384.081	0,0	121,05 €	0,050295	19.438,39 €	19.438,39 €
Pellets	432.488	0,0	- €	0,036338	15.714,96 €	15.714,96 €
Summe A_{0,v}						35.153,35 €

Betrieb	Aufwand für Wartung [% vom Inv.]	Aufwand für Bedienung in Stunden [h]	Wartungskosten	Bedienungskosten [netto 45,00 €/h]	Betriebskosten	Annuität der betriebsgebundenen Zahlungen
Gasbrennwertkessel GZG 620 kW mit Zubehör	2,0%	20,0	503,04 €	900,00 €	1.403,04 €	1.674,93 €
Gasgebläsebrenner GZG 620 kW	10,0%	0,0	649,76 €	- €	649,76 €	775,87 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2,0%	0,0	115,28 €	- €	115,28 €	137,82 €
Gasbrennwerttherme	1,5%	10,0	39,30 €	450,00 €	489,30 €	584,12 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2,0%	0,0	52,40 €	- €	52,40 €	62,55 €
Rohrleitungen mit Zubehör	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Pelletsessel GZG 101 kW mit Zubehör	3,0%	15,0	581,64 €	675,00 €	1.256,64 €	1.500,16 €
Pelletlager mit Fördereinrichtung	2,0%	10,0	178,16 €	450,00 €	628,16 €	749,89 €
Schornsteinsanierung mit Zubehör	2,0%	0,0	115,28 €	- €	115,28 €	137,82 €
Pufferspeicher 3000 Liter mit Isolierung	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Rohrleitungen mit Zubehör	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Bauliche Maßnahmen	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Restwert Kessel GZG	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Elektroverkabelung	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Planungskosten anteilig	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Summe A_{0,b}						5.622,57 €

Gesamtannuität A₀	-51.080,06 €
-------------------------------------	---------------------

Graf-Zeppelin-Gymnasium
 Wirtschaftlichkeitsvergleich Wärmeerzeugung
 Annuitätsmethode nach VDI 2067 Blatt 1 - 09/2012

LANG+LANG Ingenieure GmbH & Co.KG
 Im Kammerbrühl 32
 88212 Ravensburg

Variante 3
 Nahwärmerversorgung SWSee

Parameter Kapitalgebundene Zahlungen	
Betrachtungzeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,70%
Preissteigerung	2,0%
Preisänderungsfaktor r	1,020
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0684
Barwertfaktor	18,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,1938

Parameter Bedarfsgebundene Zahlungen	
Betrachtungzeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,7%
Preissteigerung	0,0%
Preisänderungsfaktor r	1,000
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0684
Barwertfaktor	18,2688
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,0000

Parameter Betriebsgebundene Zahlungen	
Betrachtungzeitraum T [a]	20
Zinssatz	2,7%
Preissteigerung	2,0%
Preisänderungsfaktor r	1,020
Zinsfaktor q	1,027
Aufzinsungsfaktor q ^T	1,7038
Annuitätsfaktor a	0,0684
Barwertfaktor	18,2633
preisdyn. Barwertfaktor ba	1,1938

Jahresenergieverbrauch	733.460,0
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger 1	1,0000
Anteil Wärmeerzeuger 1 am Jahresenergieverbrauch	100%
Jahresenergieverbrauch Wärmeerzeuger 1	733.460,0
Jahresnutzungsgrad Wärmeerzeuger 2	1,0000
Anteil Wärmeerzeuger 2 am Jahresenergieverbrauch	0%
Jahresenergieverbrauch Wärmeerzeuger 2	0,0

Kapital	Investition	Rechn. Nutzungsdauer [a]	Aufwand für Instandsetzung [% vom Inv.]	Anzahl der Ersatzbeschaffungen n	Barwert der Ersatzinvestitionen				Restwert	Summe der Barwerte	Annuität Summe der Barwerte · a	Annuität der Instandhaltungskosten	Annuität der kapitalgebundenen Zahlungen
					A ₁	A ₂	A ₃	A ₄					
Rohrleitungen mit Zubehör	2.994,29 €	40	1,0%	0	- €	- €	- €	- €	878,73 €	2.115,56 €	138,28 €	35,75 €	174,03 €
Elektroverkabelung	2.096,00 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	2.096,00 €	137,01 €	0,00 €	137,01 €
Planungskosten anteilig	1.272,57 €	20	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	- €	1.272,57 €	83,18 €	0,00 €	83,18 €
Balkostenzuschuß SWSee	30.750,00 €	40	0,0%	0	- €	- €	- €	- €	9.024,15 €	21.725,85 €	1.420,12 €	0,00 €	1.420,12 €
Summe A_{K,K}													1.814,33 €

Verbrauch	Verbrauch	Anschlussleistung	Anschlusspreis	Arbeitspreis	Energiekosten 1. Jahr	Annuität der verbrauchsgebundenen Zahlungen
SWSee Contracting Arbeitspreis	733.460			0,070000	51.342,20 €	51.342,20 €
SWSee Contracting Grundpreispreis	0		23.165,00 €		23.165,00 €	27.654,06 €
Summe A_{K,V}						78.996,26 €

Betrieb	Aufwand für Wartung [% vom Inv.]	Aufwand für Bedienung in Stunden [h]	Wartungskosten	Bedienungskosten [netto 45,00 €/h]	Betriebskosten	Annuität der betriebsgebundenen Zahlungen
Rohrleitungen mit Zubehör	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Elektroverkabelung	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Planungskosten anteilig	0,0%	0,0	- €	- €	- €	- €
Summe A_{K,B}						0,00 €

Gesamtannuität A_K **-80.810,59 €**