



**Umwelt-Campus
Birkenfeld**

IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

Forschungsbericht: Entwicklung der Gemeinde Kirchweiler zu einem „Bioenergiedorf“

Im Auftrag des:



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
UMWELT, FORSTEN UND
VERBRAUCHERSCHUTZ

Birkenfeld, August 2009

Geschäftsführung:

Prof. Dr. Peter Heck

Projektleitung:

Dipl.-Betriebswirt (FH) Thomas Anton

Erstellt von:

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Daniel Oßwald

Verantwortlich im Sinne des Pressegesetzes für den Inhalt sind die Autoren. Aus der Benutzung der Studie können gegenüber der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz keine Schadensersatzansprüche geltend gemacht werden. Die Forschungsanstalt ist bemüht, die Studien auf Wahrheit, Inhalte und Herkunft zu prüfen. Sie kann jedoch beispielsweise die Urdaten von Vor-Ort-Erhebungen, gegebenenfalls verwendete Algorithmen und Hintergrundinformationen nicht prüfen.

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis.....	II
II.	Abbildungsverzeichnis.....	III
III.	Tabellenverzeichnis	III
1	Einleitung	4
2	Untersuchungsvarianten	5
2.1	Dezentrale Varianten	5
2.2	Zentrale Variante im Nahwärmeverbund	6
3	Technisches Konzept	7
3.1	Zentrale Varianten im Nahwärmeverbund	7
3.1.1	Wärmebedarfsermittlung.....	7
3.1.2	Auslegung Heizzentrale	8
3.1.3	Nahwärmenetz	10
3.2	Dezentrale Varianten	13
4	Wirtschaftlichkeitsabschätzung	15
4.1	Methodik.....	15
4.2	Investitionskosten.....	16
4.3	Wärmeerzeugungskosten	18
4.4	Ausblick	20
5	Fazit	23
IV.	Quellenverzeichnis.....	XXVI
6	Anhang.....	27

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Untersuchungsvarianten.....	5
Abbildung 3-1: geordnete Jahresdauerlinie	8
Abbildung 3-2: Lastverteilung nach Varianten	9
Abbildung 3-3: Trassenverlauf Nahwärmeverbund.....	11
Abbildung 3-4: Anlagenschema Varianten 2	13
Abbildung 4-1: Investitionskosten nach Varianten (Kirchweiler).....	16
Abbildung 4-2: Investitionskosten nach Varianten (Referenzgebäude)	17
Abbildung 4-3: Wärmeerzeugungskosten nach Varianten.....	19
Abbildung 4-4: WEK bei Szenarien 1-3.....	21
Abbildung 4-5: WEK bei Szenario 4.....	22

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 6-1: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 0 (Öl Bestand).....	27
Tabelle 6-2: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 1 (Öl & Solar).....	28
Tabelle 6-3: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 2a (Pelletkessel & Solar)	29
Tabelle 6-4: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 2b (Holzkamin & Solar)	30
Tabelle 6-5: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 2c (Scheitholzkessel & Solar). 31	
Tabelle 6-6: Investitionskosten Variante 3a.....	32
Tabelle 6-7: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 3a	34
Tabelle 6-8: Investitionskosten Variante 3b.....	36
Tabelle 6-9: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 3b	37
Tabelle 6-10: Investitionskosten Variante 4a.....	39
Tabelle 6-11: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 4a.....	40
Tabelle 6-12: Investitionskosten Variante 4b.....	42
Tabelle 6-13: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 4b	43

1 Einleitung

Die Gemeinde Kirchweiler möchte im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung eine Energieversorgung durch Biomasse realisieren. Dies schafft Unabhängigkeit von internationalen Rohstoffmärkten, CO₂-Vermeidung und die Stärkung der regionalen Wertschöpfung.

Es wird angestrebt, die Gemeinde Kirchweiler bei Daun in der Eifel zum bundesweit ersten Naturschutz-Bioenergiedorf zu entwickeln. Hierzu erstellt das IfaS in einem ersten Schritt ein Energieversorgungskonzept auf Basis von Biogas und Holzhackschnitzel (HHS) im Nahwärmeverbund.

Als weitere Möglichkeit der Wärmeversorgung durch regenerative Energien wird eine dezentrale Versorgung auf Basis von Holz und Solarthermie untersucht.

Das Energieversorgungskonzept beinhaltet die Auswahl und Darstellung der Techniken für die Wärmeerzeugung und -verteilung. Als Wärmeerzeuger im Nahwärmenetz dienen eine Biogasanlage (BGA) zur Fermentation grasartiger Biomasse (Trockenfermentation), eine landwirtschaftliche Biogasanlage im Vergleich (Nassfermentation) sowie Holzhackschnitzelheizanlagen mit Spitzenlastkesseln und dezentral ergänzende Solarthermieanlagen.

Für die Einzelversorgung der Gebäude wird die Versorgung über verschiedene Techniken der Holz-Sonne-Nutzung untersucht.

Als Referenzvarianten dienen die herkömmliche Versorgung über einen bestehenden Ölkessel sowie die Neuinstallation eines modernen Ölkessels mit solarthermischer Heizungsunterstützung.

Das Forschungsvorhaben dient der Entscheidungsvorbereitung, ob eine praktische Entwicklung von Kirchweiler zum Naturschutz-Bioenergiedorf grundsätzlich möglich ist. Hierbei wird jedoch ausschließlich eine Wärmeversorgung auf Grundlage des Bedarfs untersucht, eine Detailuntersuchung der vorhandenen Flächen und Stoffströme (Holz, Substrat) am Standort Kirchweiler ist nicht Inhalt dieses Auftrages

2 Untersuchungsvarianten

Die Machbarkeitsstudie wird in den dargestellten zentralen und dezentralen Varianten untersucht.

Versorgungsart	Variante	Energieträger
Einzelversorgung (dezentral)	V0	Öl, Bestandsheizung
	V1	Sanierung Ölheizung, solarthermisch unterstützt
	V2a	Pellet + Solar
	V2b	Holzkaamin mit Heizwassererwärmung + Solar
	V2c	Scheitholzkessel + Solar
Nahwärmeverbund (zentral)	V3a	NassfermentationsBGA, HHS, Öl
	V3b	TrockenfermentationsBGA, HHS, Öl
	V4a	HHS, Öl
	V4b	HHS, Öl, dezentral solarthermisch unterstützt

Abbildung 2-1: Untersuchungsvarianten

Abbildung 2-1 zeigt die untersuchten Varianten nach Versorgungsart und eingesetzten Energieträgern bzw. Techniken.

2.1 Dezentrale Varianten

Die bestehende Ölheizung (**Variante 0**) dient zum Vergleich für Hausbesitzer, die noch eine gut funktionierende Ölheizung besitzen, welche in den nächsten Jahren nicht saniert werden muss.

Die übrigen dezentralen Varianten beinhalten eine Sanierung des Heizungssystems mit verschiedenen Techniken.

Eine solarthermisch unterstützte Ölheizung stellt die **Referenzvariante V1** auf Basis hauptsächlich fossiler Energieträger dar. Der solarthermische Anteil an der Wärmezeugung beträgt für alle Varianten mit Solarkollektoren 15%.

Variante 2a ist eine vollautomatische Variante auf Basis von Holzpellets und Solarthermie.

Variante 2b hat den Nachteil, dass i. d. R. noch eine bestehende Heizung weiterhin genutzt werden muss, da es schwierig ist, den gesamten Wärmebedarf eines Gebäudes nur mit einem Kaminofen zu decken. Dieser hat zwar einen Anschluss an das

Heizungswasser und eine solarthermische Unterstützung, aber dennoch ist durch die regelmäßig notwendige manuelle Beschickung des Kamins eine zusätzliche automatische Heizung im Keller anzuraten.

Ein solarthermisch unterstützter Scheitholzkessel (**Variante 2c**) kann die gesamte Wärmeversorgung übernehmen, bietet aber den Nachteil, dass er einmal am Tag manuell beschickt werden muss. Dafür ist stückiges Brennholz meist kostengünstiger als die weiter verarbeiteten Holzpellets.

2.2 Zentrale Variante im Nahwärmeverbund

Variante 3a beinhaltet den Einsatz einer landwirtschaftlichen Biogasanlage zur Grundlastabdeckung. Hierbei handelt es sich um eine Nassfermentation, d. h. neben silierten Substraten wie Mais und anderen nachwachsenden Rohstoffen wird zur besseren Handhabung Gülle und bei Bedarf Wasser hinzugesetzt. Dadurch lässt sich das Material durch die Prozessschritte pumpen und im Fermenter rühren, um eine gleichmäßige und kontinuierliche Gasproduktion zu ermöglichen. Das Gas wird in einem Gasmotor verbrannt, der produzierte Strom ins Netz eingespeist und die Wärme zur Grundlastversorgung des Nahwärmenetzes verwendet. Die Mittellast übernimmt in dieser Variante ein Holzhackschnitzel-Heizwerk und die Spitzenlast ein Ölkessel.

Die Mittel- und Teillast wird in **Variante 3b** auf gleiche Weise gedeckt. Als Biogasanlage wird jedoch eine Trockenfermentation verwendet. Hier wird im Gegensatz zur Nassfermentation kein flüssiges Material oder Wasser hinzugesetzt. Das schüttfähige Substrat wird im sog. Batchverfahren in eine luftdichte Garage verbracht, zu 60% mit vergorenem Material gemischt und produziert 28 Tage lang unterschiedliche Mengen an Biogas. Unter Berücksichtigung der Kreislaufführung (40% Frischmaterial/60% Austragsmaterial) beträgt die Verweilzeit im Fermenter insgesamt ca. 70 Tage. Durch eine modulare Bauweise mehrerer Fermenter und zeitlich versetzter Prozessführung kann dennoch eine quasi-kontinuierliche Gasproduktion realisiert werden. Das Trockenfermentationsverfahren erlaubt im Gegensatz zur Nassfermentation die Vergärung verschiedener Materialien, die bei der Landschaftspflege im Rahmen des Naturschutzes im Raum Kirchweiler anfallen. Durch die Nutzung dieser Materialien tritt keine Flächenkonkurrenz zur Nahrungs- oder Futtermittelproduktion auf und es kön-

nen die Interessen des Naturschutzes mit einer landwirtschaftlichen Nutzung vereint werden.

Variante 4a und **4b** beinhalten keine Biogasanlage und damit auch keine regenerative Stromerzeugung. Es wird ein Nahwärmenetz auf Basis eines Holzhackschnitzel-Heizwerkes mit Ölspitzenlastkessel untersucht. Bei **Variante 4b** soll ein Teil des Wärmebedarfes aus dezentralen Solarkollektoren auf den Dächern der Gebäude in Kirchweiler abgedeckt werden. Dies ermöglicht, insbesondere im Sommer, eine Einsparung an Brennstoff.

3 Technisches Konzept

Das technische Konzept beschreibt die Berechnung des Wärmebedarfes, die Auslegung der Heizzentrale und die Rohrnetzauslegung mit den Hausübergabestationen. Im Falle der dezentralen Varianten wird der Wärmebedarf und verschiedene Heizungssysteme für ein Referenzgebäude betrachtet.

3.1 Zentrale Varianten im Nahwärmeverbund

3.1.1 Wärmebedarfsermittlung

Die Ermittlung des Wärmebedarfes von Kirchweiler erfolgte anhand des Siedlungstypenverfahrens. Dabei wurden alle Gebäude in Kirchweiler fotografiert und es erfolgte eine Einteilung in bestimmte Siedlungstypen. Für diese wurden bereits reale Daten erhoben, wodurch sich bei Übereinstimmung ein sehr guter Annäherungswert ermitteln lässt. Die Siedlungstypen unterscheiden sich insbesondere in Baujahr und Bebauungsdichte (frei stehend, Reihenhaushaus) sowie in der Größe (Ein-, Zwei-, Mehrfamilienhaus). Der aus Tabellen abzulesende Kennwert bezeichnet den Raumwärmebedarf eines Gebäudetyps in kWh/m²*a. Unter Berücksichtigung der Grundfläche und Geschossanzahl der Gebäude lässt sich der Raumwärmebedarf in kWh/a ermitteln. Um den gesamten Nutzwärmebedarf zu erhalten werden 12,5 kWh/m²*a für den Warmwasserbedarf addiert.

In der Summe ergibt sich bei 161 Gebäuden ein Nutzwärmebedarf von rund 4.300 MWh/a. Berücksichtigt man Verluste im Rohrnetz und in den Hausübergabestation muss die Heizzentrale eine Wärmemenge von 5.680 MWh/a bereit stellen. Dies ergibt

unter Einbeziehung der typischen Vollbenutzungsstunden und einem Gleichzeitigkeitsfaktor eine Heizleistung von rund 2.500 kW.

3.1.2 Auslegung Heizzentrale

Die Auslegung der Heizzentrale richtet sich nach den verschiedenen Varianten und gibt an, welcher Energieträger zu welchem Anteil die Heizlast und den Wärmebedarf des Netzes abdeckt.

Dabei wird von einer typischen geordneten Jahresdauerlinie ausgegangen, wie sie in Abbildung 3-1 zu sehen ist.

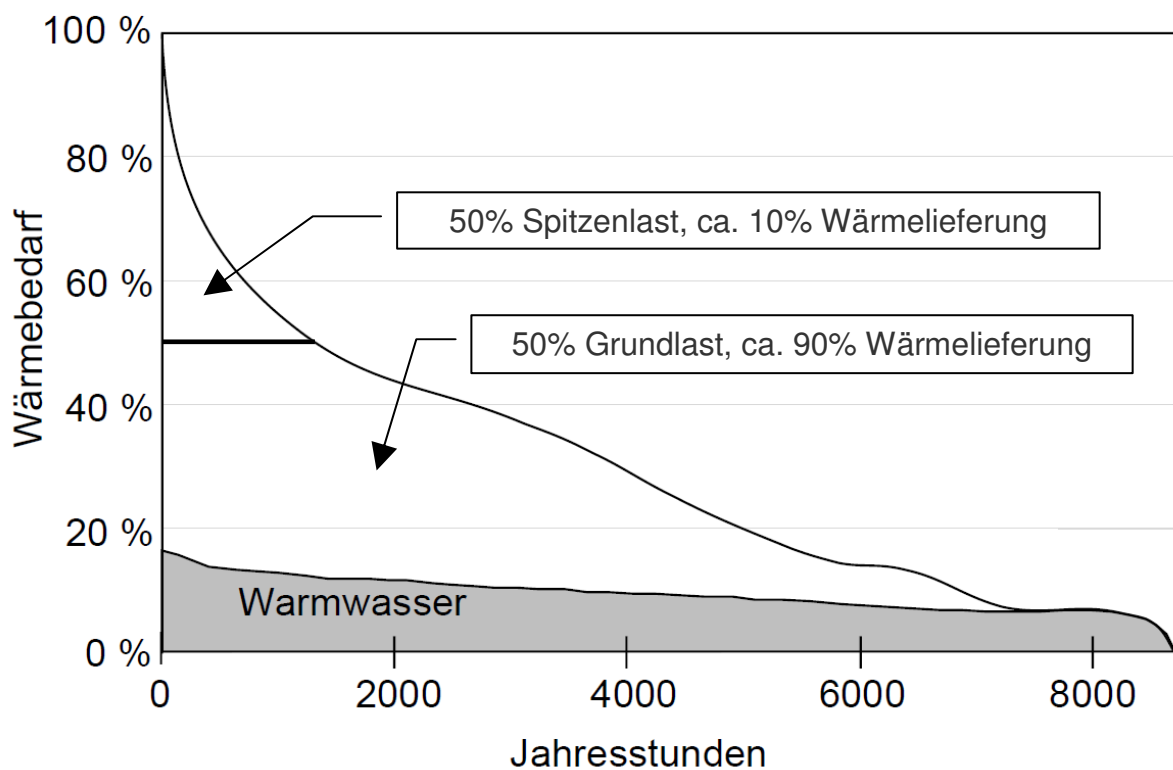


Abbildung 3-1: geordnete Jahresdauerlinie

In der Abbildung sind der Wärmebedarf als Leistung in Prozent und die Jahresstunden aufgetragen. Die Kurve beschreibt, wie viele Stunden im Jahr welcher Anteil an der Gesamtleistung benötigt wird. Die Fläche unter der Kurve entspricht der Wärmeenergie, welche im Jahr verbraucht wird.¹ Man sieht, dass der Warmwasserbedarf über das Jahr eine relativ konstante Heizleistung benötigt. Die maximale Heizlast von

¹ Leistung [kW] x Jahresstunden [h/a] = Wärme [kWh/a]

90 - 100% hingegen wird nur in relativ wenigen Stunden im Jahr abgerufen. Die meisten Stunden im Jahr wird die sog. Grundlast benötigt.

Aus diesen Gründen wird eine Heizzentrale mit Bioenergie i. d. R. so ausgelegt, dass die Grundlast von Biogasanlage oder HHS-Anlagen abgedeckt wird, da diese Energieträger hohe Investitionskosten, aber geringe laufende Kosten (Brennstoffkosten) mit sich bringen. Die Spitzenlast hingegen kann man mit einem in der Anschaffung relativ günstigen fossil befeuerten Kessel abdecken, da dieser nur einen geringen Wärmeanteil mit hohen Brennstoffkosten erzeugt. Es ergeben sich somit Einsparungen in den Investitionskosten bei gleichzeitig immer noch sehr geringem fossilem Wärmeanteil.

Die BGA auf Basis erneuerbarer Energien wird im gesamten Jahr kontinuierlich mit maximaler Leistung betrieben, um möglichst viel vergüteten Strom in das Netz einzuspeisen. Daher wird deren thermische Leistung am Warmwasserbedarf ausgelegt, sodass die Abwärme des BHKW auch im Sommer möglichst vollständig genutzt werden kann. Die übrige Leistung bis etwa 50% der Gesamtleistung wird mit HHS abgedeckt und die oberen 50% mit Öl.

Abbildung 3-2 zeigt die Lastverteilung der verschiedenen Varianten und die daraus produzierte Wärmemenge pro Jahr.

Variante	Grundlast	Mittellast	Spitzenlast	Gesamtlast
3a	<u>BGA (Nass)</u>	<u>HHS</u>	<u>Öl</u>	
Leistung	186 kW	1.200 kW	1.100 kW	2.486 kW
Wärmemenge	1.484 MWh/a	3.917 MWh/a	276 MWh/a	5.677 MWh/a
3b	<u>BGA (Trocken)</u>	<u>HHS</u>	<u>Öl</u>	
Leistung	152 kW	1.200	1.100 kW	2.452 kW
Wärme	1.155 MWh/a	4.257 MWh/a	265 MWh/a	5.677 MWh/a
4a	<u>HHS</u>		<u>Öl</u>	
Leistung	1.250 kW		1.200 kW	2.450 kW
Wärme	5.109 MWh/a		568 MWh/a	5.677 MWh/a
4b	<u>HHS</u>	<u>Solarthermie</u>	<u>Öl</u>	
Leistung	1.250 kW		1.200 kW	2.450 kW
Wärme	4.847 MWh/a	291 MWh/a	539 MWh	5.677 MWh/a

Abbildung 3-2: Lastverteilung nach Varianten

Aus der Tabelle wird deutlich, dass einerseits eine geringe Leistung der BGA im Grundlastbereich eine relativ große Wärmemenge produziert und andererseits 50% Leistung des Ölkessels als Spitzenlast nur eine geringe Wärmemenge bereitstellt.

Die Heizzentrale besteht im Wesentlichen aus einem Grundlastkessel mit HHS-Feuerung, Brennstoffbunker und -transport, einem Öl-Spitzenlastkessel und den Netzpumpen. Zudem wird ein Pufferspeicher installiert, um kurze Lastspitzen zu glätten und häufiges An- und Abschalten der Kessel zu vermeiden. Zur Unterbringung der Technik wird ein ausreichend großes Massivgebäude mit Kamin und den entsprechenden Brandschutzanforderungen angenommen. Die Größe richtet sich nach der Leistung des HHS-Kessels. Bei den Varianten 3a und 3b speist zusätzlich zu Holz- und Ölkessel das BHKW der BGA die Wärme in den Pufferspeicher.

3.1.3 Nahwärmenetz

Abbildung 3-3 zeigt den Trassenverlauf des Nahwärmenetzes in Kirchweiler, ausgehend von der Heizzentrale, welche im Bereich des Pfeils, nord-westlich der Ortslage, errichtet werden soll. Der genaue Standort kann noch nicht bestimmt werden, daher wurde ein großzügiger erster Trassenabschnitt kalkuliert.

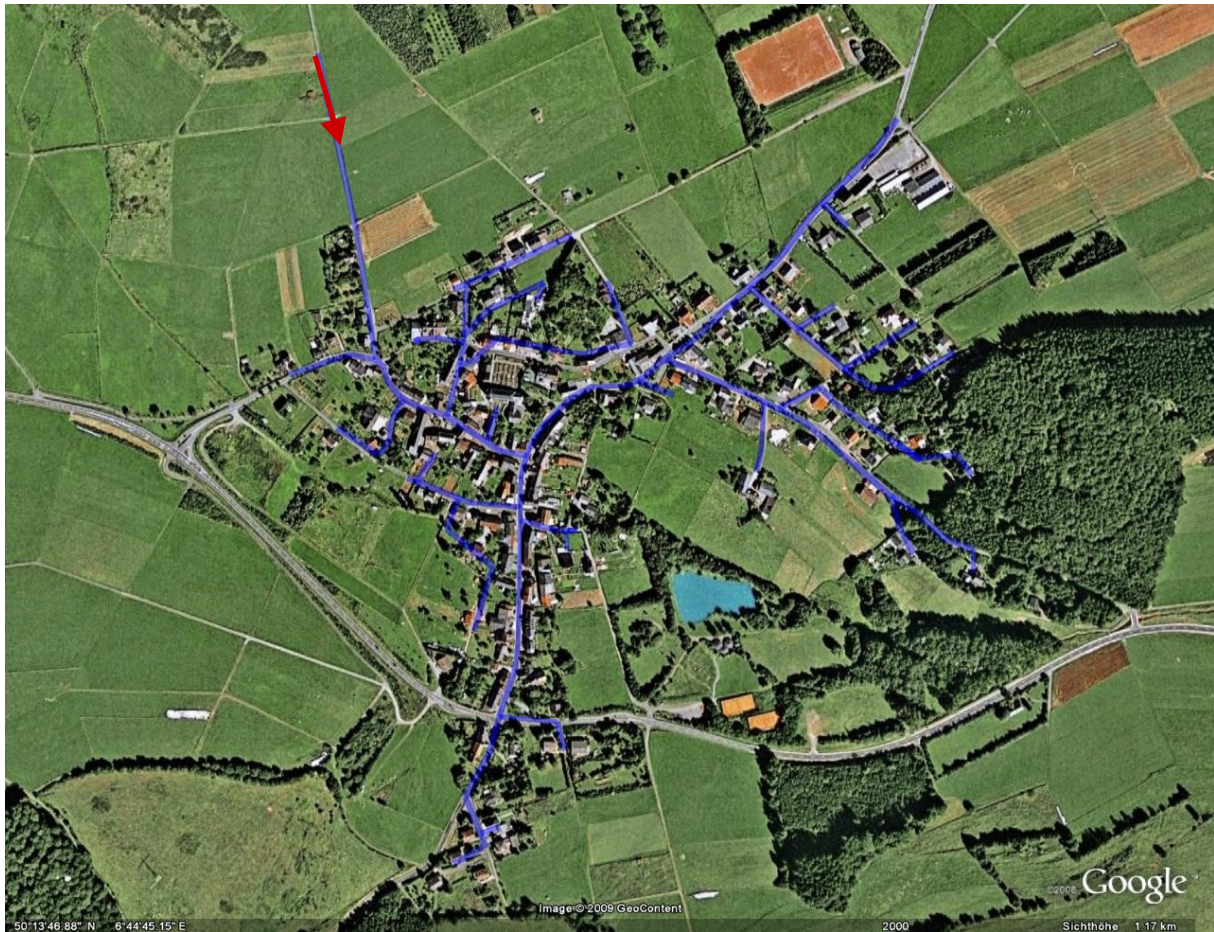


Abbildung 3-3: Trassenverlauf Nahwärmeverbund

Das Rohrnetz wird ausgehend von der Heizzentrale in sinnvolle Trassenabschnitte untergliedert, deren Einzellängen in einem Lageplan abgemessen werden.

Die Dimensionierung des Nenndurchmessers erfolgt anhand der Leistung, welche abschnittsweise übertragen werden muss. Die Summe der Einzelleistungen, welche ein Abschnitt bereitstellen muss, ergibt die notwendige Leistung. Anhand von Tabellen lassen sich die notwendigen Nenndurchmesser ermitteln. Je größer der Durchmesser, desto größer der Massenstrom. Durch einen größeren Massenstrom kann wiederum mehr Leistung übertragen werden. Ausgehend von der Heizzentrale mit einem Nenndurchmesser von 125 mm verringert sich dieser über die Verästelungen des Trassenverlaufs bis hin zu den Hausanschlussleitungen, welche nur noch die notwendige Wärmeleistung des einzelnen Gebäudes übertragen müssen.

Für die Verteilungsleitung werden Kunststoffverbundmantelrohre (KMR) vorgeschlagen, welche aus einem isolierten Metallrohr und einem Kunststoffmantel bestehen. Für die Hausanschlussleitungen sind flexible Kunststoffmediumrohre (PMR) vorgese-

hen, welche zwar etwas weniger robust, aber dafür deutlich günstiger von der Rolle zu verlegen sind.

Eine Trasse besteht jeweils aus zwei Rohren für Vor- und Rücklauf, vergleichbar mit einer Heizverteilung im Wohngebäude. Bei Kunststoffleitungen werden Vor- und Rücklauf regelmäßig auch gemeinsam als ein Verbundrohr und isoliert angeboten.

Die Trassenlänge beträgt insgesamt 5.550 m inkl. Hausanschlussleitungen.

Eine wichtige Kennzahl bei der Rohrnetzauslegung ist der Wärmeabsatz in kWh/m*a. Er gibt Aufschluss darüber, wie viel Wärme im Jahr im Mittel durch einen Meter Trassenlänge geleitet wird. Je höher der Wärmeabsatz, desto wirtschaftlicher lässt sich vermutlich das Netz betreiben. Zudem ist die KfW-Förderung aus dem Marktanreizprogramm an einen Wärmeabsatz von mind. 500 kWh/m*a gebunden. Liegt er bei mind. diesem Wert, ist mit einem Investitionszuschuss je Meter Trassenlänge zu rechnen.

In diesem Fall beträgt der Wärmeabsatz etwa 1.000 kWh/m*a, wodurch die Bedingung für einen Investitionszuschuss nach dem KfW-Programm „Erneuerbare Energien“ erfüllt ist.

Die Auslegung der Hausübergabestationen richtet sich nach der notwendigen Leistung für die Versorgung des jeweiligen Objekts. Es werden indirekte Hausübergabestationen gewählt, was bedeutet, dass ein Wärmetauscher das Nahwärmenetz von dem internen Heizkreis des Gebäudes hydraulisch trennt. Die Übergabestation wird üblicherweise im Keller an der Wand montiert und besteht im Wesentlichen aus einem Plattenwärmetauscher, Wärmemengenzähler zur Abrechnung sowie Absperrhähnen und Ventilen. Die Warmwasserbereitung erfolgt über einen kleinen Pufferspeicher mit Frischwasserstation. Dadurch wird der Gefahr der Legionellenbildung im Trinkwasser vorgebeugt. Der Speicher erlaubt eine regelmäßige Wärmeabnahme aus dem Netz bei gleichzeitig schneller Verfügbarkeit des warmen Trinkwassers.

3.2 Dezentrale Varianten

Da nicht für jedes einzelne Gebäude in Kirchweiler individuelle dezentrale Lösungen gerechnet werden können, wird ein durchschnittliches Referenzgebäude betrachtet. Dieses hat für Kirchweiler typische Werte für Wärmebedarf und Heizlast. Zur Berechnung wurde der Mittelwert der Wärmebedarfe aller Wohngebäude herangezogen. Der so ermittelte Nutzwärmebedarf für Heizung und Warmwasser beträgt rund 27.000 kWh, die Heizlast 14 kW. Auf dieser Basis wurden die Heizungssysteme der dezentralen Varianten ausgelegt.

Für die Variante mit bestehendem Ölkessel wurden keine neuen Komponenten des Heizungssystems berücksichtigt. Bei der Variante 1, sanierte Ölheizung mit solarthermischer Unterstützung, wurde ein neuer Brennwertkessel und Sanierungen am alten Heizungssystem angenommen. Außerdem wurden 9 m² Solarkollektor zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung eingeplant. Mit dieser Anlage können ca. 15% des Nutzwärmebedarfes gedeckt werden.

Die gleiche Solaranlage mit den gleichen Deckungsraten wurde auch für die anderen dezentralen Varianten auf Holzbasis angenommen. Außerdem wurde für diese als zentrale Komponente ein Pufferspeicher vorgesehen, sodass das Heizungssystem aus Solarthermie und Holzfeuerung sukzessive und flexibel ausgeführt werden kann.

Das für alle Varianten grundsätzliche Anlagenschema zeigt Abbildung 3-4.

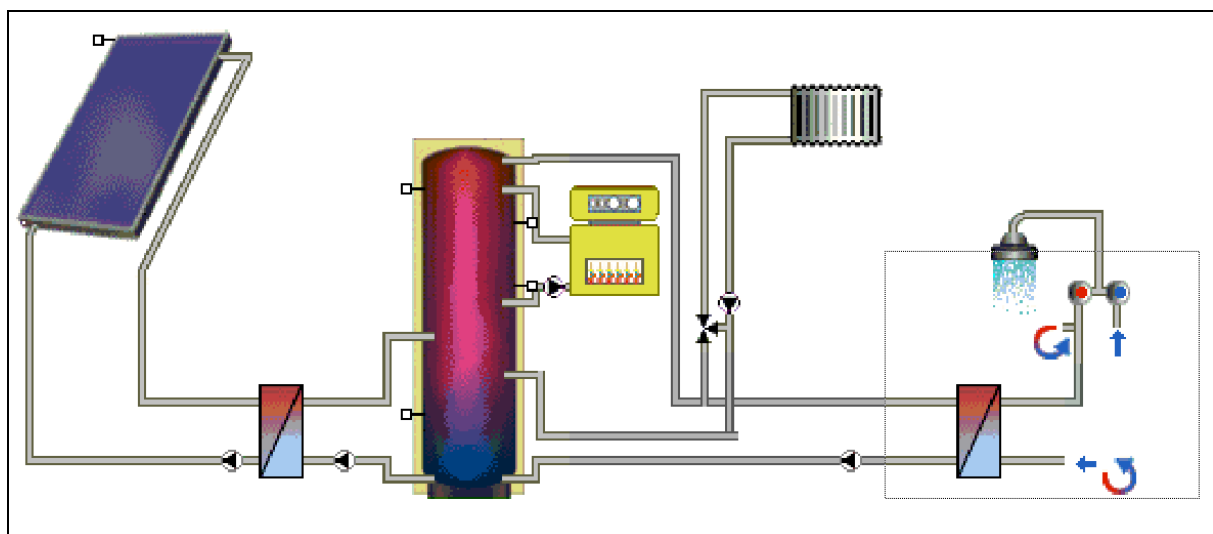


Abbildung 3-4: Anlagenschema Varianten 2

Als Hauptwärmeerzeuger dient für Variante 2a ein vollautomatischer Pelletkessel, der nahezu den gleichen Bedienkomfort bietet wie eine Ölheizung.

In Variante 2b wird ein Kaminofen mit Wassereinsatz zur Einspeisung in den Heizkreis vorgesehen.



Dieser wird wie ein herkömmlicher Kaminofen in der Wohnung aufgestellt und gibt außer an die Raumluft auch einen erheblichen Teil (40%) seiner Leistung als Heißwasser in den häuslichen Heizkreis ab. Zusammen mit dem Solarkollektor kann so theoretisch der gesamte Wärmebedarf eines Gebäudes abgedeckt werden. Allerdings müsste der Kamin im Winter mehrmals täglich beschickt werden und evtl. auch in der Übergangszeit zur Warmwasserbereitung angeheizt werden. Daher bietet ein solches System

Abbildung 3-5: Kaminofen nicht den heute als Standard geltenden Komfort und wäre in der Praxis vermutlich nur zusätzlich zu einer bestehenden Zentralheizung einzusetzen.

Variante 2c beinhaltet einen Scheitholzkessel, der wie ein Pelletkessel im Heizungsraum installiert wird.



Heizungstechnisch erzielt er auch das gleiche Ergebnis, hat allerdings den Nachteil, dass er im Winter einmal täglich von Hand beschickt werden muss. Am Brenner befindet sich ein kleiner Vorratsbehälter, in den die Holzscheite nachgelegt werden müssen.

Abbildung 3-6: Scheitholzkessel

4 Wirtschaftlichkeitsabschätzung

4.1 Methodik

Die Wirtschaftlichkeitsabschätzung beruht auf Kapital-, Verbrauchs- und Betriebskosten sowie etwaigen Erlösen, die im Rahmen der Wärmebereitstellung auftreten. Methodisch erfolgen die Berechnungen in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 nach der Annuitätenmethode. Dabei werden die für die jeweilige Variante erforderlichen Investitionskosten unter Berücksichtigung von Zinssatz und rechnerischer Nutzungsdauer in Jahresannuitäten umgerechnet. Dies erlaubt es, sie mit den laufenden Kosten zu Jahresheizgesamtkosten zu summieren. Beim Betrieb einer Biogasanlage fallen außerdem Erlöse aus der Stromproduktion nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) an, welche die Jahreskosten der Wärmeerzeugung mindern. Die Summe der dann noch auftretenden Jahreskosten wird durch die erzeugte Menge an Nutzwärme dividiert, wodurch sich spezifische Wärmeerzeugungskosten in Euro je Kilowattstunde ergeben. Dieser sog. Wärmepreis kann nun unter den Varianten miteinander verglichen werden, ganz gleich ob es sich um ein Nahwärmenetz oder eine Einzelversorgung handelt. Da sämtliche Kosten zur Bereitstellung der Nutzwärme berücksichtigt sind, spricht man auch von einer Vollkostenrechnung im Gegensatz zu einer Teilkostenrechnung, bei der etwa nur die Verbrauchskosten eines Ölkessels betrachtet werden.

4.2 Investitionskosten

Die Investitionskosten der verschiedenen Versorgungsvarianten zeigt Abbildung 4-1.

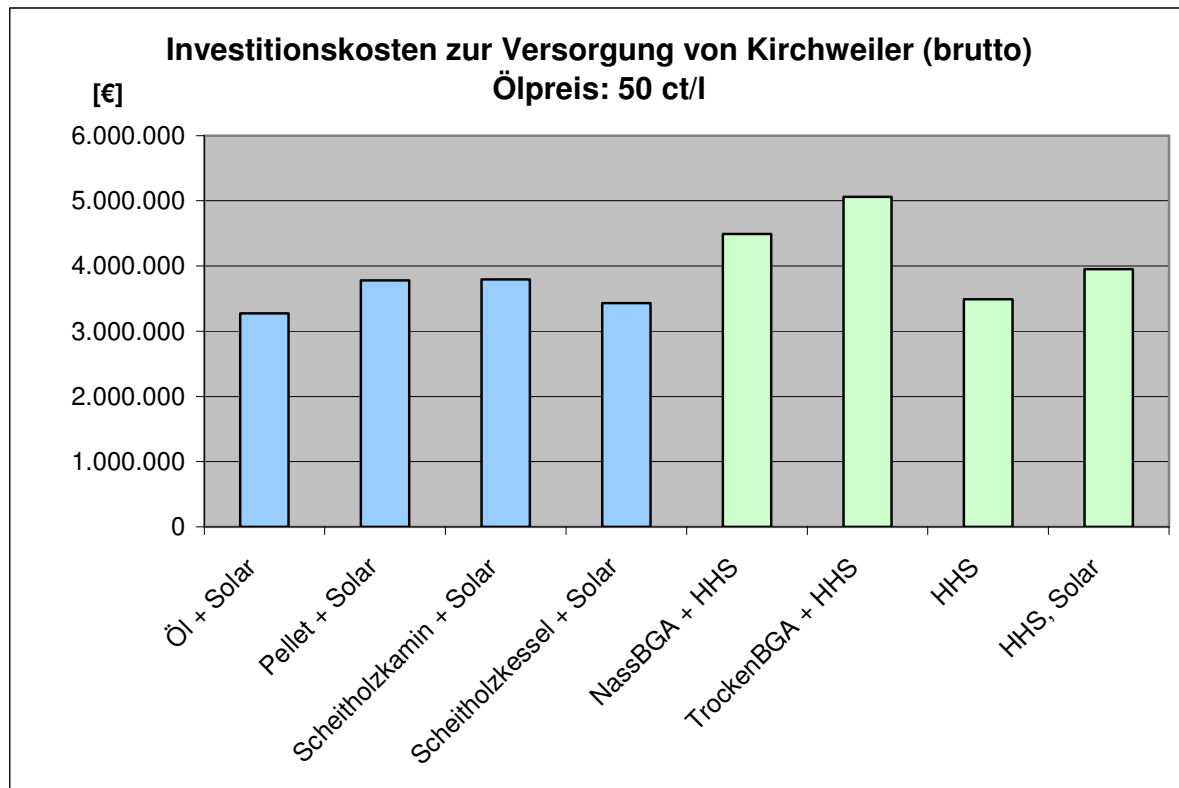


Abbildung 4-1: Investitionskosten nach Varianten (Kirchweiler)

Die dezentralen Varianten sind in blau dargestellt. Um die Investitionskosten der dezentralen Varianten vergleichbar zu machen, wurde die Investitionssumme für die Heizungssanierung eines Referenzgebäudes mit 161 multipliziert. 161 Gebäude werden auch in den Varianten im Nahwärmeverbund angeschlossen.

Die Varianten mit Biogasanlage sind in der Investitionssumme (4,5 bzw. 5 Mio. €) signifikant teurer als die übrigen. Dies liegt an den relativ hohen Bau- und Materialkosten für die Biogasanlage. Die Kosten für die Biogasanlagen stammen aus Angeboten der Firmen Schmack (Nassfermentation) und Bioferm (Trockenfermentation), für die HHS-Anlage aus einem Angebot der FA. Schmid Holzfeuerungen.

Die Nahwärmevariante mit dezentraler, solarer Heizungsunterstützung kostet gut 4 Mio. €, da hier die Ausrüstung 50% aller Dächer in Kirchweiler mit Solarkollektoren einkalkuliert ist.

Bei allen Varianten sind die notwendigen Investitionskosten veranschlagt, um die Wärme im Heizkreis des Kunden bereit zu stellen. D. h. es sind im Falle des Nah-

wärmeverbundes auch Kosten für eine Hausübergabestation mit Pufferspeicher und Frischwasserstation einkalkuliert.

Variante 1 mit Ölheizung und Solarthermie ist die günstigste, da der Preis für einen neuen Öl-Brennwertkessels im Vergleich zu den Kosten der anderen Varianten relativ günstig ist.

Anders verhält es sich mit den Investitionskosten, die der einzelne Hausbesitzer in etwa tragen muss. Diese Kosten zeigt Abbildung 4-2.

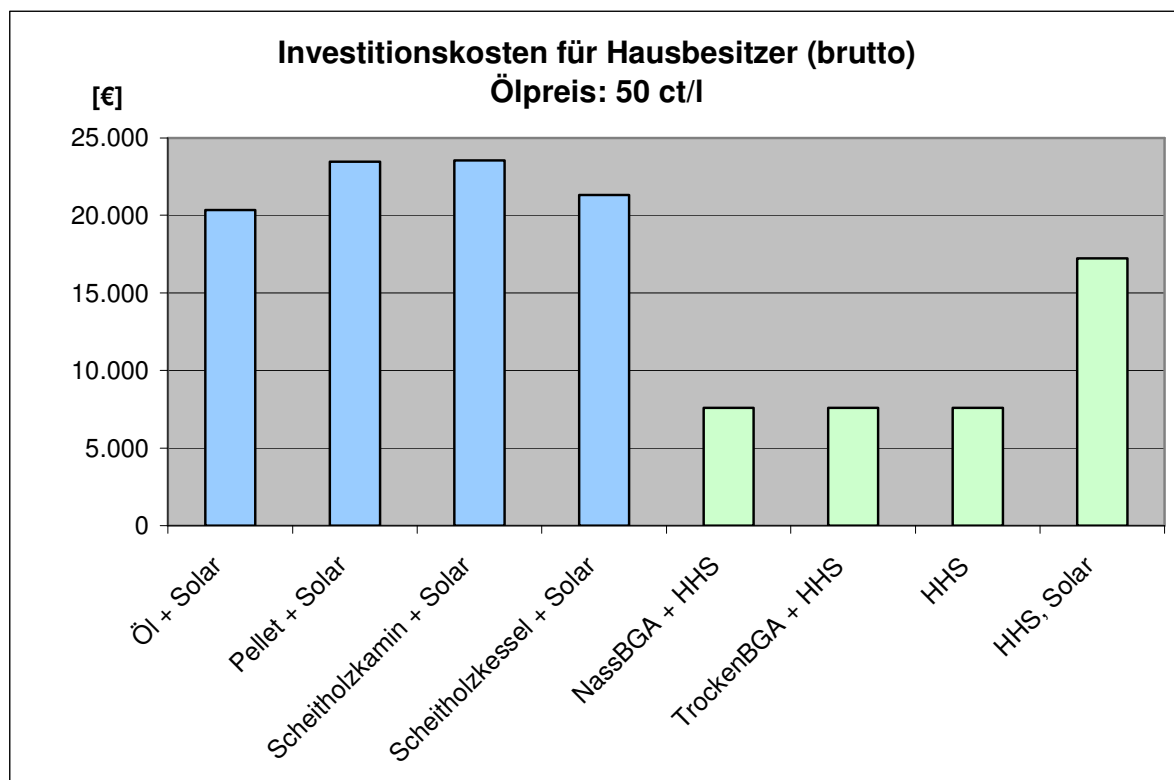


Abbildung 4-2: Investitionskosten nach Varianten (Referenzgebäude)

Die Kosten einer Heizungssanierung für ein Referenzgebäude fallen i. d. R. höher aus als die üblicherweise anteilig zu tragenden Kosten bei einem Nahwärmeanschluss. Hier wurden Kosten für die Hausübergabestation und einen kleinen Pufferspeicher mit Frischwasserstation zum Ansatz gebracht. Die Kosten liegen bei ca. 7.500 €, wobei noch mit einem Investitionskostenzuschuss aus dem Marktanreizprogramm von 1.800 € zu rechnen ist. Wird später in der Ausführungsplanung eine andere Art der Wärmeübergabe (bspw. ohne Frischwasserstation, nur Warmwasserspeicher) gewählt, können die notwendigen Investitionskosten für den Hauseigentümer auch geringer ausfallen.

Bei der Variante HHS, solarthermisch unterstützt, sind auch Kosten für 9 m² Kollektorfläche zusätzlich zur Hausübergabestation angesetzt.

Die dezentralen Varianten liegen mit über 20.000 € für neuen Heizkessel, Pufferspeicher und Solarkollektoren deutlich höher als für Nahwärmekunden.

4.3 Wärmeerzeugungskosten

Eine tatsächliche Vergleichbarkeit der Varianten ist erst durch die Berechnung der Wärmeerzeugungskosten gegeben. Die reinen Investitionskosten für die Technik sagen nur etwas darüber aus, wie viel Geld für die Errichtung einer neuen Wärmeversorgung aufgebracht werden muss. Die spezifischen Wärmeerzeugungskosten (WEK) hingegen geben Auskunft über die gesamte Wirtschaftlichkeit einer Variante, betrachtet über die gesamte Nutzungsdauer.

Um die laufenden Verbrauchs- und Betriebskosten abzuschätzen werden folgende, im Frühjahr 2009 aktuelle, Marktpreise (inkl. USt.) angesetzt.

- Öl: 05,0 ct/kWh → 50 ct/l
- Strom: 21,0 ct/kWh
- Scheitholz: 04,2 ct/kWh → 70 €/RM
- Holzpellets: 04,6 ct/kWh → 224 €/t
- HHS: 02,6 ct/kWh → 81 €/t
- Substrat LP: 25,0 €/t FM
- Substrat Mais: 35,0 €/t FM
- Substrat Gülle: 05,0 €/t

Außerdem ist ein Gewinn für den Nahwärmenetzbetreiber von 10% der Jahreskosten eingerechnet. Als Fördermöglichkeiten wurden Investitions-, Tilgungszuschüsse und vergünstigte Zinssätze aus dem Marktanreizprogramm² der Bundesregierung berücksichtigt.

Manche Preise sind derzeit schwer realistisch anzusetzen. So liegt der Ölpreis bspw. derzeit bei einem Rekordtief (50 ct/l) und wird voraussichtlich bei einer wachsenden

² Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt

Konjunktur wieder stark ansteigen. Einen weiteren Unsicherheitsfaktor stellen die Kosten für das Landschaftspflegematerial (LP) dar, welches als Substrat in die Trockenfermentation geführt werden kann. Hier wurde vorerst ein konservativer Preis angesetzt, der den Maschineneinsatz für die Ernte sowie Transport und Silierung des Grases beinhaltet. Tatsächlich kann der Marktpreis jedoch deutlich darunter liegen, wenn man davon ausgeht, dass das Land ohnehin verpflichtet ist die entsprechenden Naturschutzflächen zu pflegen.

Die detaillierten Mengen und Preise der benötigten Rohstoffe müssen in einer separaten, nachfolgenden Potenzialanalyse ermittelt werden, welche im Auftrag dieser Machbarkeitsstudie nicht erhalten ist.

Eine ausführliche Auflistung aller Investitions-, Verbrauchs- und Betriebskosten sowie etwaiger Erlöse aus dem Stromverkauf befinden sich im Anhang dieser Ausarbeitung. Abbildung 4-3 zeigt die berechneten WEK im Variantenvergleich.

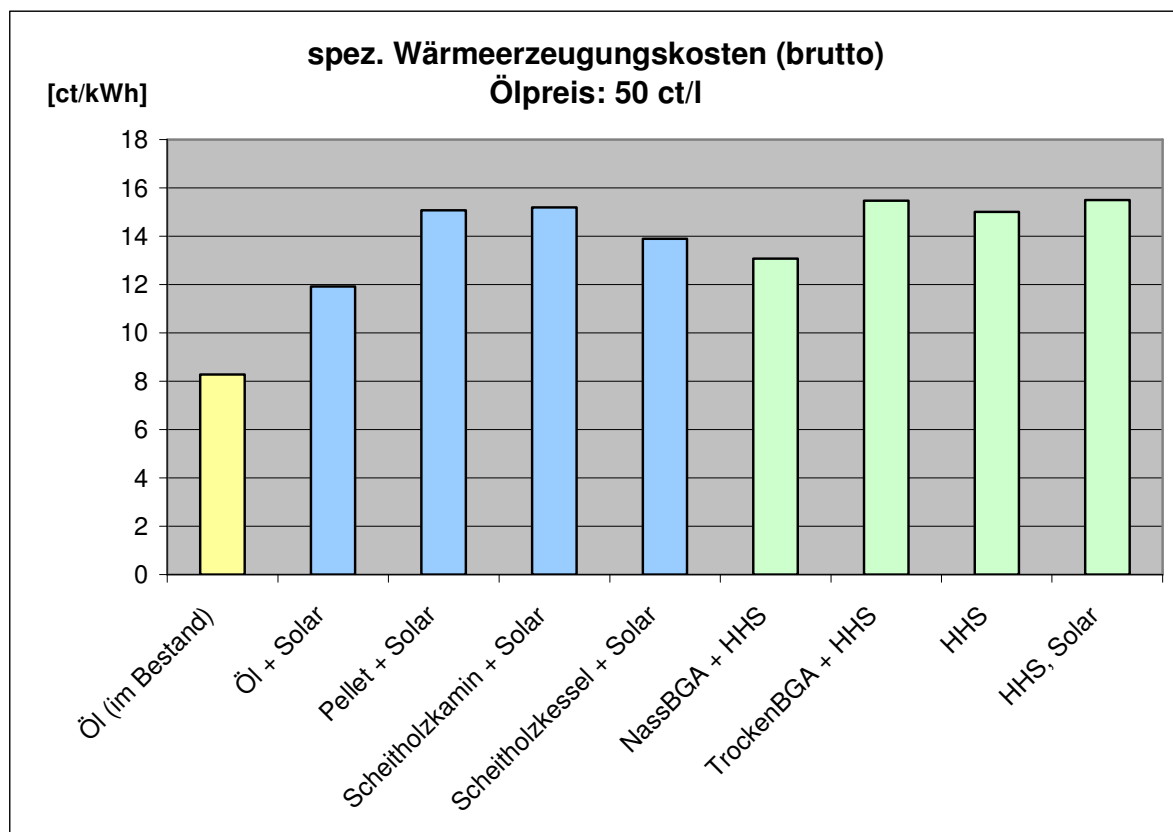


Abbildung 4-3: Wärmeerzeugungskosten nach Varianten

Mit knapp über 8 ct/kWh am günstigsten ist die Ölversorgung im Bestand, da hier nur der derzeitige Ölpreis (50 ct/kWh) zzgl. Betriebskosten zum Ansatz gebracht

werden. Diese Variante dient als Vergleich im Falle einer neuwertigen Ölheizung, welche bereits bezahlt ist.

Im Vergleich der übrigen Varianten schneidet die Einzelversorgung auf Öl- und Solarbasis am günstigsten ab. Dies ist besonders dem derzeit sehr günstigen Ölpreis geschuldet. Auf Basis von Bioenergie schneidet mit rund 13 ct/kWh die Nahwärmevariante mit Nassfermentation und HHS-Kessel am besten ab, gefolgt von der Einzelversorgung mit Scheitholz und Solarthermie (ca. 14 ct/kWh). Alle anderen Varianten liegen mit über 14 ct/kWh weiter darüber.

4.4 Ausblick

Um zu berücksichtigen, dass mittelfristig starke Verschiebungen im Bereich der Energiebezugpreise auftreten können und die Substratpreise für die Biogasanlage weitgehend unbekannt sind, wurden vier Szenarien berechnet.

Geht man davon aus, dass die Entwicklung eines Bioenergiedorfes ausgehend von dieser ersten Machbarkeitsstudie noch zwei Jahre bis Baubeginn in Anspruch nehmen wird, sollten verschiedene Möglichkeiten der Preisentwicklung bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.

Abbildung 4-4 zeigt die Veränderung auf die WEK im Falle dreier Szenarien bezüglich der Preisentwicklung.

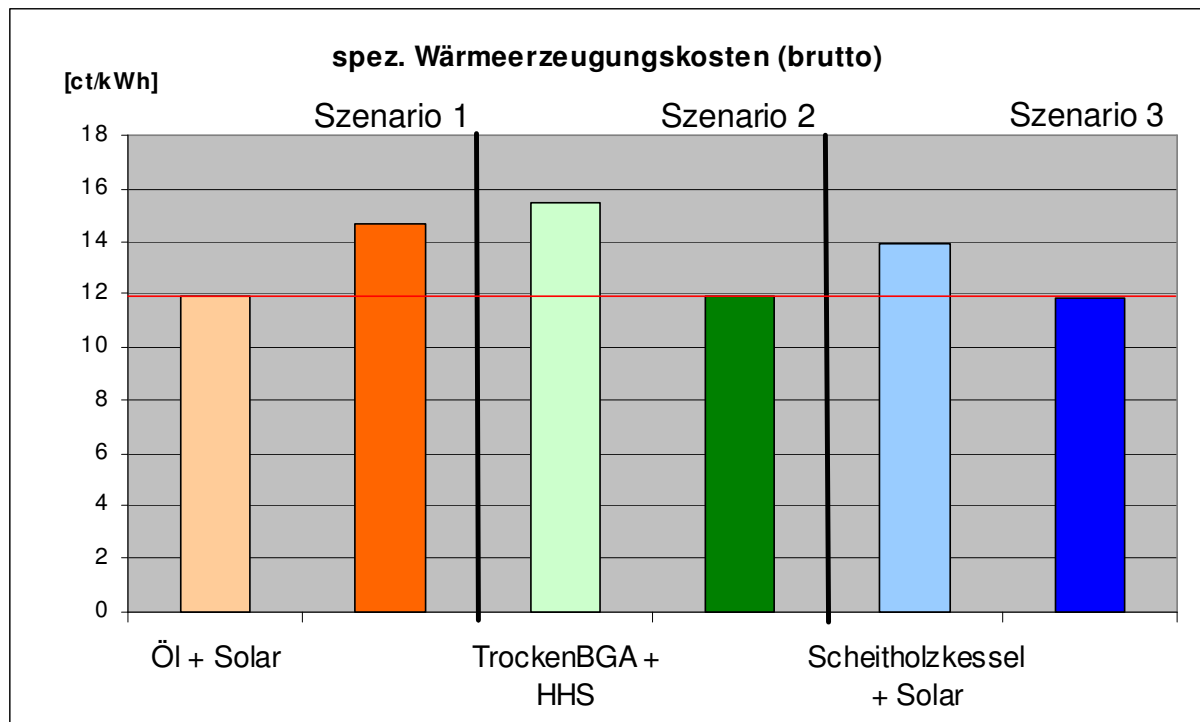


Abbildung 4-4: WEK bei Szenarien 1-3

Szenario 1, in orange dargestellt, zeigt die Veränderung der Variante Ölkessel und Solarthermie, wenn der Ölpreis (wieder) auf 80 ct/l ansteigt. Man sieht deutlich, wie stark sich der Preisanstieg auf die Ergebnisse auswirkt. Die WEK steigen um über 2,5 ct/kWh an und liegen damit über der Variante Scheitholzkessel und Solarthermie.

Szenario 2 (in grün) zeigt, wie sich die WEK verhalten, wenn für das Gärsubstrat aus der Landschaftspflege nichts bezahlt werden müsste, da, wie oben beschrieben, die Flächen ohnehin im Rahmen des Naturschutzes gepflegt werden. Hier zeigt sich, dass der Wärmepreis auf unter 12 ct/kWh sinkt und damit konkurrenzfähig zur dezentralen Ölvariante (mit Ölpreis 50 ct/kWh) wäre.

Szenario 3 schließlich berücksichtigt, dass viele Leute bei ihrer Scheitholzbeschaffung eigene Arbeitskraft investieren und damit Kosten beim Holzpreis einsparen können. Hier wurde ein Preis von 45 €/RM angesetzt, welcher realistisch ist, wenn der Kunde das Holz im Wald abholt und selbst spaltet. Auch hier ergibt sich eine Reduktion der WEK um fast 2 ct auf das Niveau der Heizöl-Variante.

Diese Szenarien zeigen, dass es Einflussgrößen auf die WEK gibt, welche zu einer wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit der Biomasse-Varianten führen können. Man kann sie auch als Toleranzbereich ansehen, an denen man abschätzen kann, wo die WEK liegen, wenn sich die Rohstoffpreise verändern.

Das letzte Szenario 4 als Indikator für den extremen Einfluss des Ölpreises auf die Untersuchungsergebnisse zeigt Abbildung 4-5.

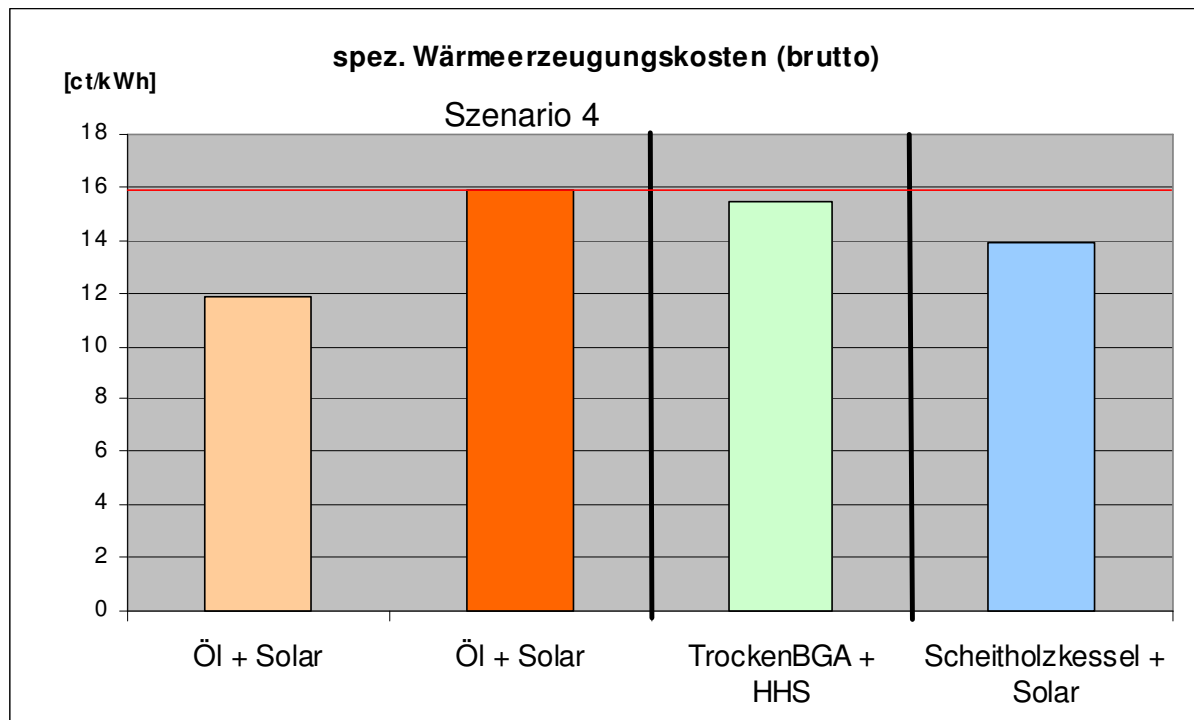


Abbildung 4-5: WEK bei Szenario 4

In Szenario 4 wurde angenommen, dass der Ölpreis bei 95 ct/l liegt, was dem tatsächlichen Bundesdurchschnitt im Juli 2008 entspricht.³ Man sieht, dass durch den erhöhten Ölpreis die WEK für die Variante Öl und Solarthermie um 4 ct/kWh steigen. Sie liegen dadurch merklich über den anderen beiden dargestellten Varianten auf Bioenergiebasis.

Die Entwicklung des Ölpreises lässt sich zwar nur schwer vorhersehen, aber diese Berechnung zeigt deutlich, wie abhängig die Wärmeenergiekosten von dessen Preisschwankungen sind.

Die Einzelversorgungsvarianten auf Basis von Holz und Solarthermie sind alle günstiger als das Szenario 4 und deutlich geringeren Preisschwankungen ausgesetzt, da Scheitholz, HHS und Pellets aus dem regionalen Forst nachhaltig gewonnen werden können.

Für die dargestellte Variante Trockenfermentation und HHS würden einerseits die Kosten für die naturschutzbedingte Landschaftspflege gedeckt, andererseits ist das

³ Statistisches Bundesamt, Daten zur Energiepreisentwicklung, www.destatis.de, 15.07.09

Substrat für die BGA in Menge und Preis gesichert, ohne dass Flächenkonkurrenzen zum Nahrungs- und Futtermittelanbau auftreten.

5 Fazit

Bei dem zugrunde gelegten Ölpreis von 50 ct/l bietet eine solarthermisch unterstützte Ölbrennwertheizung für ein Referenzgebäude in Kirchweiler die günstigste Variante zur Sanierung des Heizungssystems. Besteht noch eine relativ junge, gut funktionierende Ölheizung ist eine Umstellung auf erneuerbare Energieträger wirtschaftlich nicht rentabel.

Die günstigste Variante auf Basis von Bioenergie bietet ein Nahwärmeverbund mit Nassfermentation, HHS-Kessel und Ölkessel zur Spitzenlastabdeckung. Etwas teurer ist die Einzelversorgung mit einem solarthermisch unterstützten Scheitholzkessel.

Anders verhält es sich, wenn sich die Kosten für Brenn- und Gärstoffe anders darstellen als angenommen. Die Untersuchung in Form von Szenarien hat gezeigt, dass bei einem günstigeren Bezug des Gärsubstrates und der Holzbrennstoffe oder einem Anstieg des Ölpreises ein Bioenergiedorf die wirtschaftlich günstigere Alternative ist.

Zudem besteht für Kirchweiler aufgrund der Lage nahe Naturschutzflächen die Möglichkeit, sich zum bundesweit ersten „Naturschutz-Bioenergiedorf“ zu entwickeln. Wird ein Teil des Wärmebedarfs (20%) aus Landschaftspflegematerial generiert, vereint dies die Interessen des Naturschutzes, der Landwirtschaft und der Bürger von Kirchweiler als Wärmekunden.

Die Pflege der Flächen, welche ohnehin durchgeführt werden muss, könnte durch die energetische Nutzung für ein Bioenergiedorf in einen nachhaltigen, regionalen Stoff- und Wirtschaftskreislauf integriert werden.

Die regionale Wertschöpfung wird außerdem durch die Beschaffung und Bereitstellung der Holzhackschnitzel und den Betrieb der Anlage (Bedienung, Wartung) gefördert.

Die Bürger von Kirchweiler machen sich durch die Entwicklung eines Bioenergiedorfes unabhängig von fossilen Ressourcen aus dem Ausland. Die OPEC-

Förderabsprachen und die teilweise politische Instabilität der Erdöl- und Erdgas exportierenden Länder verursacht eine unberechenbare Situation für importierende Staaten wie Deutschland. Kirchweiler kann sich dem durch gemeinschaftliche Umstellung auf erneuerbare Energien entziehen. Der Wärmebedarf würde zu 90% aus Bioenergie gedeckt. Wird die Variante mit BHKW realisiert, produziert dies im Jahr ca. 1.000 MWh Strom und würde einen geschätzten Strombedarf je Haushalt von 4.000 kWh/a bilanziell sogar überschreiten.

Ökologisch betrachtet könnten alle Kohlendioxidemissionen, welche die Wärme- und insbesondere auch der Stromverbrauch in Kirchweiler verursachen, zukünftig eingespart werden. Es müsste außer für die Spitzenlastabdeckung (5%) keine fossile Energie zur Wärmeerzeugung aufgewendet werden. Bilanziert man den Strombedarf von Kirchweiler mit der zukünftigen Produktion des BHKW wird voraussichtlich sogar mehr Strom eingespeist als die Haushalte verbrauchen.

Eine Alternative zum Nahwärmeverbund kann sein, die Wärmeversorgung in Kirchweiler auf erneuerbare Energien umzustellen, indem in den Gebäuden Heizungsanlagen mit Holz- und Solarnutzung nachgerüstet werden. Diese Variante hätte den Vorteil, dass die erforderliche Anfangsinvestition geringer ausfällt als bei einem Nahwärmekonzept. Die Bürger von Kirchweiler könnten Ihre Zentralheizung sukzessive je nach Bedarf erneuern, beginnend mit einem Pufferspeicher und Solarkollektoren auf dem Dach. Der Pufferspeicher kann vorerst auch mit einer bestehenden Ölheizung geladen werden und sobald eine Heizungssanierung ansteht oder weiterer Investitionsspielraum besteht, kann ein neuer Wärmeerzeuger auf Holzbasis in das System integriert werden. Dabei kann der Hausbesitzer zwischen einem komfortablen Pelletkessel oder einem relativ günstigen Scheitholzkessel wählen. Oder er unterstützt sein bestehendes Heizungssystem mit einem wasserführenden Kaminofen, was zusammen mit den Solarkollektoren zu einem sehr hohen Anteil an erneuerbarer Wärmeenergie führt.

Beide Optionen, Nahwärmenetz und dezentrale Versorgung, haben Ihre Vorteile, aber trotz des momentan sehr günstigen Ölpreises ist eine Umstellung auf erneuerba-

re, heimische Energieträger ökologisch und mittelfristig auch ökonomisch die zukunftsweisende Lösung.

IV. Quellenverzeichnis

- BAFA:** Internetseite des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA), Förderprogramme nach MAP, <http://www.bafa.de>.
- DESTATIS:** Internetseite des statistischen Bundesamtes Deutschland, Daten zur Energiepreisentwicklung, <http://www.destatis.de>.
- EEG:** Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften“, vom 25. Oktober 2008, BGBl. I S. 2074.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.):** „Handbuch: Bioenergie-Kleinanlagen“, Gülzow, 2007.
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) (Hrsg.):** „Leitfaden Bioenergie: Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen“, 4., unveränderte Auflage, Gülzow, 2007.
- Holzabsatzfonds (Hrsg.):** „Holzenergie für Kommunen: Ein Leitfaden für Anwender“, 3., überarbeitete Auflage, Bonn, 2006.
- KfW:** Internetseite der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), Förderprogramme nach MAP, <http://www.kfw-foerderbank.de>.
- Kubessa, Michael (Hrsg.):** „Energiekennwerte: Handbuch für Beratung, Planung, Betrieb“, Potsdam: Brandenburgische Energiespar-Agentur (BEA), 1998.
- MAP:** Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt (Marktanreizprogramm MAP), BMU, Berlin, 20.02.2009.
- UMSICHT:** Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits-, Energietechnik (Hrsg.), Christian Dötsch, Jan Taschenberger, Ingo Schönberg, „Leitfaden Nahwärme“, UMSICHT-Schriftenreihe, Band 6, Oberhausen: Fraunhofer IRB-Verlag, 1998.
- VDI:** Verein Deutscher Ingenieure VDI e. V., Richtlinie 2067 Blatt 1, „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen: Grundlagen und Kostenberechnung“, Berlin: Beuth Verlag, 2000.

6 Anhang

Tabelle 6-1: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 0 (Öl Bestand)

Verbrauchskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Endenergie	31.525	kWh/a	
Wärmeenergiebedarf	26.796	kWh/a	
Heizöl	0,04	€/kWh	
Jahreskosten Heizöl			1.325
spezifische Stromkosten	0,18	€/kWh	
Hilfsenergie	3,3	kWh/m ² *a	94
Verbrauchskosten gesamt			1.418
Betriebskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandhaltung Kessel	3,5%	bezogen auf die Investitionskosten	184
Bedienung (20 €/h)	10	h/a	200
Kaminfeger		pauschal	35
Betriebskosten gesamt			419
Zwischensumme			1.837
sonstige Kosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,15%	bezogen auf die Gesamtinvestition	26
sonstige Kosten gesamt			26
Jahreskosten netto			1.863
Umsatzsteuer			
USt.	19%	1.863	354
USt. ermäßigt	7%	0	0
Umsatzsteuer gesamt			354
Jahreskosten brutto			2.217
spez. WEK netto			0,07
spez. WEK brutto			0,08

Tabelle 6-2: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 1 (Öl & Solar)

Kapitalkosten			
Bezeichnung	Invest [€]	Bezug	Betrag [€/a]
Heizungsanlage	17.092	20 Jahre	1.107
enthaltene Förderung	1.695		
Zinssatz	2,60%		
Kapitalkosten gesamt			1.107
Verbrauchskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Endenergiebedarf (Öl)	23.976	kWh/a	
Wärmeenergiebedarf	26.796	kWh/a	
davon aus Ölkessel (85%)	22.777	kWh/a	
davon aus Solarthermie (15%)	4.019	kWh/a	
Heizöl	0,04	€/kWh	
Jahreskosten Heizöl			1.007
spezifische Stromkosten	0,18	€/kWh	
Hilfsenergie	1,6	kWh/m ² *a	45
Verbrauchskosten gesamt			1.052
Betriebskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandhaltung Ölkessel	3,5%	bezogen auf die Investitionskosten	184
Wartung und Instandhaltung Solarkollektor	1,0%	bezogen auf die Investitionskosten	81
Bedienung (20 €/h)	10	h/a	200
Kaminfeger		pauschal	35
Betriebskosten gesamt			500
Zwischensumme			2.659
sonstige Kosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,15%	bezogen auf die Gesamtinvestition	26
sonstige Kosten gesamt			26
Jahreskosten netto			2.684
Umsatzsteuer			
USt.	19%	2.684	510
USt. ermäßigt	7%	0	0
Umsatzsteuer gesamt			510
Jahreskosten brutto			3.195
spez. WEK netto			0,10
spez. WEK brutto			0,12

Tabelle 6-3: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 2a (Pelletkessel & Solar)

Kapitalkosten			
Bezeichnung	Invest [€]	Bezug	Betrag [€/a]
Heizungsanlage	19.717	20 Jahre	1.277
enthaltene Förderung	4.195		
Zinssatz	2,60%		
Kapitalkosten gesamt			1.277
Verbrauchskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Endenergie (Pellets)	26.796	kWh/a	
Wärmeenergiebedarf	26.796	kWh/a	
davon aus Pelletkessel (85%)	22.777	kWh/a	
davon aus Solarthermie (15%)	4.019	kWh/a	
spezifische Kosten Pellets	0,04	€/kWh	
Jahreskosten Pellets			1.146
spezifische Stromkosten	0,18	€/kWh	
Hilfsenergie	3,3	kWh/m ² *a	94
Verbrauchskosten gesamt			1.240
Betriebskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandhaltung	4,5%	bezogen auf die Investitionskosten	417
Wartung und Instandhaltung Solarkollektor	1,0%	bezogen auf die Investitionskosten	81
Bedienung (20 €/h)	20	h/a	400
Kaminfeger		pauschal	64
Betriebskosten gesamt			962
Zwischensumme			3.479
sonstige Kosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,15%	bezogen auf die Gesamtinvestition	30
sonstige Kosten gesamt			30
Jahreskosten netto			3.508
Umsatzsteuer			
USt.	19%	2.362	449
USt. ermäßigt	7%	1.146	80
Umsatzsteuer gesamt			529
Jahreskosten brutto			4.037
spez. WEK netto			0,13
spez. WEK brutto			0,15

Tabelle 6-4: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 2b (Holzkamin & Solar)

Kapitalkosten			
Bezeichnung	Invest [€]	Bezug	Betrag [€/a]
Heizungsanlage	19.800	20 Jahre	1.282
enthaltene Förderung	945		
realer Zinssatz	2,60%		
Kapitalkosten			1.282
Verbrauchskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Endenergie (Scheitholz)	28.471	kWh/a	
Wärmeenergiebedarf	26.796	kWh/a	
davon aus Holzkamin (85%)	22.777	kWh/a	
davon aus Solarthermie (15%)	4.019	kWh/a	
Scheitholz	0,04	€/kWh	
Jahreskosten Scheitholz			1.129
spezifische Stromkosten	0,18	€/kWh	
Hilfsenergie	2,5	kWh/m ² *a	71
Verbrauchskosten gesamt			1.200
Betriebskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandhaltung	4,5%	bezogen auf die Investitionskosten	279
Wartung und Instandhaltung Solarkollektor	1,0%	bezogen auf die Investitionskosten	81
Bedienung (20 €/h)	30	h/a	600
Kaminfeger		pauschal	64
Betriebskosten gesamt			1.024
Zwischensumme			3.506
sonstige Kosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,15%	bezogen auf die Gesamtinvestition	30
sonstige Kosten gesamt			30
Jahreskosten netto			3.535
Umsatzsteuer			
USt.	19%	2.407	457
USt. ermäßigt	7%	1.129	79
Umsatzsteuer gesamt			536
Jahreskosten brutto			4.072
spez. WEK netto			0,13
spez. WEK brutto			0,15

Tabelle 6-5: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 2c (Scheitholzkessel & Solar)

Kapitalkosten			
Bezeichnung	Invest [€]	Bezug	Betrag [€/a]
Heizungsanlage	17.910	20 Jahre	1.159,76
enthaltene Förderung	2.820		
Zinssatz	2,60%		
Kapitalkosten gesamt			1.159,76
Verbrauchskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Endenergie (Scheitholz)	28.471	kWh/a	
Wärmeenergiebedarf	26.796	kWh/a	
davon aus Holzkamin (85%)	22.777	kWh/a	
davon aus Solarthermie (15%)	4.019	kWh/a	
Scheitholz	0,04	€/kWh	
Jahreskosten Scheitholz			1.129
spezifische Stromkosten	0,18	€/kWh	
Hilfsenergie	2,5	kWh/m ² *a	71
Verbrauchskosten gesamt			1.200
Betriebskosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandhaltung	4,5%	bezogen auf die Investitionskosten	314
Wartung und Instandhaltung Solarkollektor	1,0%	bezogen auf die Investitionskosten	81
Bedienung (20 €/h)	20	h/a	400
Kaminfeger		pauschal	64
Betriebskosten gesamt			859
Zwischensumme			3.218
sonstige Kosten			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,15%	bezogen auf die Gesamtinvestition	27
sonstige Kosten gesamt			27
Jahreskosten netto			3.245
Umsatzsteuer			
USt.	19%	2.116	402
USt. ermäßigt	7%	1.129	79
Umsatzsteuer gesamt			481
Jahreskosten brutto			3.726
spez. WEK netto			0,12
spez. WEK brutto			0,14

Tabelle 6-6: Investitionskosten Variante 3a

Biogasanlage (Nassfermentation), 210 kWth, Schmack			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Einbringtechnik			
Vorgrube			
Grubenspeicherfermenter	1.005	m³	
Überlaufschnecke			
Substratlager			
BHKW	210	kWth	
Abgaswärmetauscher			
Wärmeauskopplung			
Mess- und Regelungstechnik (Biowatch)			
ISDN-Telefonanlage			
Substratleitung	30	m	
Gasleitung	5	m	
Planung			
Montage			
Summe			765.000
Rechnereinheit			10.600
sonstige Zusatzkosten			70.000
Gesamtkosten BGA			845.600
HHS-Heisanlage, 1.200 kWth, Schmid			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Holz-Heizungsanlage (Holzkessel, Brennstofftransport, hydraulische und elektrische Einbindung, Montage)	1.200	kW	324.700
Investitionen Rauchgasreinigungsanlage			88.000
Planung	10%	Invest	41.270
Förderung MAP (KfW-Programm)	20	€/kW	-24.000
Gesamtkosten HHS-Heisanlage			429.970
Bauliche Anlagen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Bauliche Anlagen (Heizraum, Brennstoffbunker, Kamin, Planung)			257.000
Gesamtkosten bauliche Anlagen			257.000
Öl-Spitzenlastkessel, 1.100 kWth			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Öl-Spitzenlastanlage (inklusive Kessel, Tank, Kamin)	1.100	kW	84.900
Planung	10%	Invest	8.490
Gesamtkosten Öl-Kessel			93.390
Einspeisung ins Netz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Pumpengruppe			8.465
Pufferspeicher	26.000	Liter	28.000
Ausdehnungsgefäße			8.000
Verrohrung, Ventile, Sicherheitsgruppe			6.000
Montage	35	€/h	2.800
Planung	10%	Invest	5.327
Gesamtkosten für Einspeisung ins Netz			58.592

Nahwärmenetz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Nahwärmenetz (Material, Verlegung, Planung, Nebenarbeiten)	5.544	m	1.582.000
Förderung MAP (KfW-Programm)	80	€/m	-443.520
Gesamtkosten Rohrnetz			1.138.480
Hausübergabestationen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
HÜ + Speicher	161	Stück	1.029.300
Förderung MAP (KfW-Programm)	1.800	€/HÜ	-289.800
Gesamtkosten Hausübergabestationen			739.500
Unvorhergesehenes			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Unvorhergesehenes	5%	Invest	215.993
Kosten Unvorhergesehenes			215.993
Investitionskosten inkl. Förderung MAP			3.778.524
Förderung MAP (KfW-Programm)			757.320
Investitionskosten ohne Förderung			4.535.844

Tabelle 6-7: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 3a

Kapitalkosten gesamt			
Bezeichnung	Invest [€]	Nutzungsdauer [a]	Betrag [€/a]
BGA	845.600	16	72.569
HHS-Anlage	429.970	20	31.638
Bauliche Anlagen HHS	257.000	50	11.963
Öl-Spitzenlast-Anlage	93.390	20	6.872
Wärmenetz	1.138.480	40	57.520
Hausübergabestationen	739.500	30	42.765
Sonstige Komponenten	274.584	15	24.696
Zinssatz	4%		
Kapitalkosten gesamt	3.778.524		248.024
Verbrauchskosten BGA			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Maissilage (2.500 t/a)	35	€/t	87.500
Rindergülle (3.000 t/a)	5	€/t	15.000
Grassilage (1.000 t/a)	5	€/t	5.000
Verbrauchskosten BGA			107.500
Verbrauchskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Nutzwärmeenergie	4.314.231	kWh/a	
Wärmeproduktion netto	5.676.619	kWh/a	
Wärmeproduktion BGA (26%)	1.484.000	kWh/a	
Wärmeproduktion HHS (69%)	3.916.867	kWh/a	
Wärmeproduktion Öl (5%)	275.752	kWh/a	
Kosten HHS	0,02	€/kWh	
Kosten Öl	0,04	€/kWh	
Kosten Strom	0,18	€/kWh	
Endenergiebedarf HHS	4.608.079	kWh/a	112.144
Endenergiebedarf Öl HEL	290.265	kWh/a	12.196
Hilfsenergiebedarf Strom (2%)	113.532	kWh/a	20.493
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	1.613
Verbrauchskosten gesamt			146.446
Betriebskosten BGA			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Betriebskosten (Strom, Vers., Betreuung)			34.848
Wartungskosten			38.025
Betriebskosten gesamt			72.873
Betriebskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]

Wartung und Instandsetzung Holz- und Hilfskessel	4,5%	bezogen auf Investitionskosten	23.551
Instandsetzung Netz	1,0%	bezogen auf Investitionskosten	11.385
Wartung und Instandsetzung bauliche Anlagen	2,0%	bezogen auf Investitionskosten	5.140
Wartung und Instandsetzung Hausübergabestationen	3,0%	bezogen auf Investitionskosten	22.185
Kaminfeger		pauschal	250
spezifische Personalkosten	35,00	€/h	
Bedienung Holz- und Hilfskessel	170	h/a	5.950
Betriebskosten gesamt			68.461
sonstige Kosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,7%	bezogen auf die Gesamtinvestition	20.530
Verwaltungskosten	5,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	19.518
kalkulatorischer Zuschlag	3,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	11.711
Gewinnrücklage des Betreibers/Investors	10,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	69.506
sonstige Kosten gesamt			121.266
Jahreskosten			764.570
Erlöse aus Stromerzeugung			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Grundvergütung	0,12	1.282.000	149.609
NawaRo-Bonus	0,07	1.282.000	89.740
Immissionsbonus	0,01	1.282.000	12.820
KWK-Bonus	0,03	1.282.000	38.460
Erlöse Stromerzeugung	0,23		290.629
Jahresterträge			290.629
Ergebnis netto			473.941
spez. WEK netto		€/kWh	0,11
Umsatzsteuer			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
USt	19%	0,11 €	0,02
spez. WEK brutto		€/kWh	0,13

Tabelle 6-8: Investitionskosten Variante 3b

Biogasanlage (Trockenfermentation), 150 kWth, Bioferm			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Bau (4 Garagenfermenter, Halle, Endlager etc.)			750.000
Technik (Gasverwertung, Steuerung etc.)			495.000
BHKW (Notkühler, Schalldämpfer etc.)			150.000
Gesamtkosten BGA			1.395.000
HHS-Heisanlage, 1.200 kWth, Schmid			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Holz-Heizungsanlage (Holzkessel, Brennstofftransport, hydraulische und elektrische Einbindung, Montage)	1.200	kW	324.680
Investitionen Rauchgasreinigungsanlage			0
Planung	10%	Invest	32.468
Förderung MAP (KfW-Programm)	20	€/kW	-24.000
Gesamtkosten HHS-Heisanlage			333.148
Bauliche Anlagen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Bauliche Anlagen (Heizraum, Brennstoff-bunker, Kamin, Planung)			257.000
Gesamtkosten bauliche Anlagen			257.000
Öl-Spitzenlastkessel, 1.100 kWth			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Öl-Spitzenlastanlage (inklusive Kessel, Tank, Kamin)	1.100	kW	84.900
Planung	10%	Invest	8.490
Gesamtkosten Öl-Kessel			93.390
Einspeisung ins Netz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Pumpengruppe			8.465
Pufferspeicher	26.000	Liter	28.000
Ausdehnungsgefäße			8.000
Verrohrung, Ventile, Sicherheitsgruppe			6.000
Montage	35	€/h	2.800
Planung	10%	Invest	5.327
Gesamtkosten für Einspeisung ins Netz			58.592
Nahwärmenetz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Nahwärmenetz (Material, Verlegung, Planung, Nebenarbeiten)	5.544	m	1.582.000
Förderung MAP (KfW-Programm)	80	€/m	-443.520
Gesamtkosten Rohrnetz			1.138.480
Hausübergabestationen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
HÜ + Speicher	161	Stück	1.029.300
Förderung MAP (KfW-Programm)	1.800	€/HÜ	-289.800
Gesamtkosten Hausübergabestationen			739.500
Unvorhergesehenes			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Unvorhergesehenes	5%	Invest	238.621
Kosten Unvorhergesehenes			238.621
Investitionskosten inkl. Förderung MAP			4.253.731

Förderung MAP (KfW-Programm)			757.320
Investitionskosten ohne Förderung			5.011.051

Tabelle 6-9: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 3b

Kapitalkosten gesamt			
Bezeichnung	Invest [€]	Nutzungsdauer [a]	Betrag [€/a]
Bau (Stahlbetonbau, Hallenbau, Endlager)	750.000	20	55.186
Technik (Gasverwertung, Steuerung, etc.)	495.000	12	52.743
BHKW (BHKW, Notkühler, Schalldämpfer)	150.000	10	18.494
HHS-Anlage	333.148	20	24.514
Bauliche Anlagen HHS	257.000	50	11.963
Öl-Spitzenlast-Anlage	93.390	20	6.872
Wärmenetz	1.138.480	40	57.520
Hausübergabestationen	739.500	30	42.765
Sonstige Komponenten	297.213	15	26.732
Förderbetrag	0		-117.551,88
Zinssatz	4%		
Kapitalkosten gesamt	4.253.731		296.789
Verbrauchskosten BGA			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Grassubstrat aus Landschaftspflege (4.650 t/a)	25	€/t	116.197
Verbrauchskosten BGA			116.197
Verbrauchskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Nutzwärmeenergie	4.314.231	kWh/a	
Wärmeproduktion netto	5.676.619	kWh/a	
Wärmeproduktion BGA (20%)	1.155.244	kWh/a	
Wärmeproduktion HHS (75%)	4.257.465	kWh/a	
Wärmeproduktion Öl (5%)	263.911	kWh/a	
Kosten HHS	0,02	€/kWh	
Kosten Öl	0,04	€/kWh	
Kosten Strom	0,18	€/kWh	
Endenergiebedarf HHS	5.008.782	kWh/a	121.896
Endenergiebedarf Öl HEL	277.801	kWh/a	11.672
Hilfsenergiebedarf Strom (2%)	113.532	kWh/a	20.493
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	1.753
Verbrauchskosten gesamt			155.814
Betriebskosten BGA			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Kosten für Befüllung und Entleerung	50 €/h	417 h/a	20.857
Betriebsführung/-management			14.000

Wartungskosten			9.068
Betriebskosten gesamt			43.925
Betriebskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandsetzung Holz- und Hilfskessel	4,5%	bezogen auf Investitionskosten	19.194
Instandsetzung Netz	1,0%	bezogen auf Investitionskosten	11.385
Wartung und Instandsetzung bauliche Anlagen	2,0%	bezogen auf Investitionskosten	5.140
Wartung und Instandsetzung Hausübergabestationen	3,0%	bezogen auf Investitionskosten	22.185
Kaminfeger		pauschal	250
spezifische Personalkosten	35	€/h	
Bedienung Holz- und Hilfskessel	170	h/a	5.950
Betriebskosten gesamt			64.104
sonstige Kosten BGA			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Condor Versicherungspaket			3.870
Beratungs- u. -Verwaltungskosten			5.200
sonstige Kosten gesamt			9.070
sonstige Kosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,7%	bezogen auf die Gesamtinvestition	20.011
Verwaltungskosten	5,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	19.514
kalkulatorischer Zuschlag	3,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	11.709
Gewinnrücklage des Betreibers/Investors	10,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	73.713
sonstige Kosten gesamt			124.947
Jahreskosten			810.846
Erlöse aus Stromerzeugung			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Grundvergütung	0,12	1.013.694	118.298
NawaRo-Bonus	0,07	1.013.694	70.959
Immissionsbonus	0,01	1.013.694	10.137
LPM-Bonus	0,02	1.013.694	20.274
KWK-Bonus	0,03	1.013.694	30.411
Erlöse Stromerzeugung	0,25		250.078
Jahresterträge			250.078
Ergebnis netto			560.768
spez. WEK netto		€/kWh	0,13
Umsatzsteuer			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]

USt	19%	0,13 €	0,02
spez. WEK brutto		€/kWh	0,15

Tabelle 6-10: Investitionskosten Variante 4a

HHS-Heisanlage, 1.250 kWth, Schmid			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Dreizugkesselanlage mit Vorschubrost 1.200 kW	1	136.430	136.430
Abgasrückführung	1	9.460	9.460
Nachwärmetauscher (+90 kW)	1	31.350	31.350
Steuerung	1	25.100	25.100
Silodeckel, 6,4 * 6,4 m	1	24.910	24.910
Schmid-Schubbodenaustragung	1	34.630	34.630
Transportanlage Schneckenaustragung	1	29.340	29.340
autom Entaschung	1	14.880	14.880
Abgasreinigung, Elektrofilter	1	88.000	88.000
Zylinderraumbelüftung	1	2.930	2.930
Montage, Inbetriebnahme	1	36.400	36.400
Montage, Inbetriebnahme E-Filter	1	10.600	10.600
Planung	0	Invest	44.403
Förderung MAP (KfW-Programm)	20	€/kW	-25.000
Gesamtkosten HHS-Heisanlage			463.433
Bauliche Anlagen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Bauliche Anlagen (Heizraum, Brennstoff-bunker, Kamin, Planung)			261.000
Gesamtkosten bauliche Anlagen			261.000
Öl-Spitzenlastkessel, 1.200 kWth			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Öl-Spitzenlastanlage (inklusive Kessel, Tank, Kamin)	1.200	kW	89.800
Planung	10%	Invest	8.980
Gesamtkosten Öl-Kessel			98.780
Einspeisung ins Netz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Pumpengruppe			8.465
Pufferspeicher	26.000	Liter	28.000
Ausdehnungsgefäße			8.000
Verrohrung, Ventile, Sicherheitsgruppe			6.000
Montage	35	€/h	2.800
Planung	10%	Invest	5.327
Gesamtkosten für Einspeisung ins Netz			58.592
Nahwärmenetz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Nahwärmenetz (Material, Verlegung, Planung, Nebenarbeiten)	5.544	m	1.582.000
Förderung MAP (KfW-Programm)	80	€/m	-443.520
Gesamtkosten Rohrnetz			1.138.480
Hausübergabestationen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]

HÜ + Speicher	161	Stück	1.029.300
Förderung MAP (KfW-Programm)	1.800	€/HÜ	-289.800
Gesamtkosten Hausübergabestationen			739.500
Unvorhergesehenes			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Unvorhergesehenes	5%	Invest	174.655
Kosten Unvorhergesehenes			174.655
Investitionskosten inkl. Förderung MAP			2.934.440
Förderung MAP (KfW-Programm)			733.320
Investitionskosten ohne Förderung			3.667.760

Tabelle 6-11: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 4a

Kapitalkosten gesamt			
Bezeichnung	Invest [€]	Nutzungsdauer [a]	Betrag [€/a]
HHS-Anlage	463.433	20	34.100
Bauliche Anlagen HHS	261.000	50	12.150
Öl-Spitzenlast-Anlage	98.780	20	7.268
Wärmenetz	1.138.480	40	57.520
Hausübergabestationen	739.500	30	42.765
Sonstige Komponenten	233.247	15	20.978
Zinssatz	4%		
Kapitalkosten gesamt	2.934.440		174.782
Verbrauchskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Nutzwärmeenergie	4.314.231	kWh/a	
Wärmeproduktion netto	5.676.619	kWh/a	
Wärmeproduktion HHS (90%)	5.108.958	kWh/a	
Wärmeproduktion Öl (10%)	567.662	kWh/a	
Kosten HHS	0,02	€/kWh	
Kosten Öl	0,04	€/kWh	
Kosten Strom	0,18	€/kWh	
Endenergiebedarf HHS	6.010.538	kWh/a	146.275
Endenergiebedarf Öl HEL	597.539	kWh/a	25.107
Hilfsenergiebedarf Strom (2%)	113.532	kWh/a	20.493
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	2.104
Verbrauchskosten gesamt			193.979
Betriebskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandsetzung Holz- und Hilfskessel	4,5%	bezogen auf Investitionskosten	25.300
Instandsetzung Netz	1,0%	bezogen auf Investitionskosten	11.385

Wartung und Instandsetzung bauliche Anlagen	2,0%	bezogen auf Investitionskosten	5.220
Wartung und Instandsetzung Hausübergabestationen	3,0%	bezogen auf Investitionskosten	22.185
Kaminfeger		pauschal	250
spezifische Personalkosten	35	€/h	
Bedienung Holz- und Hilfskessel	170	h/a	5.950
Betriebskosten gesamt			70.289
sonstige Kosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,7%	bezogen auf die Gesamtinvestition	20.541
Verwaltungskosten	5,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	21.953
kalkulatorischer Zuschlag	3,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	13.172
Gewinnrücklage des Betreibers/Investors	10,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	49.472
sonstige Kosten gesamt			105.137
Jahreskosten netto			544.187
spez. WEK netto		€/kWh	0,13
Umsatzsteuer			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
USt	19%	0,13 €	0,02
spez. WEK brutto		€/kWh	0,15

Tabelle 6-12: Investitionskosten Variante 4b

HHS-Heisanlage, 1.250 kWth, Schmid			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Dreizugkesselanlage mit Vorschubrost 1.200 kW	1	136.430	136.430
Abgasrückführung	1	9.460	9.460
Nachwärmetauscher (+90 kW)	1	31.350	31.350
Steuerung	1	25.100	25.100
Silodeckel, 6,4 * 6,4 m	1	24.910	24.910
Schmid-Schubbodenaustragung	1	34.630	34.630
Transportanlage Schneckenaustragung	1	29.340	29.340
autom Entaschung	1	14.880	14.880
Abgasreinigung, Elektrofilter	1	88.000	88.000
Zylinderraumbelüftung	1	2.930	2.930
Montage, Inbetriebnahme	1	36.400	36.400
Montage, Inbetriebnahme E-Filter	1	10.600	10.600
Planung	0	Invest	44.403
Förderung MAP (KfW-Programm)	20	€/kW	-25.000
Gesamtkosten HHS-Heisanlage			463.433
Solarthermie			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Kollektor, Kombispeicher u. Zubehör für 129 Gebäude	900	€/m²	652.050
Förderung MAP (BAFA)	105	€/m²	-76.073
			575.978
Bauliche Anlagen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Bauliche Anlagen (Heizraum, Brennstoff-bunker, Kamin, Planung)			261.000
Gesamtkosten bauliche Anlagen			261.000
Öl-Spitzenlastkessel, 1.200 kWth			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Investitionen Öl-Spitzenlastanlage (inklusive Kessel, Tank, Kamin)	1.200	kW	89.800
Planung	10%	Invest	8.980
Gesamtkosten Öl-Kessel			98.780
Einspeisung ins Netz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Pumpengruppe			8.465
Pufferspeicher	26.000	Liter	28.000
Ausdehnungsgefäße			8.000
Verrohrung, Ventile, Sicherheitsgruppe			6.000
Montage	35	€/h	2.800
Planung	10%	Invest	5.327
Gesamtkosten für Einspeisung ins Netz			58.592
Nahwärmenetz			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Nahwärmenetz (Material, Verlegung, Planung, Nebearbeiten)	5.544	m	1.582.000
Förderung MAP (KfW-Programm)	80	€/m	-443.520
Gesamtkosten Rohrnetz			1.138.480

Hausübergabestationen			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
HÜ + Speicher	161	Stück	821.350
Förderung MAP (KfW-Programm)	1.800	€/HÜ	-289.800
Gesamtkosten Hausübergabestationen			531.550
Unvorhergesehenes			
Artikel	Menge	Bezug	Betrag [€]
Unvorhergesehenes	5%	Invest	193.057
Kosten Unvorhergesehenes			193.057
Investitionskosten inkl. Förderung MAP			3.320.869
Förderung MAP (KfW-Programm)			733.320
Investitionskosten ohne Förderung			4.054.189

Tabelle 6-13: Wirtschaftlichkeitsabschätzung Variante 4b

Kapitalkosten gesamt			
Bezeichnung	Invest [€]	Nutzungsdauer [a]	Betrag [€/a]
Solarthermische Anlagen	575.978	20	42.381
HHS-Anlage	463.433	20	34.100
Bauliche Anlagen HHS	261.000	50	12.150
Öl-Spitzenlast-Anlage	98.780	20	7.268
Wärmenetz	1.138.480	40	57.520
Hausübergabestationen	531.550	30	30.740
Sonstige Komponenten	251.648	15	22.634
Zinssatz	4%		
Kapitalkosten gesamt	3.320.869		206.793
Verbrauchskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Nutzwärmeenergie	4.314.231	kWh/a	
Wärmeproduktion netto	5.250.873	kWh/a	
Wärmeproduktion HHS (90%)	4.725.786	kWh/a	
Wärmeproduktion Öl (10%)	525.087	kWh/a	
Kosten HHS	0,02	€/kWh	
Kosten Öl	0,04	€/kWh	
Kosten Strom	0,18	€/kWh	
Endenergiebedarf HHS	5.559.748	kWh/a	135.305
Endenergiebedarf Öl HEL	552.723	kWh/a	23.224
Hilfsenergiebedarf Strom (2%)	105.017	kWh/a	18.956
Ascheentsorgung	0,35	€/MWh	1.946
Verbrauchskosten gesamt			179.430
Betriebskosten Solarthermie			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung, Instandhaltung, Strom	1,5%	bezogen auf Investitionskosten	8.640
			8.640

Betriebskosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Wartung und Instandsetzung Holz- und Hilfskessel	4,5%	bezogen auf Investitionskosten	25.300
Instandsetzung Netz	1,0%	bezogen auf Investitionskosten	11.385
Wartung und Instandsetzung bauliche Anlagen	2,0%	bezogen auf Investitionskosten	5.220
Wartung und Instandsetzung Hausübergabestationen	3,0%	bezogen auf Investitionskosten	15.947
Kaminfeger		pauschal	250
spezifische Personalkosten	35	€/h	
Bedienung Holz- und Hilfskessel	170	h/a	5.950
Betriebskosten gesamt			64.051
sonstige Kosten HHS			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
Versicherung	0,7%	bezogen auf die Gesamtinvestition	19.214
Verwaltungskosten	5,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	20.395
kalkulatorischer Zuschlag	3,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	12.237
Gewinnrücklage des Betreibers/Investors	10,0%	bezogen auf die jährlichen Kosten	51.076
sonstige Kosten gesamt			102.922
Jahreskosten netto			561.835
spez. WEK netto		€/kWh	0,13
Umsatzsteuer			
Bezeichnung	Menge	Bezug	Betrag [€/a]
USt	19%	0,13 €	0,02
spez. WEK brutto		€/kWh	0,15