



**Umwelt-Campus
Birkenfeld**

IfaS Institut
für
angewandtes
Stoffstrommanagement

Projektleitung:

Prof. Dr. Peter Heck

Erstellt von:

Diplom Wirtschaftsing. (FH) Antti Olbrisch

In Zusammenarbeit mit:

Diplom Betriebswirt (FH) Thomas Anton und
Marco Grabowski

Abschlussbericht

Bioenergiedorf Grimburg



Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz auf Basis von Holz und Biogas

Mit freundlicher

Unterstützung des:



**Ministerium für
Umwelt und Forsten
Rheinland-Pfalz**

Birkenfeld, Dezember 2005

„Das Bioenergiedorf – ein Zukunftskonzept für den ländlichen Raum“



Der ländliche Raum ist „voller Energie“! Wind, Sonne, Wasserkraft und Biomasse haben beachtliche Potentiale. Diese gilt es im Interesse des Klimaschutzes, der Energiesicherung, aber auch im Hinblick auf neue, zusätzliche Wertschöpfung, für Arbeitsplätze und Einkommen zu nutzen.

Ein Baustein hierbei ist der Aufbau von „Bioenergiedörfern“. Statt immer mehr Geld für Öl- und Gas auszugeben, gilt es, sich wieder auf die eigenen Stärken zu besinnen! Warum etwas importieren, wenn man es selbst erzeugen kann?

Dies ist die Motivation der Gemeinde Grimburg. Dies ist der Grund, warum mein Haus die Studie „Bioenergiedorf Grimburg“ gefördert hat.

Die Ifas-Studie bringt wesentliche Erkenntnisse, die sich auf die meisten ländlichen Gemeinden in Rheinland-Pfalz übertragen lassen.

Die Studie am Beispiel Grimburg zeigt:

Ein typisches Dorf im ländlichen Raum kann 100% seiner Strom- und Wärmeversorgung mit Biogas und Holzhackschnitzeln auf Basis örtlicher Biomasse in Verbindung mit Wärmenetzen decken. Kofermente aus Energiepflanzenbau, Gülle aus der Tierhaltung und Holzhackschnitzel aus Landschafts- und Waldpflege können in diesen Dörfern 100% des Jahresverbrauchs an Heizöl bzw. Erdgas ersetzen, und dies klimaneutral!

Bei den heutigen Öl- bzw. Erdgaspreisen ergäbe sich durch die eigene Strom- und Wärmeerzeugung in Verbindung mit der Umsetzung von Bioenergiedorf-Konzepten nicht nur eine beachtliche zusätzliche regionale Wertschöpfung. Das Interessante an der Studie Grimburg ist, dass die Umstellung von Öl auf Biowärme für den Gebäudeeigentümer schon heute wirtschaftlich wettbewerbsfähig ist. Denn hier liegen die berechneten Bruttowärmekosten beim Heizen – ermittelt auf Basis Vollkosten mit heutigen Preisen - bei der für Grimburg vorgeschlagenen „Bioenergiedorf-Lösung“ niedriger als bei einer Ölheizung!

Problem sind jedoch die bei einer Umstellung außerhalb des regulären Reinvestitionszyklusses sich ergebenden „stranded invests“ bei den vorhandenen, aktuell noch nicht erneuerungsbedürftigen Ölheizungen. Denn der Gebäudeeigentümer, dessen Heizung noch nicht abgängig ist, interessiert sich nicht für die Vollkosten seiner Ölheizung. Er wird sich einem Bioenergie-Wärmenetz vielmehr nur anschließen, wenn die Vollkosten der Umstellung auf Biowärme für ihn niedriger sind als die laufenden Kosten seiner Ölheizung.

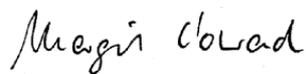
Im Fall Grimburg sind die laufenden Kosten der Ölheizung rechnerisch in vergleichbarer Höhe wie die Vollkosten der „Bioenergiedorf-Lösung“.

Leider ist Kostengleichheit für die Gebäudeeigentümer, deren Ölheizung noch nicht zu sanieren ist, jedoch kein ausreichender Anreiz für den Anschluss an ein Bioenergienetz! Um die Bereitschaft zum Anschluss an Biowärmenetze zu befördern, bedarf es derzeit noch eines Anreizes durch Förderung. Nur wenn die Wärmekosten der Bioenergie durch Förderung unter die laufenden Kosten der Ölheizung abgesenkt werden, sind umfangreiche Umsetzungen von „Bioenergiedörfern“ möglich.

Im Hinblick auf die Vorteile im Klimaschutz, die regionale Wertschöpfung und die Sicherung v.a. von Arbeitsplätzen in Land- und Forstwirtschaft sollte eine diesbezügliche Förderung gerechtfertigt sein.

Es braucht hohes Engagement und viel Überzeugungsvermögen, solche Zukunftslösungen wie ein „Bioenergiedorf“ umzusetzen. Unabhängig davon, ob es zur Umsetzung eines Bioenergiedorfes in Grimburg kommt, bin ich dem Bürgermeister von Grimburg, Herrn Franz-Josef Weber, seinen Beigeordneten und seinem Gemeinderat dankbar, dass sie dieses Zukunftsthema im Interesse ihrer Mitbürgerinnen und Mitbürger, aber auch für die Region modellhaft aufgegriffen haben und diskutieren.

Denn die Erkenntnisse aus dem Projekt haben Relevanz für den gesamten ländlichen Raum in Rheinland-Pfalz, aber auch darüber hinaus.



Margit Conrad

Staatsministerin für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

Danksagung

Im Mai 2005 wurde das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) vom Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz beauftragt, für die Ortsgemeinde Grimburg eine Studie darüber zu erstellen in wie weit eine Wärmeversorgung des Ortes auf Basis von Biomasse realisierbar ist. Diesem Auftrag lag die Idee zugrunde, Grimburg als „Bioenergiedorf“ autark mit Wärme aus regionalen Rohstoffen zu versorgen.

Mit Vorlage dieses Abschlussberichts möchte ich mich, auch im Namen meiner Mitarbeiter, für die gelungene Zusammenarbeit mit allen Beteiligten bedanken.

Insbesondere gilt dieser Dank dem Ortsbürgermeister der Ortsgemeinde Grimburg, Herrn Franz-Josef Weber, auf dessen Initiative sich dieses Projekt gründet und dessen Engagement zum Verlauf dieser Zusammenarbeit wesentlich beigetragen hat.

Darüber hinaus möchte ich allen Gemeinderatsmitgliedern der Ortsgemeinde, dem Verbandsbürgermeister Herrn Hülpes sowie den Mitarbeitern der Verbandsgemeindeverwaltung Hermeskeil danken, die uns im Laufe des Projektes in jeglicher Form unterstützten.

Zu guter letzt gilt unser Dank den beteiligten Landwirten aus der Region, Herr Günter Becker, Herr Ferdi Klauck, Herr Vitus Molter, Herr Johannes Nickels und Herr Heinz Paulus, die uns Daten über Ihre Ackerflächen und Viehbestände zur Verfügung stellten und hilfreich zur Seite standen.

Birkenfeld im Dezember 2005



Prof. Dr. Peter Heck

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis	VIII
Abbildungsverzeichnis.....	X
I. Einführung	1
A. Ausgangslage.....	3
B. Methodik	3
II. Variantenbeschreibungen.....	4
A. Gemeinsame Faktoren für die Varianten mit kleinem Netz.....	4
1. Energiebedarfsabschätzung	5
2. Bestimmung der Leitungswege	6
3. Dimensionierung der Rohrleitungen	7
4. Heizzentrale.....	7
5. Der Ölerdtank.....	8
B. Gemeinsame Faktoren für die Varianten mit dem großen Nahwärmenetz.....	9
1. Energiebedarfsabschätzung	9
2. Bestimmung der Leitungswege	9
3. Dimensionierung der Rohrleitungen	10
4. Heizzentrale.....	11
5. Ölerdtank	12
C. Variante 1: Kleines Nahwärmenetz mit Holzhackschnitzel-Grundlast- und Öl- Spitzenlastabdeckung.....	12
1. Bestimmung der Kesselleistung.....	12
2. Pufferspeicher.....	13
3. Brennstoffbedarf.....	13
4. Brennstofflager	14
D. Variante 2: Kleines Nahwärmenetz mit Holzpellet-Grundlastkessel und Ölspitzenlastabdeckung	15
1. Bestimmung der Kesselleistung.....	15
2. Brennstoffbedarf Holzpellets	15
3. Brennstofflager	15

E. Variante 3: Großes Nahwärmenetz mit Holzhackschnitzel-Grund- und Ölspitzenlastabdeckung	16
1. Bestimmung der Kesselleistung	16
2. Pufferspeicher	17
3. Brennstoffbedarf	17
4. Brennstofflager	18
F. Variante 4: Großes Nahwärmenetz mit Holzpellets-Grundlastkessel und Ölspitzenlastabdeckung	19
1. Kesselleistung des Holzpellets-Grundlastkessels	19
2. Brennstoffbedarf	19
3. Brennstofflager	20
G. Variante 5: Großes Nahwärmenetz mit Biogasanlage in Verbindung mit Holzhackschnitzel- und Ölspitzenlastabdeckung	20
1. Eingangsstoffe	21
2. Auslegung der Biogasanlage	21
3. Energieproduktion	23
III. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	25
A. Investitionskosten	26
B. Jährliche Kosten	29
C. Wärmepreis	31
D. Aspekte für Hauseigentümer	35
1. Kosteneinsparung bei Heizungserneuerung	36
2. Mehrkosten für Hauseigentümer, die ihre Heizung nicht erneuern müssen	36
E. Zusammenfassung und Prognose	41
Literatur	48
Anhang	49
I. Energiebedarfsabschätzung	49
II. Dimensionierung der Rohrleitungen	55
III. Netzkosten	56
IV. Kennwerte zur Wärmepreisberechnungen	58
V. Brennstoffpreise	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufstellung der unterschiedlichen Prüfvarianten.....	4
Tabelle 2: Auslegung der Kesselleistung für Variante 1	13
Tabelle 3: Auslegung der Kesselleistung der großen Netzvariante.....	17
Tabelle 4: Ausgangslage der Eingangsstoffe zur Biogasproduktion	21
Tabelle 5: Auslegung der Biogasanlage.....	23
Tabelle 6: Monatliche Aufteilung von Wärmebedarf in Grimburg im großen Netz	24
Tabelle 7: Aufstellung der unterschiedlichen Prüfvarianten.....	25
Tabelle 8: Kostenaufstellung für die Varianten 1 bis 4.....	26
Tabelle 9: Kostenaufstellung für die Biogasanlage	27
Tabelle 10: Kostenermittlung der Ölheizungen bei Heizungserneuerung	28
Tabelle 11: Jährliche Kosten der Varianten.....	31
Tabelle 12: Investitionskosten für die Biogasanlage mit großem Netz und Holzhackschnitzel- und Ölheizung zur Abdeckung der Spitzenlast im großen Netz	32
Tabelle 13: Betriebs- und Verbrauchskosten der Biogasanlage sowie der dazugehörigen Komponenten	34
Tabelle 14: Wärmepreise der verschiedenen Szenarien.....	35
Tabelle 15: Kosteneinsparung pro Haushalt und Jahr bei Vollkosten (d.h. unter Einbezug der Investitionskosten, wenn Ölheizung zur Erneuerung ansteht).....	36
Tabelle 16: Berechnung des Wärmepreises einer Ölheizung für Gebäude, in denen keine Neuinstallation der Öl-Einzelheizanlage ansteht (nur laufende Kosten) ...	38
Tabelle 17: Jährliche Mehrkosten bei Netzanschluss für die Gebäudeeigentümer, bei denen keine Sanierung der Ölheizung ansteht	39
Tabelle 18: Vergleich der Wärmepreise bei unterschiedlichen Förderungen im Vergleich zu den laufenden Kosten der Ölheizung (ohne Investitionskosten) .	40
Tabelle 19: Aufstellung der Prüfvarianten	41
Tabelle 20: Investitionskosten netto	42
Tabelle 21: Wärmepreise	43
Tabelle 22: Zusätzliche Kosten bzw. Einsparungen bei Anschluss an das Nahwärmenetz	45

Tabelle 23 Energiebedarfsabschätzung der kleinen Netzvariante	54
Tabelle 24: Rohrdimensionierungen der kleinen Netzvariante	55
Tabelle 25: Rohrdimensionierung der großen Netzvariante.....	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kleines Nahwärmenetz entlang der Hauptstraße	6
Abbildung 2: Aufstellungsskizze der Heizzentrale mit Hackschnitzelbunker und Ölerdtank	8
Abbildung 3: Leitungsführung des großen Nahwärmenetzes	10
Abbildung 4: Heizzentrale der großen Netzvariante.....	11
Abbildung 5: Aufstellungsskizze der Biogasanlage	22
Abbildung 6: Steigerung des Wärmepreises der Bioenergie-Varianten im Vergleich zur Öl-Einzelheizung bei einer Öl- und Holzpreis- bzw. Kofermentepreissteigerung von 6% über 25 Jahre (Nahwärmepreis in €/kWh Nutzwärme)	44

I. Einführung

Die Idee eines Bioenergiedorfes ist die autarke Energieversorgung einer Ortschaft auf Basis erneuerbarer Energien, unter anderem durch Stoffe, die in der direkten Umgebung anfallen. Dies ist in ländlichen Regionen durch den Einsatz von Biomasse in der Regel technisch machbar. Die Wirtschaftlichkeit eines „Bioenergiedorfes“ auf Basis eines Wärmenetzes hängt in hohem Umfang davon ab, ob die Umstellung im Rahmen von Erneuerungen der Energieversorgung bzw. von Reinvestitionszyklen erfolgt.

Auf Grund der erhöhten Einspeisevergütung des Erneuerbare Energien Gesetzes für Strom aus Biomasse ist der Betrieb von Biomasseanlagen zur Strom- und Wärmeherzeugung heute wirtschaftlich. Durch die Nutzung der bei der Stromerzeugung anfallenden Abwärme für den Betrieb eines Wärmenetzes können heute schon die Wärmepreise einer Öl- oder Gasheizung unterschritten und damit den Gebäudeeigentümern Einsparungen bei den immer teurer werdenden Heizkosten ermöglicht werden.

Aber nicht nur der direkte Gewinn aus dem Wärmeverkauf spricht für die Durchführung eines solchen Konzeptes, sondern vielmehr auch der Verbleib des Geldflusses in der Region. Durch die Nutzung einheimischer Hölzer und Energiepflanzen und die damit verbundene Verdrängung von Öl bzw. Erdgas wird ein regionaler Mehrwert geschaffen. Dieser dient der Stärkung der regionalen Wirtschaftskraft und der Erhaltung von Arbeitsplätzen vor allem in der Land- und Forstwirtschaft.

Im Zuge von anstehenden Straßen- und Heizungssanierungen wandte sich die Gemeinde Grimburg an das Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz mit der Anfrage, ob seitens des Umweltministeriums eine Machbarkeitsstudie „Bioenergiedorf Grimburg“ unterstützt würde.

Auf Grund des Pilotcharakters des „Bioenergiedorf-Konzeptes“ für Rheinland-Pfalz und einer vielfachen Übertragbarkeit der Erkenntnisse für den ländlichen Raum allgemein hat das Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz das Institut für

angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) mit einer Studie darüber beauftragt, in wie weit eine Wärmeversorgung von Gebäuden in Grimburg über ein Nahwärmenetz auf Basis von Biomasse technisch machbar und wirtschaftlich rentabel ist.

In der folgenden Studie wurden mehrere Varianten einer Nahwärmeversorgung untersucht. Diese Varianten ergeben sich zum Einen aus den unterschiedlichen Größen der zu versorgenden Gebiete und zum Anderen aus unterschiedlichen Brennstoffen, die zur Wärmeversorgung genutzt werden.

Diese Machbarkeitsstudie ersetzt keine detaillierte Anlagenkonzeption oder gar Planung. Sie gibt jedoch in einem ersten Schritt ökonomische und technische Hinweise für die Errichtung und den Betrieb von Nahwärmenetzen auf der Basis von regenerativen Energien.

Mit 513 Einwohnern, 155 Gebäuden, einer Gemarkungsfläche von 1.018 Hektar, davon 681 Hektar Wald ist Grimburg ein typisches Hochwalddorf. Insoweit lassen sich die Erkenntnisse aus dieser Studie auf den ländlichen Raum von Rheinland-Pfalz insgesamt übertragen.

A. Ausgangslage

Zurzeit werden die Wohngebäude in der Gemeinde Grimburg vor allem auf der Basis von Ölheizungen dezentral versorgt.

In der Gemeinde steht für die Hauptstraße eine Straßensanierung an, die einen Straßenaufriß beinhaltet. Bei einer zeitgleichen Errichtung eines Nahwärmenetzes könnten so die Kosten für die Verlegung der Wärmeleitungen verringert werden.

Auf Wunsch der Gemeinde wurde eine zentrale Wärmeversorgung mit Holz geprüft.

Landwirte aus der Umgebung interessierten sich, ihre Ackerflächen für den Anbau von Energiepflanzen zu nutzen und den Gülleanfall zur energetischen Verwertung bereitzustellen. Daher wird in einem weiteren Schritt die Einbindung einer Biogasanlage zur Wärmeerzeugung mit einem Blockheizkraftwerk (BHKW), also zur gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme, als eine weitere Variante untersucht.

B. Methodik

Im Folgenden werden zunächst die verschiedenen Varianten und die dazugehörigen technischen Aspekte beschrieben und auf ihre Umsetzbarkeit hin geprüft. Anschließend werden diese auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. In einem letzten Schritt wird ein Ausblick und eine Handlungsempfehlung gegeben.

II. Variantenbeschreibungen

Im Verlauf der Untersuchung wurden verschiedene Varianten auf ihre technische Machbarkeit und ihre Wirtschaftlichkeit hin untersucht. Es wurden zwei Netzvarianten, eine kleine und eine große, mit jeweils Holzpellets- und Holzackschnitzelheizungen kombiniert.

Zusätzlich wurde für das große Netz die Einbindung einer Biogasanlage geprüft. Die Biogasanlage wird mit der Variante kombiniert, die in den vorherigen Betrachtungen die besten wirtschaftlichen Ergebnisse erzielte, nämlich das große Netz mit Holzackschnitzeln und Öl-Spitzenlast.

	Netzauslegung	Grundlast	Spitzenlast
Variante 1	klein	Hackschnitzel	Öl
Variante 2	klein	Pellets	Öl
Variante 3	groß	Hackschnitzel	Öl
Variante 4	groß	Pellets	Öl
Variante 5	groß	Biogas	HHS + Öl

Tabelle 1: Aufstellung der unterschiedlichen Prüfvarianten

A. Gemeinsame Faktoren für die Varianten mit kleinem Netz

Ein Nahwärmenetz verteilt die zentral erzeugte Wärme an die angeschlossenen Häuser. Das kleine Nahwärmenetz soll die 39 Häuser entlang der Hauptstraße mit Wärme versorgen. Diese Netzvariante wurde geprüft, da in diesem Bereich Straßenbauarbeiten anstehen und man somit Kosten für diese Arbeiten einsparen, bzw. auf die Baumaßnahmen verteilen kann.

1. Energiebedarfsabschätzung

Da für die betroffenen Gebäude keine Daten über die tatsächlichen Energieverbräuche vorlagen, wurde eine Energiebedarfsabschätzung durchgeführt. Basierend auf dem Lageplan der Gemeinde Grimburg wurde aus der Grundfläche der Gebäude, der Geschossanzahl und einem Wärmebedarf von 150 kWh/m²a überschlägig der Energiebedarf abgeschätzt¹. Daraus ergibt sich ein Wärmeenergiebedarf im kleinen Netz von 860.220 kWh/a.

Da es sich bei den hier betrachteten Objekten größtenteils um ältere Wohnhäuser handelt, kann davon ausgegangen werden, dass der tatsächliche Energiebedarf höher liegt als angenommen. Denn laut der Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V. liegt der Heizwärmebedarf für Häuser aus den Baujahren 1949-1957 in Deutschland bei 253 kWh/m²a. In welcher Größenordnung der Energieverbrauch höher ist als die angenommenen 150 kWh/m²a, ist abhängig von bisher schon durchgeführten Dämm- und Einsparmaßnahmen. Der tatsächliche Heizwärmebedarf wird sich daher erst in einer Detailstudie feststellen lassen.

¹ Energieeinsparung im Gebäudebestand, S.13ff

2. Bestimmung der Leitungswege

In Abbildung 1 ist der Hauptstrang des Nahwärmenetzes blau eingezeichnet. Die anzuschließenden Häuser sind gelb markiert. Der voraussichtliche Standort der Heizzentrale ist rot dargestellt. Die gesamte Leitungslänge in dieser Variante beträgt 1.007 Meter. Die Länge beinhaltet alle Leitungen von der Heizzentrale bis hin zu den Hausanschlüssen an die jeweiligen Gebäude.

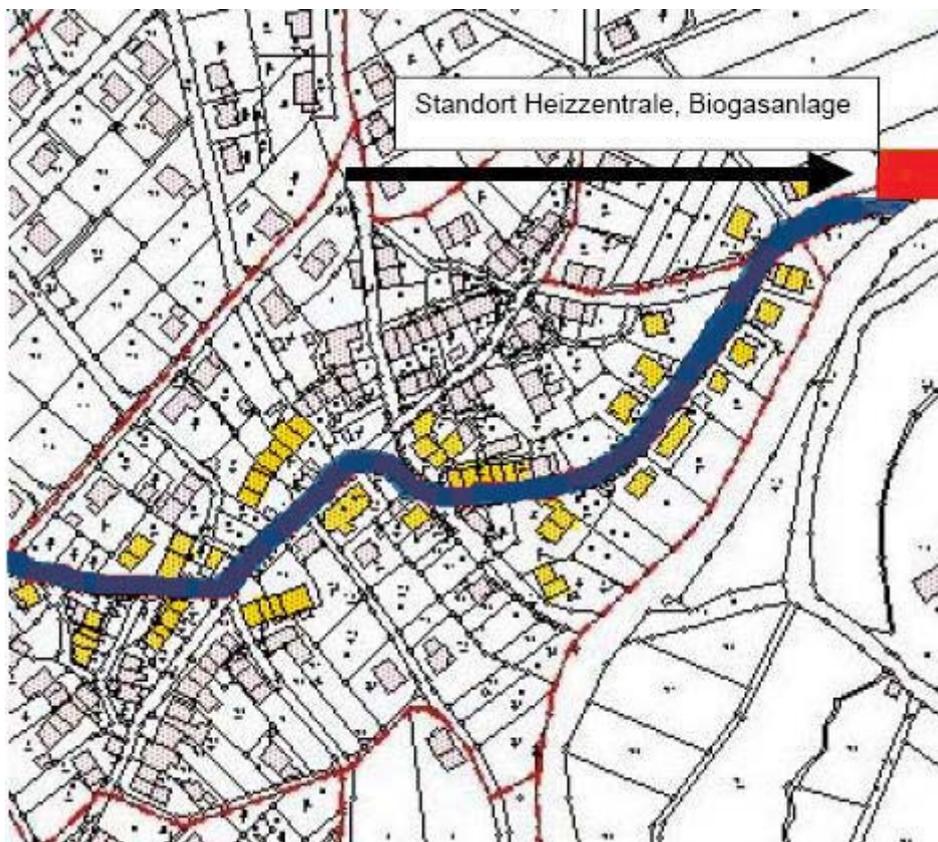


Abbildung 1: Kleines Nahwärmenetz entlang der Hauptstraße

3. Dimensionierung der Rohrleitungen

Die Rohrleitungen des Nahwärmenetzes müssen die gesamte benötigte Wärmemenge an die jeweiligen Verbraucher verteilen können. Um die betrachteten 39 Häuser an den Hauptstrang des Nahwärmenetzes anzubinden, wurden überschlägig zehn Meter Rohrlänge pro Haus angenommen. Als Rohrleitungen werden flexible Kunststoffmediumrohre PEX verbaut. Aus den Berechnungen ergab sich eine Gesamtleitungslänge von 1.008 m.

4. Heizzentrale

Es ist vorgesehen, dass die Grund- und Spitzenlastkessel in einer abgeschlossenen Leichtbauhalle untergebracht werden. Ebenfalls soll die Halle noch den Pufferspeicher, den Ausgleichsbehälter, die Pumpen für das Nahwärmenetz und den Schaltschrank für die elektronische Steuerung aufnehmen. In Abbildung 2 ist die Heizzentrale schematisch eingezeichnet.

Auf dem Gelände ist zudem eine befahrbare Waage für die Anlieferung der Brennstoffe sowie der Eingangsstoffe für die Biogasanlage vorgesehen. Der Vorplatz der Heizzentrale wird geschottert, um auch bei schlechten Wetterbedingungen eine problemlose Anlieferung zu gewährleisten.

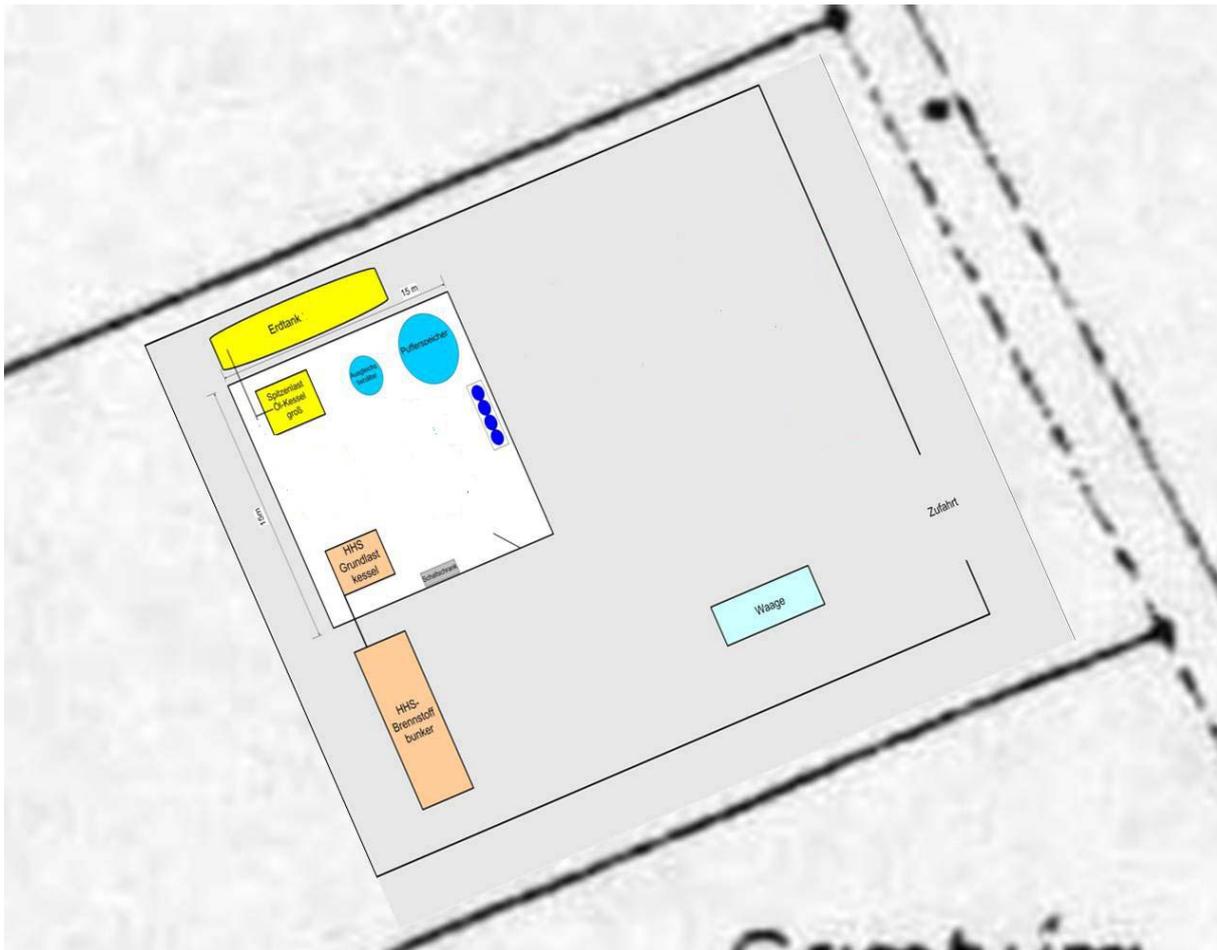


Abbildung 2: Aufstellungsskizze der Heizzentrale mit Hackschnitzelbunker und Ölerdtank

5. Der Ölerdtank

Der Öltank wird unterirdisch seitlich neben der Heizzentrale in ein Sandbett eingelagert (siehe Abbildung 2). Die jährlich zur Spitzenlastabdeckung benötigte Menge beträgt 21.858 Liter in der kleinen Netzvariante (siehe Kapitel C.3.b)). Um beim Ankauf von Heizöl flexibel zu sein und um auf Preisschwankungen besser reagieren zu können wurde ein Erdtank mit einer Größe von 20 m³ gewählt. Somit reicht eine Füllung nahezu ein ganzes Jahr.

B. Gemeinsame Faktoren für die Varianten mit dem großen Nahwärmenetz

Die große Netzvariante umfasst zusätzlich zu den Gebäuden entlang der Hauptstraße alle weiteren zu beheizenden Gebäude der Ortsgemeinde, so dass die gesamte Gemeinde mit Nahwärme versorgt wird. Diese Netzvariante umfasst insgesamt 155 Gebäude.

1. Energiebedarfsabschätzung

Die Abschätzung des Energiebedarfs wurde analog zu der im vorigen Kapitel für das kleine Nahwärmenetz durchgeführten Berechnung ermittelt (Kapitel A.1). Daraus ergibt sich ein Energiebedarf von 3.229.560 kWh jährlich. Die ausführliche Tabelle der Energiebedarfsabschätzung befindet sich im Anhang.

2. Bestimmung der Leitungswege

Abbildung 3 zeigt die von uns angenommene Verlegung des Nahwärmenetzes mit den anzuschließenden Häusern. Die Leitungsführung erfolgt nach dieser Planung ausschließlich auf öffentlichen Wegen. Durch die Führung der Leitungen über Privatgrundstücke können sich die Leitungswege verkürzen und Kosten eingespart werden.

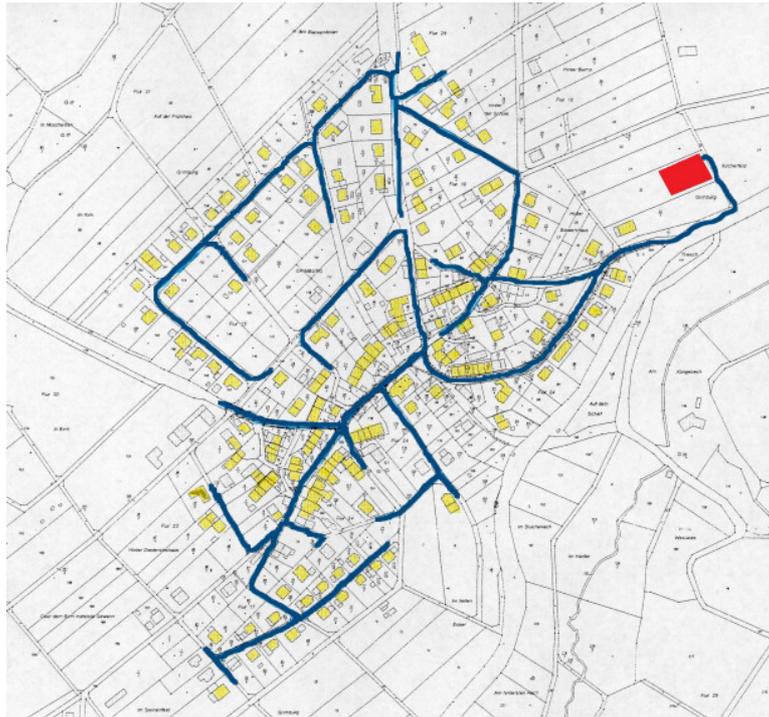


Abbildung 3: Leitungsführung des großen Nahwärmenetzes

3. Dimensionierung der Rohrleitungen

Aus den berechneten Verbrauchswerten ergeben sich wiederum die für das Nahwärmenetz notwendigen Leitungsdimensionen, aus denen sich eine Leitungslänge von 4.342 m ergibt.

4. Heizzentrale

Die Heizzentrale beinhaltet wie bei der Heizzentrale des kleinen Netzes die Heizkessel, den Pufferspeicher, den Ausgleichsbehälter sowie die Pumpen für das Nahwärmenetz (Abbildung 4) .

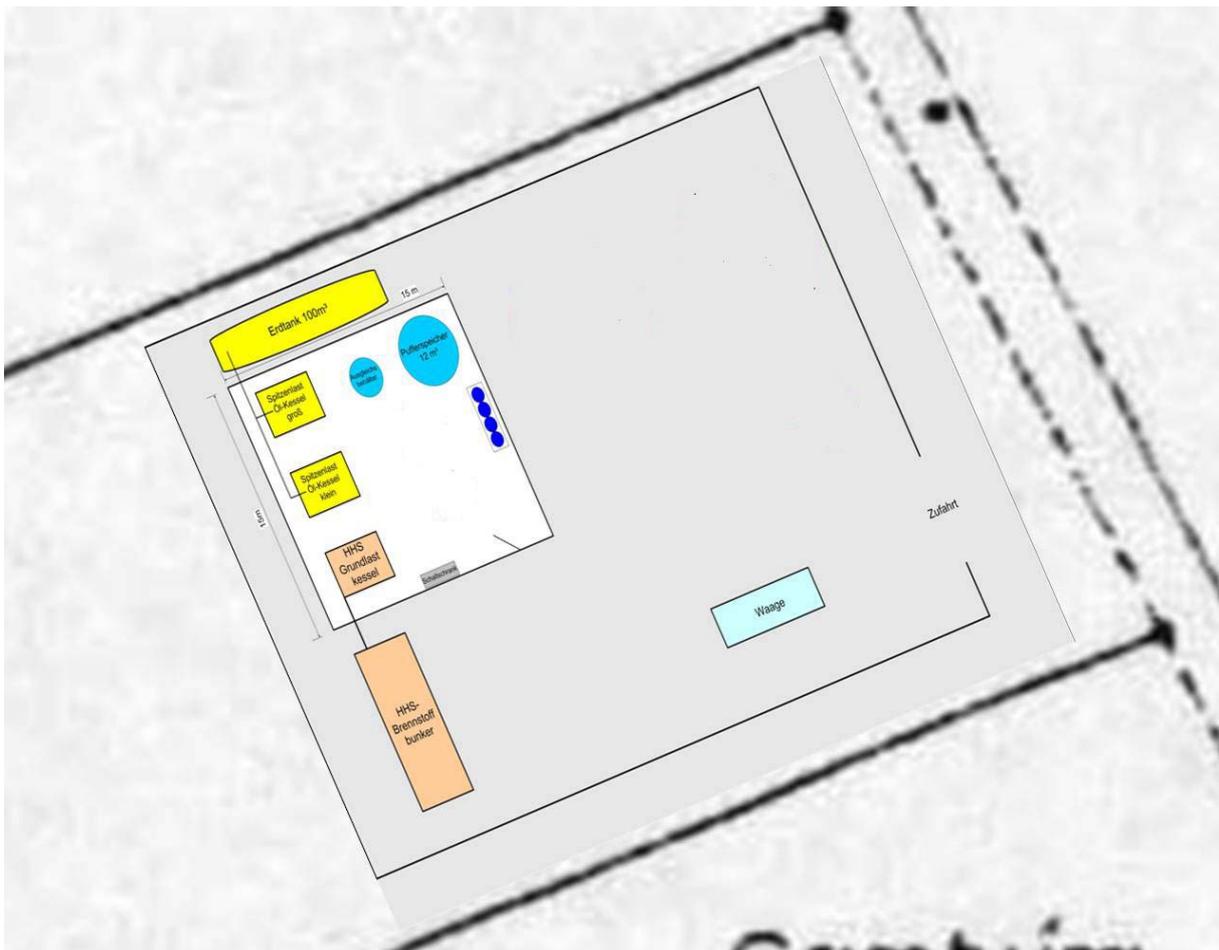


Abbildung 4: Heizzentrale der großen Netzvariante

5. Ölerdtank

Der Öltank wird als Erdtank ausgeführt und in einem Sandbett nahe der Heizhalle, siehe obige Abbildung, eingelagert. Die beiden Spitzenlast-Ölkessel haben einen jährlichen Nutzenergiebedarf von 820.631 kWh. Für diese Energiemenge werden, bei einem Energiegehalt von 10 kWh pro Liter Heizöl, 82.063 Liter pro Jahr benötigt. Der Erdtank wurde mit einer Größe von 100 m³ gewählt.

C. Variante 1: Kleines Nahwärmenetz mit Holzhackschnitzel-Grundlast- und Öl-Spitzenlastabdeckung

1. Bestimmung der Kesselleistung

Ausgehend von einem Nutzenergieverbrauch von 860.220 kWh pro Jahr und einer Vollbenutzungsstundenzahl von 1.900 Stunden ergibt sich eine theoretische Leistung des Heizkessels von 453 kW. Hinzu kommen 5 % Verluste der Hausübergabestationen und 10 % des Nahwärmenetzes. Daraus ergibt sich eine Nennwärmeleistung von 523 kW. Die Spitzenlasten der einzelnen Abnehmer treten nicht gleichzeitig auf und die zeitliche Durchmischung der Wärmeabnahmen einer Vielzahl von Kunden im Nahwärmenetz gleichen die zeitungleichen Lastspitzen aus. Daher braucht die installierte Leistung der Kessel nicht für die Summe der Nennleistungen aller angeschlossenen Verbraucher ausgelegt zu werden, sondern nur für einen kleineren Wert. Um dieses in die Berechnung mit einfließen zu lassen wird ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,85 einbezogen. Die zu installierende Leistung beträgt schließlich 444 kW. Nach der Aufteilung der Kessel in einen 40% Grundlast-Holzhackschnitzel-Kessel (HHS) und in einen 60% Öl-Spitzenlastkessel ergeben sich zu installierende Leistungen von 178 kW für den Hackschnitzel-Kessel und 267 kW für den Öl-Kessel (Tabelle 2). Gewählt wurde ein HHS-Grundlastkessel mit einer Leistung von 240 kW und ein Öl-Spitzenlastkessel mit einer Leistung von 295 kW.

	Kleines Netz
Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]	860.220
Vollbenutzungsstunden [h/a]	1.900
Theoretische Leistung [kW]	453
Verlust HÜ 5% [kW]	23
Theoretische Leistung + Verluste HÜ [kW]	475
Verlust Netz 10% [kW]	48
Nennwärmeleistung Kessel [kW]	523
Gleichzeitigkeitsfaktor	0,85
Installierte Leistung Heizzentrale [kW]	444
Kesselaufteilung Grundlast 40% HHS [kW]	178
Kesselaufteilung Spitzenlast 60% Öl [kW]	267

Tabelle 2: Auslegung der Kesselleistung für Variante 1

2. Pufferspeicher

Um Schwankungen des Wärmebedarfs nicht direkt an die Leistungsregelung des Kessels weiterzugeben, ist ein vier Kubikmeter großer Pufferspeicher vorgesehen.

3. Brennstoffbedarf

Aus dem Endenergiebedarf und der Kesselgröße ergibt sich ein Brennstoffbedarf von 1.092.910 kWh jährlich. Dieser künftige Brennstoffbedarf teilt sich wie folgt auf.

a) Hackschnitzelbedarf

Der jährliche Bedarf an Holzhackschnitzeln beläuft sich auf 874.328 kWh. Bei Waldrestholz auf Basis Nadelholz mit einer Feuchte von 45 %² entspricht dies 1.040 Schüttraummeter (Srm) Holzhackschnitzeln. Das entspricht einem Öl-Äquivalent von 87.400 Litern.

b) Ölbedarf

Um die Spitzenlast abzudecken, werden 218.582 kWh Öl pro Jahr gebraucht. Da ein Liter Heizöl einen Energiegehalt von 10 kWh hat, wird jährlich eine Menge von 21.858 Litern Heizöl für die Spitzenlastabdeckung mit Öl verbraucht.

4. Brennstofflager

Das Brennstofflager für die Holzhackschnitzel soll außerhalb der Heizzentrale, jedoch möglichst nahe an dem Holzhackschnitzel-Grundlastkessel, als Erdbunker ausgeführt werden. Der Brennstoffbunker ist mit Schubböden im Bunker und mit einer Schneckenaustragung vom Bunker zum Grundlastkessel ausgestattet. Bei einer installierten Leistung von 240 kW des Holzhackschnitzel-Grundlastkessels und einer Vollastlaufzeit von 24 Stunden werden ca. 7 Schüttraummeter Holzhackschnitzel am Tag benötigt.² Der geplante Erdbunker fasst ein Volumen von 75 m³. Damit ist eine Brennstoffversorgung von ca. 11 Tagen gewährleistet. Da die Holzhackschnitzel größtenteils aus umliegenden Wäldern der Gemeinde beschafft werden sollen und um die Lärmbelästigung für die Anwohner durch anliefernde Lastkraftwagen und Traktoren möglichst gering zu halten, sollte der Bunker in dieser Größe realisiert werden.

² <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 03.11.2005

D. Variante 2: Kleines Nahwärmenetz mit Holzpellet-Grundlastkessel und Ölspitzenlastabdeckung

In dieser Variante wird der Hackschnitzelkessel aus Variante 1 durch eine Pelletfeuerung ersetzt. Somit ändert sich der Brennstoffbedarf und damit auch das benötigte Brennstofflager. Alle weiteren zu installierenden Bestandteile der Anlage sind identisch mit denen aus Variante 1.

1. Bestimmung der Kesselleistung

Die benötigte Leistung des Kessels beträgt 444 kW. Dieser wird wiederum im Verhältnis von 40/60 auf den Grund- und den Spitzenlastkessel aufgeteilt. Somit ergibt sich die Leistung des Grundlastkessels mit 240 kW und die des Spitzenlastkessels mit 295 kW (siehe Kapitel C.1).

2. Brennstoffbedarf Holzpellets

Der Brennstoffbedarf an Holzpellets beläuft sich auf 874.328 kWh, bezogen auf das Volumen sind das 269 m³ (175 t), die jährlich benötigt werden.³

3. Brennstofflager

Das Brennstofflager für Holzpellets ist außerhalb der Heizzentrale möglichst nahe an dem Holzpellets-Kessel als Erdbunker berechnet. Alternativ ist auch eine kostengünstigere Silolösung möglich. Der Brennstoffbunker ist mit einer Raumaustragung innerhalb des Bunkers und einer Schneckenförderung zum Grundlastkessel ausgestattet.

³ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 03.11.2005

Der Vollastverbrauch an Holzpellets bei 240 kW installierter Leistung beträgt pro Tag ca. 1,8 m³. Da der Brennstoffbunker ein Volumen von 75 m³ hat, beträgt die Vollastlaufzeit mit einer Füllung ca. 42 Tage.

E. Variante 3: Großes Nahwärmenetz mit Holzhackschnitzel-Grund- und Ölspitzenlastabdeckung

Beim großen Nahwärmenetz werden alle Gebäude des Dorfes, das sind derzeit 155 Gebäude, an das Netz angeschlossen (Kapitel B). Die Grundlast wird in dieser Variante mit Holzhackschnitzeln produziert und die Spitzenlast mit Öl.

1. Bestimmung der Kesselleistung

Der benötigte Nutzenergiebedarf teilt sich in einen Holzhackschnitzel-Grundlastkessel mit 551 kW und zwei unterschiedlich große Ölspitzenlastkessel mit 738 kW und 369 kW auf (Tabelle 3). Die Berechnung erfolgt analog zu Variante 1 (Kapitel C.1). Die Kessel werden wiederum in einem Verhältnis von 40 % für die Grundlast und 60 % für die Spitzenlast aufgeteilt. Der gewählte Holzhackschnitzel-Grundlastkessel hat eine Leistung von 560 kW. Zur Abdeckung der Spitzenlast werden zwei Öl-Kessel aufgestellt. Diese haben Leistungen von 740 kW und 400 kW.

	Großes Netz
Ist - Nutzenergieverbrauch [kWh/a]	3.229.560
Vollbenutzungsstunden [h/a]	1.900
Theoretische Leistung [kW]	1.700
Verlust HÜ 5% [kW]	85
Theoretische Leistung + Verluste HÜ [kW]	1.785
Verlust Netz 10% [kW]	178
Nennwärmeleistung Kessel [kW]	1.963
Gleichzeitigkeitsfaktor	0,85
Installierte Leistung Heizzentrale [kW]	1.669
Kesselaufteilung Grundlast 33% HHS [kW]	551
Kesselaufteilung Spitzenlast 44% Öl [kW]	738
Aufteilung der Spitzenlastkessel 22% Öl [kW]	369

Tabelle 3: Auslegung der Kesselleistung der großen Netzvariante

2. Pufferspeicher

Es wurde ein Pufferspeicher mit 20 m³ Fassungsvermögen vorgesehen, um Lastspitzen auszugleichen.

3. Brennstoffbedarf

Der gesamte Brennstoffbedarf beträgt 4.103.156 kWh jährlich. Dieser teilt sich auf die Energieträger Holz und Öl auf.

a) Hackschnitzel

Der Nutzenergiebedarf, der über den HHS-Grundlastkessel gedeckt werden soll, beträgt 3.282.525 kWh/a. Ausgehend von Nadelhölzern aus der Region mit einer Feuchte von 45 % ergibt sich ein jährlicher Bedarf von 3.900 Schüttraummetern (Srm) Holzhackschnitzeln.⁴

b) Öl

Die beiden Öl-Spitzenlastkessel verbrauchen 82.063 Liter Heizöl im Jahr, um den Nutzenergiebedarf von 820.631 kWh/a zu erzeugen.

4. Brennstofflager

Das Brennstofflager für die Holzhackschnitzel wird mit einer Größe von 128 m³ ausgeführt. Bei einer installierten Leistung von 560 kW und einer Vollastlaufzeit von 24 Stunden werden 16 Schüttraummeter (Srm) am Tag benötigt. Damit ist eine autarke Brennstoffversorgung von 8 Tagen gewährleistet.⁵

⁴ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 06.11.2005

⁵ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 03.07.2005

F. Variante 4: Großes Nahwärmenetz mit Holzpellets-Grundlastkessel und Ölspitzenlastabdeckung

Variante 4 beinhaltet das große Nahwärmenetz mit 155 angeschlossenen Gebäuden. Die Grundlast wird hier mit Holzpellets produziert und zur Abdeckung der Spitzenlast werden Ölkessel eingesetzt.

1. Kesselleistung des Holzpellets-Grundlastkessels

Die benötigten Leistungen der Kessel entsprechen denen aus Variante 3 (Kapitel 1). Der Grundlastkessel wurde mit einer installierten Leistung von 560 kW gewählt, es handelt sich hierbei um einen Holzpellet-Kessel.

2. Brennstoffbedarf

Der gesamte Brennstoffbedarf beträgt 4.103.156 kWh jährlich. Dieser teilt sich auch hier auf die Energieträger Holz und Öl auf.

a) Pellets

Der jährliche Brennstoffbedarf an Holzpellets beläuft sich auf ca. 1000 m³ (650 t) um die benötigte Wärmeenergie von 3.282.525 kWh/a bereitzustellen.⁶

⁶ <http://www.biomasse-rlp.de/hib/> vom 09.10.2005

b) Öl

Die beiden Öl-Spitzenlastkessel verbrauchen zusammen 82.063 Liter Heizöl im Jahr, um den Nutzenergiebedarf von 820.631 kWh/a zu erzeugen.

3. Brennstofflager

Am Tag werden bei der installierten Leistung von 560 kW, bei Vollastleistung, 4,1 m³ Holzpellets benötigt. Der Brennstoffbunker hat ein Volumen von 75 m³. Daraus folgt eine Laufzeit des Grundlastkessels von 18 Tagen. Der Brennstoffbunker ist mit einer Raumaustragung ausgestattet, welche die Pellets an eine Schneckenförderung weitergibt. Diese befördert die Presslinge bedarfsgerecht zum Grundlastkessel.

G. Variante 5: Großes Nahwärmenetz mit Biogasanlage in Verbindung mit Holzhackschnitzel- und Ölspitzenlastabdeckung

Bei der Auslegung der Biogasanlage stellte sich schnell heraus, dass ein Betrieb dieser Anlage mit der kleinen Nahwärmenetzvariante nicht wirtschaftlich rentabel sein wird. Zu große Wärmemengen würden ungenutzt bleiben. Daher wurde im Weiteren darauf verzichtet die Biogasanlage mit dem Betrieb im kleinen Netz zu untersuchen.

Diese Variante beinhaltet den Betrieb der Biogasanlage mit der großen Netzvariante mit 155 Hausanschlüssen. Um die Wärmeversorgung zu garantieren wurde sie kombiniert mit der Variante mit den Holzhackschnitzeln aus Kapitel E. Diese beinhaltet einen Holzhackschnitzel-Grundlastkessel mit 560 kW und zwei Ölspitzenlastkessel mit Leistungen von 740 kW und 400 kW.

1. Eingangsstoffe

An der Belieferung einer Biogasanlage sind fünf Landwirte aus Grimburg und der Nachbargemeinde Gusenburg interessiert. Hierzu würden sie einen Teil ihrer Ackerflächen zum Anbau von Energieträgerpflanzen (in diesem Falle Mais) nutzen, aber auch die benötigte Gülle anliefern.

Insgesamt stehen 75 ha Ackerfläche für Maisanbau zur Verfügung. Mit einem Hektarertrag von 45 t ergibt das eine Jahressumme von 3.375 t Mais.

In Tabelle 4 sind die Anzahl der Tiere und die Gesamtmenge der Maissilage, der daraus resultierende jährliche Substratanfall und die Biogasausbeute aufgeführt.

	Anzahl [Stück]	Jährlicher Substratanfall [t/a]	Biogasausbeute [m ³]
Kühe	110	3.089	60.500
Rinder	240	4.406	92.310
Kälber	50	59	8.260
Maissilage[t/a]	3.375	3.375	624.375
Gesamt		10.930	785.445

Tabelle 4: Ausgangslage der Eingangsstoffe zur Biogasproduktion

2. Auslegung der Biogasanlage

Die Biogasanlage wird, anders als die vorherigen Anlagen, nicht nach dem Wärmebedarf ausgelegt, sondern anhand der zur Verfügung stehenden Menge an Eingangssubstraten. Insgesamt stehen jährlich 10.930 t zur Verfügung.

Um einen möglichst fehlerlosen Betrieb der Anlage zu garantieren soll der Trockensubstanz-Gehalt der Anlage bei 15% liegen. Dazu müssen im Jahr 109 t Wasser zugeführt werden. Daraus resultiert eine Gesamtsubstratmenge von 11.038 t/a bzw. ein täglicher Input von 30 t. Bei einer mittleren Verweildauer des Substrats im Fer-

menter von 63 Tagen und einer Faulraumbelastung von 2,17 ergibt sich ein Bruttofermentervolumen von 1.996 m³. Bei der Anlagenauslegung wurde daher eine Fermentergröße von 2.000 m³ gewählt. Das Nachgärvolumen beläuft sich auf 1.814 m³. Der Nachgärbehälter wurde daher ebenfalls mit 2.000 m³ ausgelegt. Das Endlager sollte größer sein als Fermenter- und Nachgärervolumen zusammen. Aus diesem Grund wird das Endlager mit zwei 2500 m³ Behältern ausgeführt.

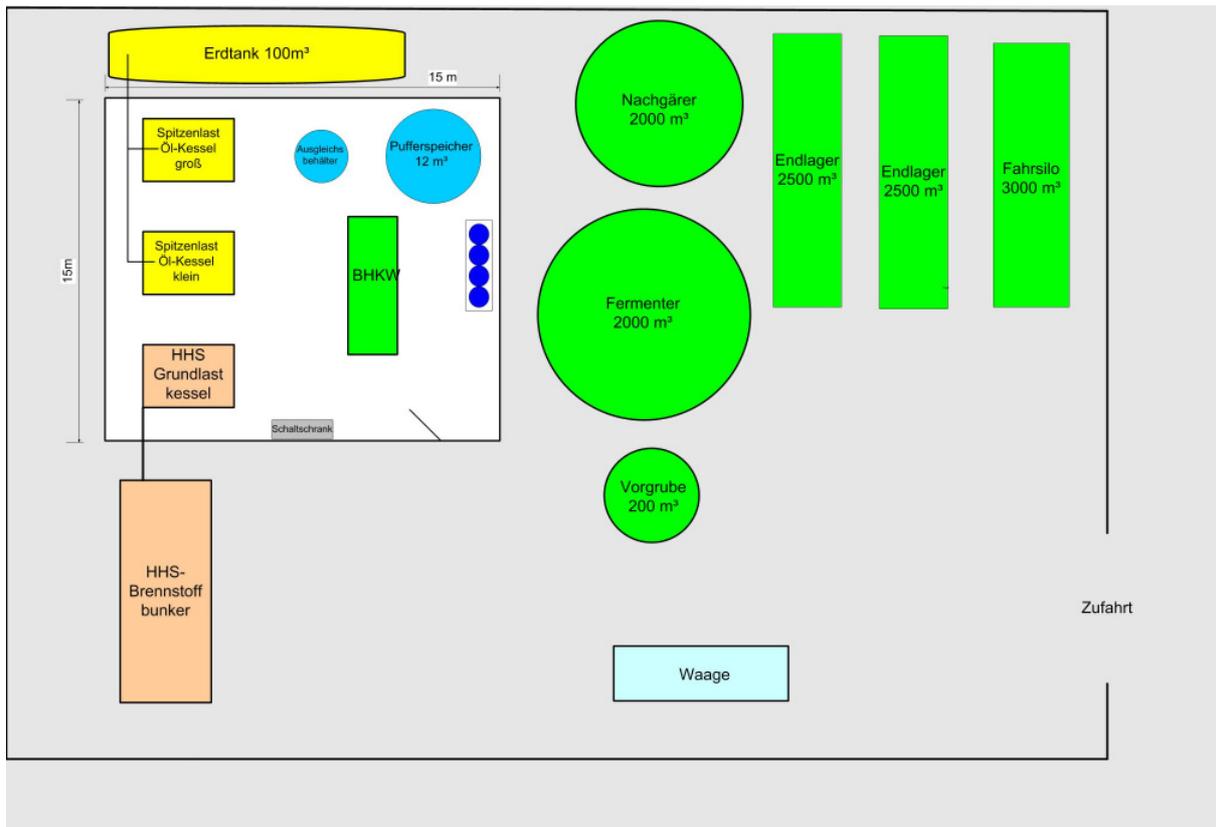


Abbildung 5: Aufstellungsskizze der Biogasanlage

Zur Vorpufferung der angelieferten Gülle durch die Landwirte steht eine Vorgrube mit 200 m³ zur Verfügung. Zur Lagerung der Maisilage ist ein Silo mit 3000 m³ vorgesehen. Für die Befüllung des Fermenters mit Mais kommt ein Feststoffdosierer mit 14,5 m³ zum Einsatz.

	Tierart			NawaRo	Gesamt
	Kühe	Rinder	Kälber	Mais	
Anzahl [Stück] bei Mais [ha]	110	240	50	75	
Biogasausbeute [m ³]	60.500	92.310	8.260	624.375	
Biogasausbeute [m ³] gesamt GV				161.070	
Biogasausbeute gesamt [m ³ /a]					785.445
Mistanfall [(t/GV)/Monat]	1,95	1,53	0,33		
Anzahl [GV]	132	240	15		
Jährlicher Substratanfall [t/a]	3.089	4.406	59	3.375	
Jährlicher Substratanfall gesamt [t/a]					10.930
TS-Gehalt [%]	9	9	9	30	
oTS [% Ts]	80	80	80	90	
S ₀ [kg oTS/m ³]					130,38
Tsmittel					15,14%
oTsmittel					83,09%
Msub[t/a]					10.930
M _{flüssig} [t/a]					109
M _{ges} [t/a]					11.038
Inputstrom [t/Tag]					30
Fermentervolumen (netto)					1.814
Fermentervolumen (brutto)					1.996
Mindest-Verweildauer [Tag]					60
Maximal-Verweildauer [Tag]					66
Mittlere-Verweildauer [Tag]					63
Nachgärvolumen					1.814
Endlagervolumen					3.705
Faulraumbelastung Br					2,17

Tabelle 5: Auslegung der Biogasanlage

3. Energieproduktion

In der Berechnung wird ein Blockheizkraftwerk mit 200 kW_{el} und mit 330 kW_{th} installierter Leistung angenommen. Die jährlichen Betriebsstunden belaufen sich auf 7000 h. Es werden 2.310.000 kWh_{th}/a Wärme produziert. Davon werden 30% als Eigenbedarf zur Erwärmung des Fermenters auf ca. 38°C benötigt. Es stehen daher noch 1.612.560 kWh_{th} für die Verteilung im Nahwärmenetz zur Verfügung. Pro Monat entspricht dies einer Circa-Wärmemenge von 134.380 MWh. Die produzierte Strom-

menge beläuft sich auf 1.400.000 kWh_{el}. Diese können in etwa 200 m Entfernung zur Biogasanlage in das Stromnetz eingespeist werden.⁷

Die Produzierte Wärme der Biogasanlage bleibt über das Jahr gesehen nahezu konstant. Der Wärmebedarf ist allerdings stark Jahreszeitenabhängig. Daher wurde eine Abschätzung über den monatlichen Anteil des Wärmebedarfes getroffen und dieser der Wärmeproduktion der Biogasanlage gegenübergestellt (Tabelle 6).

	Anteil am Jahresbedarf ⁸	Wärmebedarf großes Netz	Produzierter Wärmeüberschuss
Januar	17,1 %	552.255 kWh	-417.875 kWh
Februar	12,1 %	390.776 kWh	-256.396 kWh
März	11,1 %	358.481 kWh	-224.101 kWh
April	6,6 %	213.150 kWh	-78.770 kWh
Mai	4,9 %	158.248 kWh	-23.868 kWh
Juni	3,6 %	116.264 kWh	18.116 kWh
Juli	2,7 %	87.198 kWh	47.182 kWh
August	1,7 %	54.902 kWh	39.478 kWh
September	4,5 %	145.330 kWh	-10.950 kWh
Oktober	6,7 %	216.380 kWh	-82.000 kWh
November	12,2 %	394.006 kWh	-259.626 kWh
Dezember	16,7 %	539.336 kWh	-404.956 kWh
Gesamt		3.229.560 kWh	104.776 kWh⁹

Tabelle 6: Monatliche Aufteilung von Wärmebedarf in Grimburg im großen Netz

Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass in den Monaten Juni, Juli und August ein Wärmeüberschuss produziert wird. Von September bis Mai ist eine zusätzliche Wärmeproduktion durch die HHS-Anlage notwendig. Insgesamt werden in den drei Monaten fast 105 MWh Wärme zu viel produziert. Diese Wärme kann unter Umständen von

⁷ Expertenauskunft von André Felten RWE Rhein-Ruhr AG Netzservice GmbH Regionalzentrum Trier vom 22.04.2005

⁸ Die Werte sind gemittelte Werte aus unterschiedlichen Quellen.

⁹ Reiner Überschuss

einem anderen Abnehmer verbraucht werden, so dass diese nicht ungenutzt bleibt. Aufgrund des niedrigeren Bedarfes sind eventuelle Wartungsarbeiten an der Biogasanlage im Sommer zu verrichten.

Die zusätzlich benötigte Wärme in den Monaten September bis Mai, sowie bei eventuellen Ausfallzeiten durch z.B. Wartungsarbeiten wird durch den Holzhackschnitzel- und den Ölkessel produziert. Es ergibt sich ein Hackschnitzelbedarf von 1.433 MWh jährlich und ein Heizölbedarf von 358 MWh pro Jahr.

III. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Alle in diesem Kapitel berechneten Preise und Werte sind zunächst als Nettopreise zu verstehen. Eine Aufstellung der Preise inklusive der Mehrwertsteuer erfolgt in der Zusammenfassung der Ergebnisse (Kapitel E). Es wurde eine Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtung angestellt. Zusätzlich können einzelne Faktoren aus Betreiber- und aus Verbrauchersicht unterschiedlich dargestellt werden. Aspekte für den Hausbesitzer sind in Kapitel D dargestellt.

Um die verschiedenen Varianten vergleichen zu können wurde jeweils der Wärmepreis berechnet. Dieser bezieht sich auf alle Investitionskosten sowie alle laufenden Kosten, die durch die Anlagenerrichtung und deren Betrieb entstehen. Der Wärmepreis drückt aus, zu welchem Preis die produzierte Wärme verkauft werden muss, um die betrachteten Kosten zu decken.

	Netzauslegung	Grundlast	Spitzenlast
Variante 1	klein	Hackschnitzel	Öl
Variante 2	klein	Pellets	Öl
Variante 3	groß	Hackschnitzel	Öl
Variante 4	groß	Pellets	Öl
Variante 5	groß	Biogas	HHS + Öl

Tabelle 7: Aufstellung der unterschiedlichen Prüfvarianten

Zunächst wurden die Investitionskosten der Anlagen sowie aller dazugehörigen Komponenten ermittelt.

Schließlich sind die laufenden Kosten anhand von Richtwerten ermittelt worden. Die Summe der jährlichen Kosten bezogen auf den jährlichen Nutzenergieverbrauch ergaben schließlich den Wärmepreis.

A. Investitionskosten

In Tabelle 8 sind die Investitionskosten für die Varianten mit Holzhackschnitzeln oder Holzpellets (Varianten 1-4) dargestellt. Die Investitionskosten sind hier als Nettokosten aufgeführt.

Kostenpunkt (Nettokosten)	Kleines Netz		Großes Netz	
	HHS + Öl (Variante 1)	Pellets + Öl (Variante 2)	HHS + Öl (Variante 3)	Pellets + Öl (Variante 4)
Heizungsanlage Grundlast	64.342,53 €	51.420,00 €	126.650,00 €	71.777,00 €
Heizungsanlage Spitzenlast	19.752,00 €	26.743,20 €	61.364,40 €	61.364,40 €
Öltank	7.342,00 €	7.342,00 €	55.665,35 €	55.665,35 €
Gebäude	38.380,00 €	38.380,00 €	38.380,00 €	38.380,00 €
Pufferspeicher	4.984,00 €	4.984,00 €	8.221,00 €	8.221,00 €
Bunker	10.219,00 €	9.499,00 €	15.503,00 €	9.499,00 €
Erschließung	20.000 €	20.000,00 €	20.000,00 €	20.000,00 €
Baukosten	39.635,05 €	39.635,05 €	39.635,05 €	39.635,05 €
Planungskosten	20.465,46 €	19.800,33 €	7.308,38 €	6.090,84 €
Wärmenetz	311.285,79 €	311.285,79 €	1.264.094,42 €	1.264.094,42 €
Gesamtkosten netto	536.405,84 €	529.089,37 €	1.666.055,11	1.599.090,41 €

Tabelle 8: Kostenaufstellung für die Varianten 1 bis 4

Für den Betrieb der Biogasanlage werden drei verschiedene Preisannahmen bei den Investitionen getroffen. Diese werden im Folgenden als „konservativ“, „optimistisch“ und „minimal“ bezeichnet. Da kein schriftliches Angebot für eine solche Anlage vorlag, stützte sich die Kostenaufstellung auf die Kostenschätzung eines namhaften Bio-

gasanlagenherstellers. In der Literatur sind durchaus geringere Preise angegeben, als die, die von uns als konservativ bezeichnet werden, so dass wir davon ausgehen können, dass die als „konservativ“ angegebenen Investitionskosten unterschritten werden können (Tabelle 9).

Kostenpunkt (Nettokosten)	konservativ	Optimistisch (-20%)	Minimal (-40%)
Fermenter	185.000,00 €	148.000,00 €	111.000 €
Nachgärer	195.000,00 €	156.000,00 €	117.000 €
Endlager	160.000,00 €	128.000,00 €	96.000 €
Feststoffdosierer	40.000,00 €	32.000,00 €	24.000 €
Vorgrube	35.000,00 €	28.000,00 €	21.000 €
Fahrsilo	50.000,00 €	40.000,00 €	30.000 €
BHKW	180.000,00 €	144.000,00 €	108.000 €
Container	20.000,00 €	16.000,00 €	12.000 €
Waage	25.000,00 €	20.000,00 €	15.000 €
Pumpe + Steuerung + Rührwerke	50.000,00 €	40.000,00 €	30.000 €
Planung + Genehmigung	25.000,00 €	20.000,00 €	15.000 €
Erdarbeiten	50.000,00 €	40.000,00 €	30.000 €
Außenanlage	20.000,00 €	16.000,00 €	12.000 €
Gründungskosten GmbH	2.000 €	2.000 €	2.000 €
Gesamtkosten netto	1.037.000,00 €	830.000,00 €	623.000,00 €

Tabelle 9: Kostenaufstellung für die Biogasanlage

Zum Vergleich wurde die Wirtschaftlichkeit ermittelt für den Fall, dass alle Gebäude weiterhin mit dezentralen Ölheizungen versorgt werden. Die Investitionskosten für die Einzelanlage ergeben sich zu 11.011,00 € netto. Für die Ortsgemeinde Grimburg mit unterstellten 155 Ölheizungen entspräche dies einem Gesamtinvest in Ölheizungen von 1,707 Mio. € netto.

Um die aus den unterschiedlichen Investitions- und Betriebskosten der verschiedenen Wärmenetzvarianten resultierenden Wärmekosten vergleichbar zu machen wurden die Kosten der jeweiligen Wärmenetzvariante auf den einzelnen Hausanschluss berechnet. Dem werden die Kosten einer Ölheizung auf Basis der Sanierung eines Ölkessels mit einer Leistung von 20 kW gegenübergestellt (Tabelle 10).

	Menge	Preis pro Einheit	Preis (netto)	Ust.	Preis (brutto)
Demontage	1	400,00 €	400,00 €	64,00 €	464,00 €
Kessel inkl. Warmwasserbereitung	1	6.200,00 €	6.200,00 €	992,00 €	7.192,00 €
Öltank	1	1.200,00 €	1.200,00 €	192,00 €	1.392,00 €
Öltankraum	1	200,00 €	200,00 €	32,00 €	232,00 €
Montagekosten	1	750,00 €	750,00 €	120,00 €	870,00 €
Schornsteinsanierung	1	1.200,00 €	1.200,00 €	192,00 €	1.392,00 €
Boilerladepumpe	1	150,00 €	150,00 €	24,00 €	174,00 €
Zirkulationspumpe	1	95,00 €	95,00 €	15,20 €	110,20 €
Heizkreispumpe	1	150,00 €	150,00 €	24,00 €	174,00 €
Ausdehnungsgefäß	1	196,00 €	196,00 €	31,36 €	227,36 €
Sicherheitsgruppe	1	114,00 €	114,00 €	18,24 €	132,24 €
Verröhrung Heizzentrale	1	300,00 €	300,00 €	48,00 €	348,00 €
Brauchwassermischer	1	56,00 €	56,00 €	8,96 €	64,96 €
Gesamtkosten Heizungsanlage			11.011,00 €	1.688,80 €	12.243,80 €

Tabelle 10: Kostenermittlung der Ölheizungen bei Heizungserneuerung

Weitere Tabellen zur Darstellung der Investitionskosten befinden sich im Anhang.

B. Jährliche Kosten

Die jährlichen Kosten wurden zunächst als Nettokosten berechnet. Sie wurden aufgeteilt in die Bereiche Kapital-, Verbrauchs-, Betriebs- und sonstige Kosten. Unter die Verbrauchskosten fallen diejenigen Kosten, welche durch den ermittelten Energiebedarf der anzuschließenden Gebäude entstehen. Es wurde davon ausgegangen, dass die Anlagen zur Abdeckung der Grundlast 80% des Endenergiebedarfes beisteuern und die restlichen 20% durch die Ölspitzenlastkessel erzeugt werden.

Die weiteren Kosten, wie unter anderem Betriebsstromkosten, Wartung und Instandhaltung, Verwaltung und Versicherung wurden anhand von Richtwerten ermittelt.¹⁰

Mit Hilfe der Annuitätenmethode wurden die Investitionskosten auf den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren aufgeteilt, so dass sie als jährliche Kosten berücksichtigt werden können. Die Berechnungsformel hierzu lautet:

$$a = i * \frac{(1+i)^t}{((1+i)^t - 1)}$$

mit: i = realer Zinssatz

t = Betrachtungsdauer

Durch diese Berechnung werden die Investitionskosten mit der Verzinsung durch aufzunehmende Kredite berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, dass alle förderfähigen Kosten über das Kreditprogramm „Programm zur Förderung Erneuerbarer Energien“¹¹ der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) finanziert werden. Hierüber

¹⁰ Richtwerte aus: Holzenergie für Kommunen – Ein Leitfaden für Initiatoren; und aus: Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen

¹¹ siehe: www.kfw-foerderbank.de

sind alle Bestandteile einer Anlage zur Wärmeerzeugung aus Biomasse förderfähig. Als Zinssatz wurden dementsprechend 3,8% angenommen.

Nicht förderfähig nach diesem Programm sind die Anlagenteile, die für die Wärmeerzeugung aus fossilen Energieträgern bestimmt sind, also die Ölkessel zur Spitzenlastabdeckung. Hier wurde ein bankenüblicher Zinssatz von 6% angenommen.

Weiterhin wird für bestimmte Anlagenteile ein Teilschulderlass gewährt. Dieser beträgt 60,00 € pro kW installierter Nennwärmeleistung des Holzkessels und für das Leitungsnetz 50 €/m Rohrleitung. Für die Förderung des Wärmenetzes ist jedoch eine Wärmeabnahme von mindestens 1.5 MWh pro Laufmeter und Jahr erforderlich. Ob sich diese ergibt, wird die Detailplanung ergeben.

Bei der Berechnung der Einnahmen wurde bei den Biogasanlagen die zusätzliche Stromproduktion berücksichtigt, die nach dem Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) mit 18,32 Cent pro Kilowattstunde vergütet wird. Bei einer berechneten Jahresproduktion von 1,4 MWh Strom ergibt sich daraus ein Ertrag von 256.480,00 €. Die Kosten der Variante 5 mit Biogasanlage beinhalten zusätzlich auch die Kosten der Variante mit großem Netz, Holzhackschnitzeln und Öl, welches in dieser Variante mit einbezogen ist, um Spitzenlasten und Ausfälle der Biogasanlage zu kompensieren.

Weiterhin enthalten die jährlichen Kosten alle weiteren Kosten die durch den Betrieb der Anlage entstehen. Diese sind u.a. Brennstoff-, Personal-, Wartungs-, Transport-, Beschickungs- und Verwaltungskosten.

Da nicht davon auszugehen ist, dass alle bestehenden Ölheizungen zum Zeitpunkt des Anschlusses an das Nahwärmenetz sanierungsbedürftig sind, wurde in einem weiteren Schritt eine Berechnung der jährlichen laufenden Kosten für bestehende Ölheizungen durchgeführt.

Die gesamten jährlichen Kosten für die verschiedenen Varianten ergaben sich daraus wie folgt:

	Jährliche Kosten netto	Jährliche Kosten brutto
Kl. Netz HHS	86.088,31 €	98.540,73 €
Kl. Netz Pellets	99.023,63 €	112.414,75 €
Gr. Netz HHS	277.511,90 €	316.951,65 €
Gr. Netz Pellets	321.309,05 €	363.510,37 €
Gr. Netz Biogasanlage mit HHS + Öl	277.730,18 €	312.070,56 €
Konservativ	253.718,40 €	284.216,90 €
Optimistisch	229.706,62 €	256.363,24 €
Minimal		
Ölheizanlagen (Vollkosten)		
je Anlage	3.376,94 €	4.009,32 €
39 Häuser	131.700,66 €	156.363,48 €
155 Häuser	523.425,70 €	621.444,60 €
Ölheizanlagen ohne Neuinstallation (nur laufende Kosten)		
je Anlage	2.416,59 €	2.803,66 €
39 Häuser	94.247,01 €	109.342,74 €
155 Häuser	374.571,45 €	434.567,30 €

Tabelle 11: Jährliche Kosten der Varianten

In den jährlichen Kosten der Biogasanlage sind alle relevanten Kosten enthalten. Also auch die Kosten für die Errichtung und den Betrieb der zusätzlichen Holzhackschnitzel- und Öl-Spitzenlastanlage.

C. Wärmepreis

Der Wärmepreis gibt Aussagen darüber, zu welchem Preis die produzierte Wärme verkauft werden muss, um alle in den Kapiteln A und B beschriebenen Kosten für die Installation und den Betrieb der Anlage zu decken. Zur Berechnung des Wärmepreises werden die in Kapitel B berechneten jährlichen Kosten durch den Nutzenergieverbrauch geteilt, so dass der Wärmepreis in €/kWh dargestellt werden kann.

Die Berechnung des Wärmepreises der Biogasanlage kombiniert mit Holzhackschnitzelheizung und Ölspitzenlastabdeckung im großen Netz stellt sich wie folgt dar:

Die Investitionskosten setzen sich aus denen der Biogasanlage, der Holzhackschnitzel- und Ölheizung im großen Netz sowie denen des großen Nahwärmenetzes zusammen. (Tabelle 12)

Kostenermittlung Biogasanlage+ gr. Netz konservativ				
Kosten Biogasanlage				947.000,00 €
Kosten großes Netz mit HHS und Öl				1.666.055,11 €
Gesamtkosten				2.613.055,11 €

Tabelle 12: Investitionskosten für die Biogasanlage mit großem Netz und Holzhackschnitzel- und Ölheizung zur Abdeckung der Spitzenlast im großen Netz

Für die förderfähigen Anlagenteile wurde ein Zinssatz von 3,8 % angenommen und für die nicht Förderfähigen ein Zinssatz von 6 %. Zusätzlich wurden Teilschulderlasse durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) in Höhe von rund 250.000 € berücksichtigt. Die jährlichen Kosten in einer Höhe von 167.785,97 € wurden mit der Annuitätenmethode berechnet.

Hinzu kommen die Verbrauchs- sowie Betriebskosten der Anlage, wie sie in Tabelle 13 dargestellt sind. Die Größe des Biogas Blockheizkraftwerks beträgt 200 kW thermisch und 330 kW elektrisch. Der thermische Endenergiebedarf in der großen Netzvariante beträgt ca. 3.600 MWh/a. Daraus resultiert ein Nutzenergiebedarf im großen Netz von ca. 3.229 MWh/a. Die Biogasanlage produziert etwa 2.300 MWh Wärme jährlich. 30 % davon werden im Eigenbedarf verbraucht. Etwa 1.600 MWh werden somit im Jahr an das Wärmenetz abgegeben. Die weiteren knapp 1.800 MWh Wärme werden zu 80 % durch Holzhackschnitzel und zu 20 % mit Heizöl produziert.

Der Preis für den Mais wurde mit 25 € pro Tonne angenommen¹², der für Holzhackschnitzel mit 0,0194 € und der für Heizöl mit 0,063 €. Kosten für die Gülle entstehen

¹² 1 t Silomais \cong 1,1 MWh

nur durch den Transport, da die Güllielieferanten als Vergütung den Dünger, der als Output aus der Biogasanlage entsteht, bekommen. Daher werden diese zunächst mit 0 € angesetzt. Die Transportkosten werden weiter unten separat behandelt.

Verbrauchskosten Heizung				
Größe BHKW el.		200 kW		
Größe BHKW th.		330 kW		
Endenergiebedarf th. (gr. Netz)		kWh/a	3.588.400	
Nutzenergiebedarf th. (gr. Netz)		kWh/a	3.229.560	
Wärmeproduktion Biogas		kWh/a	2.310.000	
Wärmeabgabe Biogas	abzüglich 30% Eigenbedarf	kWh/a	1.617.000	
Restbedarf Wärme (Nutzenergie)		kWh/a	1.612.560	
Restbedarf Endenergie		kWh/a	1.791.733	
Hackschnitzelbedarf		kWh/a	1.433.387	
Heizölbedarf		kWh/a	358.347	
Stromproduktion		kWh/a	1.400.000	
Stoffinput Mais		t/a	3.375	
Stoffinput Gülle		kWh/a	3.585.025	
spez. Brennstoffkosten Mais	25 €/t	€/t	25	
spez. Brennstoffkosten Gülle (Transport s.u.)		€/kWh	0	
spez. Brennstoffkosten Holzhackschnitzel		€/kWh	0,0194	
spez. Kosten Heizöl		€/kWh	0,063	
Kosten Mais		€/a		84.375,00 €
Kosten Gülle		€/a		0,00 €
Kosten Holzhackschnitzel		€/a		27.807,70 €
Kosten Heizöl		€/a		22.575,84 €
Betriebsstromverbrauch	3% der erzeugten Energie	kWh/h	42.000	6.300,00 €
Jahresvolllaststunden		7.000 h		
spezifische Kosten Strom		€/kWh	0,15	
Arbeitsaufwand		4 h/d		
		35 €/h		
				51.100,00 €
Transport	134€ / An- und Abfahrt * 7,7 m³	Jährlicher Input: 7554 m³/a	300 Betriebstage	
		981 Fuhren a 6 km		78.875,00 €
Beschickung	51,5 € / Maschinestunde	0,5 h/d		7.725,00 €

Summe der Verbrauchskosten		€/a		278.758,54 €
Betriebskosten Biogasanlage				
Summe Betriebskosten		€/a		71.350,00 €
Betriebskosten Hackschnitzel-, Ölfeuerung und Netz				
Summe Betriebskosten				5.954,45 €

Tabelle 13: Betriebs- und Verbrauchskosten der Biogasanlage sowie der dazugehörigen Komponenten

Die Summe aus diesen Kosten ergibt jährliche Ausgaben in Höhe von 534.210,18 €.

Um den Wärmepreis zu berechnen, müssen diesen Kosten die Erträge aus der Stromerzeugung gegenübergestellt werden. Diese betragen bei einer Stromproduktion von 1.400 MWh Strom jährlich und einem Vergütungssatz von 18,32 Cent pro kWh 256.480 € pro Jahr.

Es verbleiben jährliche Kosten in Höhe von 277.730,18 €. Diese werden auf den Nutzenergiebedarf bezogen und ergeben Nettowärmerzeugungskosten von 0,0860 €. Der Wärmepreis brutto beträgt 0,0966 €.

Aus diesen Berechnungen ergaben sich folgende Wärmepreise:

	Wärmepreis netto	Wärmepreis brutto
Kl. Netz HHS	0,1001 €	0,1146 €
Kl. Netz Pellets	0,1151 €	0,1307 €
Gr. Netz HHS	0,0859 €	0,0981 €
Gr. Netz Pellets	0,0995 €	0,1126 €
Gr. Netz mit Biogas + HHS (kon-serv.)	0,0860 €	0,0966 €
(optimistisch)	0,0786 €	0,0880 €
(minimal)	0,0711 €	0,0794 €
Ölheizungen bei Vollkosten	0,1200 €	0,1392 €
Ölheizungen ohne Neuinstallation (nur laufende Kosten)	0,0839 €	0,0973 €

Tabelle 14: Wärmepreise der verschiedenen Szenarien

D. Aspekte für Hauseigentümer

Aus dem Vergleich der Bruttowärmepreise und der daraus resultierenden Jahreskosten ergaben sich jährliche Kosteneinsparungen, die man auf einen Durchschnittswert pro Haushalt angeben kann. In Tabelle 15 sind diese für die Varianten 1 (kl. Netz HHS+Öl), 3 (gr. Netz HHS+Öl) und 5 (gr. Netz, Biogas+HHS+Öl) im Vergleich zu den Einzelheizungen dargestellt. Diese Varianten wurden gewählt, da sie in der vorherigen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die besten Ergebnisse erzielt haben. In der letzten Spalte sind die Kosteneinsparungen im Vergleich zu den jährlichen Kosten bei einer Einzelheizung angegeben.

1. Kosteneinsparung bei Heizungserneuerung

	Wärmebezug pro Jahr in kWh	Wärmepreis	Kosten pro Jahr	Durchschnittliche Kostenein- sparung pro Haushalt im Vergleich zur Ölheizung
Kl. Netz HHS+Öl	28.800	0,1146 €	3.300,48 €	708,48 €
Gr. Netz HHS + Öl	28.800	0,0981 €	2.825,28 €	1.183,68 €
Biogas, Gr. Netz HHS+Öl	28.800	0,0966 €	2.782,08 €	1.226,88 €
Öl-Einzelheizung Vollkosten	28.800	0,1392 €	4.008,96 €	

Tabelle 15: Kosteneinsparung pro Haushalt und Jahr bei Vollkosten (d.h. unter Einbezug der Investitionskosten, wenn Ölheizung zur Erneuerung ansteht)¹³

Hieraus wird ersichtlich, dass mit allen Vergleichsvarianten Kosteneinsparungen gegenüber einer Öl-Einzelheizung erzielt werden können. Bei der kleinen Netzvariante mit einer HHS-Heizung sind das 708,- €, bei der Kombination des großen Netzes mit einer HHS-Heizung können pro Jahr und Hausanschluss fast 1.200,- € eingespart werden und beim Anschluss einer Biogasanlage an das große Netz sind sogar Kosten in Höhe von 1.226,- € pro Hausanschluss einzusparen. Diese Kosteneinsparungen beziehen sich auf den Vergleich mit dem Betrieb einer neu installierten Öl-Heizung.

2. Mehrkosten für Hauseigentümer, die ihre Heizung nicht erneuern müssen

Nicht in jedem Haushalt steht jedoch eine Erneuerung der Ölheizungsanlage an. Insofern ist für diesen Gebäudeeigentümer unter Wirtschaftlichkeitsüberlegungen ein Anschluss an ein Nahwärmenetz nur interessant, wenn die Vollkosten der Alternativlösung „Wärmenetz mit Holzhackschnitzeln bzw. der Variante mit Biogasanlage und Holzhackschnitzeln“ nicht höher sind als die Wärmekosten, die sich aus den

¹³ Bruttopreise

Verbrauchs-, Betriebs- und sonstigen Kosten der Ölheizung ohne Berücksichtigung der Abschreibungs- und Zinskosten ergeben.

Um diese zu berechnen, wurden die jährlichen Kosten der Ölheizung ohne die Investitionskosten auf den durchschnittlichen Energieverbrauch bezogen. Unter diesem Aspekt ergibt sich folgende Kostensituation für die Hauseigentümer, deren Ölheizung nicht zur Erneuerung ansteht (Tabelle 16):

Verbrauchskosten Ölheizung				
Endenergiebedarf		kWh/a	31.680	
Nutzenergiebedarf		kWh/a	28.800	
Brennstoffbedarf fossil		kWh/a	31.680	
Spez. Brennstoffkosten fossil		€/kWh	0,063	
Kosten Öl		€/a		1.995,84 €
Gesamtkosten		€/a		1.995,84 €
Betriebskosten				
Instandhaltung und Wartung	2,50%			275,275
Kaminfeger		€		45,00 €
Betriebsstromkosten Ölkessel		€/MWh	0,75	23,76 €
Summe Betriebskosten		€/a		344,04 €
sonstige Kosten				
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%		77,08 €
Summe sonstige Kosten		€/a		77,08 €
Jahreskosten gesamt		€/a		2.416,95 €
Mehrwertsteuer				386,71 €
Jahreskosten incl. Mehrwertsteuer				2.803,66 €
Wärmeerzeugungskosten netto				0,0839 €
Wärmeerzeugungskosten brutto		€/kWh		0,0973 €

Tabelle 16: Berechnung des Wärmepreises einer Ölheizung für Gebäude, in denen keine Neuinstallation der Öl-Einzelheizanlage ansteht (nur laufende Kosten)

Ohne Berücksichtigung der Investitionskosten der vorhandenen Ölheizung ergibt sich somit ein Wärmepreis der Ölheizung von 0,0839 € netto pro Jahr und ein Bruttowärmepreis von 0,0973 €/a. Das bedeutet, dass Gebäudeeigentümer, die ihre vorhandene Ölheizung nicht erneuern müssen, unter Umständen Mehrkosten haben werden, wenn sie sich dennoch an ein Nahwärmenetz anschließen würden (Tabelle 17).

	Wärmebezug pro Jahr in kWh	Wärmepreis	Kosten pro Jahr	Durchschnittliche Mehrkosten / Haushalt und Jahr im Vergleich zur Ölheizung
Kl. Netz HHS+Öl	28.800	0,1146 €	3.300,48 €	498,24 €
Gr. Netz HHS + Öl	28.800	0,0981 €	2.825,28 €	23,04 €
Gr. Netz Biogas + HHS+Öl	28.800	0,0966 €	2.782,08 €	Keine Mehrkosten
Bestehende Öl- Einzelheizung (nur laufende Kosten)	28.800	0,0973 €	2.802,24 €	---

Tabelle 17: Jährliche Mehrkosten bei Netzanschluss für die Gebäudeeigentümer, bei denen keine Sanierung der Ölheizung ansteht¹⁴

Hier wird deutlich: Die Umstellung auf Wärmenetze ist nicht unweigerlich mit „stranded invests“ verbunden.

Denn hier in Grimburg sind die alternativen Energien „Wärme auf Basis von Holzhackschnitzeln bzw. durch Biogasanlagen in Verbindung mit Wärmenetzen“ nicht nur bei Vollkostenrechnung wesentlich billiger als die herkömmliche Ölheizung (vgl. Tabelle 15).

Vielmehr sind die Wärmekosten der alternativen Lösungen auf Vollkostenbasis beim großen Netz im Grundsatz sogar schon bei den heutigen Ölpreisen wettbewerbsfähig zu den laufenden Kosten der Öl-Einzelheizungen! Dies gilt vor allem für die Variante „Großes Netz mit Biogasanlage, Holzhackschnitzeln und Öl-Spitzenlast, aber genauso für das Große Netz auf Basis Holzhackschnitzel. Die marginalen rechnerischen Differenzen dieser beiden Varianten zu den laufenden Kosten der Öl-Einzelheizung liegen im Fehlerrahmen.

Beim kleinen Netz mit Holzhackschnitzeln und Öl-Spitzenlast auf Basis Vollkosten ergeben sich Wärmekosten, die ca. 18% über den laufenden Kosten der Öl-Einzelheizung liegen. In diesem Fall wären pro Haushalt jährliche Mehrkosten von fast 500 € zu verzeichnen.

¹⁴ Bruttopreise

Bei der Variante „Kleines Netz mit Holzhackschnitzeln“ wäre die Umstellung der Wärmeversorgung allerdings nur mit einer Anschubförderung umsetzbar, um auch diejenigen für einen Anschluß an das Bioenergie-Wärmenetz zu gewinnen, bei denen noch keine Heizungserneuerung ansteht.

In Tabelle 18 sind die Wärmepreise mit verschiedenen Förderbeträgen dargestellt. Hier wird ersichtlich, dass in den Varianten mit großem Wärmenetz die Kosten der Einzelheizungen unterschritten werden. Bei der Variante mit kleinem Netz und HHS ist bei einer Förderung von 30% auf die Gesamtkosten der Wärmepreis der Ölheizungen immer noch niedriger.

	Förderung 10%		Förderung 20%		Förderung 30%	
	Betrag	Wärmepreis	Betrag	Wärmepreis	Betrag	Wärmepreis
kl. Netz HHS + Öl	53.641 €	0,1093 €	107.281 €	0,1041 €	160.922 €	0,0989 €
gr. Netz HHS + Öl	166.606 €	0,0935 €	333.211 €	0,0888 €	499.817 €	0,0842 €
gr. Netz Biogas, HHS + Öl	261.306 €	0,0925 €	522.611 €	0,0857 €	783.917 €	0,0790 €
Öl-Einzelheizung nur laufende Kosten		0,0973 €		0,0973 €		0,0973 €

Tabelle 18: Vergleich der Wärmepreise bei unterschiedlichen Förderungen im Vergleich zu den laufenden Kosten der Ölheizung (ohne Investitionskosten) ¹⁵

Damit sich auch derjenige, dessen Heizung derzeit nicht zur Erneuerung ansteht, für den Anschluss an ein Bioenergie-Wärmenetz entscheidet, müssen die Wärmekosten auf Basis „Wärmenetz mit Bioenergie“ niedriger sein als die laufenden Kosten der Ölheizung (das sind die Verbrauchs-, Betriebs- und sonstigen Kosten ohne Berücksichtigung der Investitionskosten).

¹⁵ Bruttopreise

Aus Tabelle 18 wird ersichtlich, dass schon bei einer Förderung von 10% der Gesamtinvestition des großen Netzes bei der Variante Holzhackschnitzel der Wärmepreis niedriger ist als die laufenden Kosten der Öl-Einzelheizung. Die Lösung „kleines Netz mit Holzhackschnitzel“ würde einen Zuschuss von ca. 40% der Gesamtinvestitionskosten erfordern, damit auch hier der Wärmepreis niedriger wird als die laufenden Kosten einer bestehenden Ölheizung. Insoweit ist diese Variante unter wirtschaftlichen Aspekten derzeit noch nicht zweckmäßig.

E. Zusammenfassung und Prognose

Für die Wärmeversorgung der Gemeinde Grimburg wurden verschiedene Szenarien betrachtet. Diese bestanden zum einen aus unterschiedlichen Größen des Wärmenetzes und zum Anderen aus Heizanlagen mit unterschiedlichen Brennstoffen. Die kleine Netzvariante besteht aus 39 Gebäuden entlang der Hauptstraße, die große Netzvariante beinhaltet alle 155 Gebäude in der Ortsgemeinde Grimburg.

Die unterschiedlichen Brennstoffe sind Holzhackschnitzel und –pellets sowie Biogas, welches durch Anpflanzung von Energiepflanzen und Nutzung der Biomasse und Gülle von Landwirten in der Umgebung bereitgestellt werden kann. Daraus ergaben sich folgende Varianten:

	Netzauslegung	Grundlast	Spitzenlast
Variante 1	klein	Hackschnitzel	Öl
Variante 2	klein	Pellets	Öl
Variante 3	groß	Hackschnitzel	Öl
Variante 4	groß	Pellets	Öl
Variante 5	groß	Biogas, Hackschnitzel + Öl	Hack-

Tabelle 19: Aufstellung der Prüfvarianten

Der berechnete Wärmebedarf des kleinen Netzes liegt bei 860.220 kWh/a, der des großen Netzes bei 3.229.560 kWh/a.

Um die Wirtschaftlichkeit der Anlagen betrachten zu können, wurde der Wärmepreis der verschiedenen Varianten berechnet. Hierzu wurden die Investitionskosten mit Hilfe der Annuitätenmethode auf eine Laufzeit von 20 Jahren verteilt und mit den laufenden Kosten (Betriebs-, Verbrauchs und sonstige Kosten) addiert. Diese Summe dividiert durch den Nutzwärmebedarf ergibt die Wärmekosten.

Aufgrund der unterschiedlichen Netzgrößen wurden die Investitionskosten zum Vergleich auf einen einzelnen Hausanschluss berechnet. Die geringsten Investitionskosten pro Hausanschluss ergeben sich aus den Varianten einer Holzheizanlage mit der großen Netzvariante.

Variante (alle kombiniert mit einem Ölkessel zur Spitzlastabdeckung)	Investitionskosten pro Hausanschluss
Kleines Netz HHS	13.754 €
Kleines Netz Pellets	13.566 €
Großes Netz HHS	10.748 €
Großes Netz Pellets	10.316 €
Großes Netz Biogasanlage; HHS	16.858 €
Dezentrale Ölheizung	11.011 €

Tabelle 20: Investitionskosten netto

Im Vergleich zu den Ölheizungen sind die Varianten mit dem großen Netz und einer Holzhackschnitzel- bzw. Holzpelletanlage günstiger in der Investition. Die beiden Varianten mit dem kleinen Netz sind mehr als 2.000 € pro Anschluss teurer als die Ölheizungen. Am teuersten ist die Variante mit der Biogasanlage und Holzhackschnitzeln mit einem Invest von fast 17.000 € pro Anschluss.

Bei der Berechnung der Brutto - Wärmepreise wurden verschiedene Sätze für die Mehrwertsteuer berücksichtigt, für die Brennstoffe Holz und Mais wurden geringere Beträge angesetzt, da für sie ein Mehrwertsteuersatz von 7 % gilt.

		Wärmepreis netto	Wärmepreis brutto
Kleines Netz mit Holzhackschnitzeln		0,1001 €	0,1146 €
Kleines Netz mit Pellets		0,1151 €	0,1307 €
Großes Netz mit Holzhackschnitzeln		0,0859 €	0,0981 €
Großes Netz mit Pellets		0,0995 €	0,1126 €
Biogasanlage mit großem Netz und Holzhackschnitzeln	konservativ	0,0860 €	0,0966 €
	optimistisch	0,0786 €	0,0880 €
	minimal	0,0711 €	0,0794 €
Ölheizungen bei Vollkosten		0,1200 €	0,1392 €
Ölheizungen ohne Neuinstallation (nur laufende Kosten)		0,0839 €	0,0973 €

Tabelle 21: Wärmepreise

Im Hinblick auf die Vollkosten der Öl-Einzelheizung sind alle Bioenergie-Varianten günstiger als die Ölheizung.

Den geringsten Brutto-Wärmepreis erreicht man mit der Variante „Großes Netz mit Biogasanlage, Holzhackschnitzeln und Öl-Spitzenlast“. Mit 0,0966 € liegt er sogar – zwar nur marginal - unterhalb des nur die laufenden Kosten der Ölheizung berücksichtigenden Wärmepreises (relevant für Gebäudeeigentümer, deren Heizung noch nicht zur Erneuerung ansteht).

Den zweitniedrigsten Wärmepreis erzielt man mit einer Holzhackschnitzelanlage im großen Netz. Dieser liegt nur marginal über dem Brutto-Wärmepreis der laufenden Kosten der Ölheizung. Im Grundsatz liegt diese Differenz im Fehlerrahmen, sodass man auch hier von zu den laufenden Kosten der Ölheizung vergleichbaren Wärmekosten ausgehen kann.

Deutlich höher liegt der Wärmepreis der Variante großes Netz mit Pellets.

In jüngster Vergangenheit ist der Ölpreis drastisch gestiegen. Über ein Jahrzehnt ergibt sich eine jährliche Preissteigerung von etwas mehr als 6%.

Es kann davon ausgegangen werden, dass dieser Trend zukünftig weiter anhält. Um die zukünftige Entwicklung der Preise zu vergleichen, wurde auch für die Zukunft eine Ölpreissteigerung von 6% jährlich angenommen. Zusätzlich wurde die Annahme getroffen, dass sich der Preis für Holz ebenfalls mit einer Steigerungsrate von 6% erhöht.

Dadurch verändert sich der Wärmepreis der verschiedenen Anlagenvarianten, wie in Abbildung 6 für die Varianten 1, 3, 6 sowie für die Einzelheizungen dargestellt.

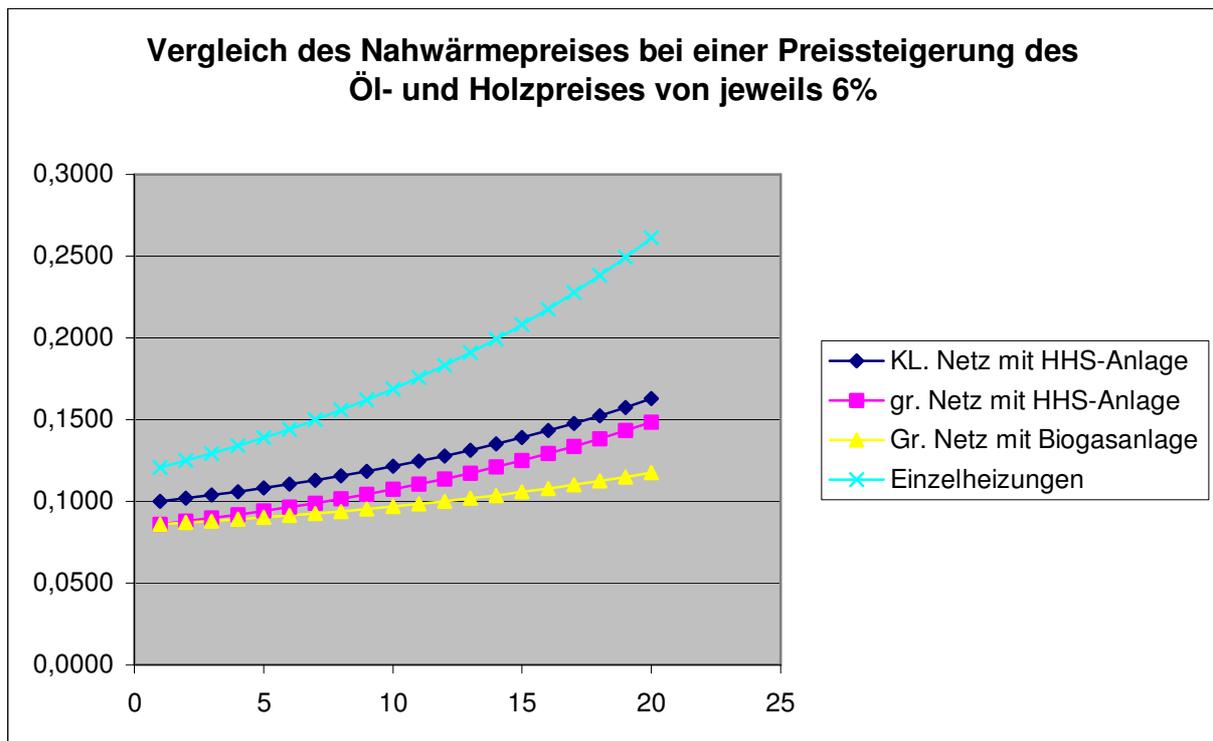


Abbildung 6: Steigerung des Wärmepreises der Bioenergie-Varianten im Vergleich zur Öl-Einzelheizung bei einer Öl- und Holzpreis- bzw. Kofermentpreissteigerung von 6% über 25 Jahre (Nahwärmepreis in €/kWh Nutzwärme)

Es ist deutlich ersichtlich, dass sich der Wärmepreis der Ölheizungen sehr viel stärker erhöht als der Preis der restlichen Heizungsvarianten. Nach 20 Jahren liegt er bereits bei über 25 Cent pro kWh. Im Gegensatz dazu liegt der nächst höchste Wärmepreis (kleines Netz mit HHS) nach 20 Jahren gerade bei etwa 17 Cent pro Kilowattstunde.

Bei diesen Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass alle Heizungsanlagen mit der Errichtung des Nahwärmenetzes saniert werden. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass dies überwiegend nicht der Fall ist. Insoweit wurde eine Kostenberechnung durchgeführt, welche bei Anschluss an ein Wärmenetz die Mehrkosten für diejenigen Hausbesitzer aufzeigt, die ihre Ölheizung nicht sanieren müssen. Der Wärmepreis der Ölheizung, reduziert auf die laufenden Kosten und ohne Berücksichtigung der Investitionskosten, beträgt 0,0839 € netto (0,0973 € brutto).

Durch den Anschluss an ein Nahwärmenetz können den Hauseigentümern Mehrkosten entstehen, wenn diese die Heizung umstellen ohne dass eine Neuinstallation der Heizanlage notwendig ist. Muss allerdings die vorhandene Anlage neu installiert werden, so sind bei einem Anschluss an ein zentrales Heizsystem Kosteneinsparungen möglich. Diese Kosten und Einsparungen sind in Tabelle 22 dargestellt.

	Mehrkosten pro Haushalt im Vergleich zu den laufenden Kosten einer bestehenden Ölheizung	Kosteneinsparung pro Haushalt im Vergleich zu einer Neuinstallation von Öl Einzelheizungen
Kleines Netz mit Holzhackschnitzel	498,24 €/Jahr	708,48 €/Jahr
Großes Netz mit Holzhackschnitzel	23,04 €/Jahr*	1.183,68
Großes Netz mit Biogasanlage und Holzhackschnitzeln	Keine Mehrkosten	1.226,88

Tabelle 22: Zusätzliche Kosten bzw. Einsparungen bei Anschluss an das Nahwärmenetz

* rechnerischer Wert; faktisch kostengleich zu laufenden Kosten der Öl-Einzelheizung

Wird das Nahwärmenetz mit der Biogasanlage betrieben, so entstehen dem Gebäudeeigentümer keine Mehrkosten, auch wenn seine Heizung nicht erneuert werden

muss. Gegenüber der Neuinstallation einer Öl Einzelheizung können jährlich über 1.200 € eingespart werden.

Dies gilt faktisch auch für die Variante „Großes Netz mit Holzhackschnitzeln“. Denn der Unterschied zu den laufenden Kosten der Ölheizung ist so marginal, dass der Preisunterschied im Fehlerbereich liegt.

Abschließend lässt sich feststellen, dass die Errichtung eines Nahwärmenetzes in der Gemeinde Grimburg, gerade im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Rohstoffpreise, nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich als sinnvoll angesehen werden kann.

Am wirtschaftlichsten ist die Variante „Großes Netz mit Biogasanlage, Holzhackschnitzeln und Öl-Spitzenlast“. Ein kleines Netz scheidet für eine Biogasanlage aus, da hier ein zu großer Überschuss an Wärme produziert würde.

Ein Wärmenetz ist nur sinnvoll umsetzbar, wenn die überwiegende Zahl der anschließbaren potentiellen Wärmeabnehmer zeitgleich mit dem Wärmenetzausbau anschließt. Insoweit gilt es, auch die Gebäudeeigentümer, deren Heizung noch nicht zur Erneuerung ansteht, für den Anschluss an ein Bioenergie-Wärmenetz zu gewinnen.

Hierzu müssen die Vollkosten der Bioenergie-Wärmenetzvariante unter dem Niveau der laufenden Kosten der Ölheizung liegen. Das ist in der Variante „Großes Netz mit Biogasanlage, Holzhackschnitzeln und Öl-Spitzenlast“ schon heute der Fall.

Bei den anderen Varianten müssen die überschreitenden Wärmekosten der Bioenergielösung soweit durch Fördermittel kompensiert werden, dass der Vollkosten-Wärmepreis der Bioenergielösung niedriger wird als die laufenden Kosten der Ölheizung.

Bei einer Förderung von 10% der Investitionskosten ist dies auch in der Variante mit großem Nahwärmenetz und Holzackschnitzelheizung der Fall. Beim kleinen Wärmenetz mit Hackschnitzelheizung wäre eine Förderung von 40% der Investitionskosten nötig.

Bei der Energieproduktion mit Heizöl werden pro MWh etwa 260 kg CO₂ emittiert. Durch die Errichtung einer zentralen Anlage zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien können bis zu 460.000 Liter Heizöl im Jahr eingespart werden (Biogasanlage mit Holzackschnitzeln im großen Netz). Das entspricht einer CO₂ Minderung von rund 1.200 t pro Jahr. Bei der Variante mit kleinem Nahwärmenetz und Holzackschnitzeln beträgt die Einsparung noch rund 100.000 Liter Heizöl bzw. 270 t CO₂.

In der Biogasanlage werden jährlich etwa 1.400 MWh Strom produziert und in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Diese ersetzen Strom aus fossilen Energieträgern. Die Produktion dieser Menge Strom mit Braunkohle würde jährliche Emissionen von etwa 550.000 kg CO₂ mit sich bringen; bei Steinkohle würden die Emissionen etwa 500.000 kg CO₂ pro Jahr betragen.¹⁶

Zusätzlich zu dem positiven ökologischen Effekt trägt die Errichtung eines Bioenergie-Wärmenetzes zur regionalen Wertschöpfung bei. Die Brennstoffe werden der Region entnommen und somit bleiben auch die finanziellen Mittel in der Region. Bei einem Ersatz von 460.000 Litern Heizöl und einem Ölpreis von 63 Ct./Liter entspricht dies einem Geldbetrag von jährlich 290.000 Euro.

Hinzu kommt der in den Kraftwerken eingesparte Brennstoff für die etwa 1.400 MWh Strom aus der Biogasanlage, welcher herkömmlich produzierten Strom aus fossilen Brennstoffen ersetzt.

¹⁶ Steinkohle etwa 333 kg CO₂/MWh und Braunkohle etwa 300 kg CO₂/MWh

Literatur

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.:

Leitfaden Bioenergie – Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen

Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V.

Energieeinsparung im Gebäudebestand – Bauliche und anlagentechnische Lösungen
Ausgabe I/2002

Holzabsatzfonds – Anstalt des öffentlichen Rechts:

Holzenergie für Kommunen – Ein Leitfaden für Initiatoren
3. überarbeitete Auflage 2003

Internetquellen

www.biomasse-rlp.de

Anhang

I. Energiebedarfsabschätzung

GebäudeNR. laut Plan	Grundfläche	2-geschossig	Abschlag - 20%	Fläche pro Gebäude	Wärmebedarf bei 150kWh/m ² in [kWh]	Warmwasserbedarf	Hausübergabestation [kW]	Hausanschlussleistung [kW]
1/2	67,5	135	27,00	108,00	16.200	1.944	10,8	11
3/1	63	126	25,20	100,80	15.120	1.814	10,08	11
5/1	108	216	43,20	172,80	25.920	3.110	17,28	18
6/1	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
7/1	414	828	165,60	662,40	99.360	11.923	66,240	70
8/1	45	90	18,00	72,00	10.800	1.296	7,2	8
10/3	63	126	25,20	100,80	15.120	1.814	10,08	11
11/3	101,25	202,5	40,50	162,00	24.300	2.916	16,2	17
13/2	54	108	21,60	86,40	12.960	1.555	8,64	9
14/5	36	72	14,40	57,60	8.640	1.037	5,76	6
15/3	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
16	44,25	88,5	17,70	70,80	10.620	1.274	7,08	7
17	88,5	177	35,40	141,60	21.240	2.549	14,16	15
19/2	54	108	21,60	86,40	12.960	1.555	8,64	9
24/2	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
25/3	108	216	43,20	172,80	25.920	3.110	17,28	18
26/2	105	210	42,00	168,00	25.200	3.024	16,8	18
27/3	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
27/4	52,5	105	21,00	84,00	12.600	1.512	8,4	9
29/2	162	324	64,80	259,20	38.880	4.666	25,92	27
31/2	147	294	58,80	235,20	35.280	4.234	23,52	25
32/2	111	222	44,40	177,60	26.640	3.197	17,76	19
33/3	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
34/3	120	240	48,00	192,00	28.800	3.456	19,2	20

35	132	264	52,80	211,20	31.680	3.802	21,12	22
38	42	84	16,80	67,20	10.080	1.210	6,72	7
39	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
40/1	181,5	363	72,60	290,40	43.560	5.227	29,04	30
41/1	90	180	36,00	144,00	21.600	2.592	14,4	15
43/5	136,5	273	54,60	218,40	32.760	3.931	21,84	23
46	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
49/3	36	72	14,40	57,60	8.640	1.037	5,76	6
51/2	108	216	43,20	172,80	25.920	3.110	17,28	18
52/2	99	198	39,60	158,40	23.760	2.851	15,84	17
53/2	99	198	39,60	158,40	23.760	2.851	15,84	17
58	94,5	189	37,80	151,20	22.680	2.722	15,12	16
60	105	210	42,00	168,00	25.200	3.024	16,8	18
62/4	54	108	21,60	86,40	12.960	1.555	8,64	9
63/3	120	240	48,00	192,00	28.800	3.456	19,2	20
64	30	60	12,00	48,00	7.200	864	4,8	5
65/2	63	126	25,20	100,80	15.120	1.814	10,08	11
66/2	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
67/2	30	60	12,00	48,00	7.200	864	4,8	5
68	81	162	32,40	129,60	19.440	2.333	12,96	14
71	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
72/5	111	222	44,40	177,60	26.640	3.197	17,76	19
73/3	94,5	189	37,80	151,20	22.680	2.722	15,12	16
74/2	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
75/2	105	210	42,00	168,00	25.200	3.024	16,8	18
78	108	216	43,20	172,80	25.920	3.110	17,28	18
79/2	63	126	25,20	100,80	15.120	1.814	10,08	11
82	93	186	37,20	148,80	22.320	2.678	14,88	16
83	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
84/1	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
84/4	105	210	42,00	168,00	25.200	3.024	16,8	18
85	82,5	165	33,00	132,00	19.800	2.376	13,2	14
86/1	45	90	18,00	72,00	10.800	1.296	7,2	8
87	112,5	225	45,00	180,00	27.000	3.240	18	19

88	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
91/4	138	276	55,20	220,80	33.120	3.974	22,08	23
94/1	106,5	213	42,60	170,40	25.560	3.067	17,04	18
98/2	63	126	25,20	100,80	15.120	1.814	10,08	11
99	21	42	8,40	33,60	5.040	605	3,36	4
114/1	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
115/4	222	444	88,80	355,20	53.280	6.394	35,52	37
118	136,5	273	54,60	218,40	32.760	3.931	21,84	23
122/3	120	240	48,00	192,00	28.800	3.456	19,2	20
124	36	72	14,40	57,60	8.640	1.037	5,76	6
124.1	121,5	243	48,60	194,40	29.160	3.499	19,44	20
125	136,5	273	54,60	218,40	32.760	3.931	21,84	23
126	105	210	42,00	168,00	25.200	3.024	16,8	18
127/2	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
127/4	160,5	321	64,20	256,80	38.520	4.622	25,68	27
128/2	162	324	64,80	259,20	38.880	4.666	25,92	27
129	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
130	121,5	243	48,60	194,40	29.160	3.499	19,44	20
131	52,5	105	21,00	84,00	12.600	1.512	8,4	9
79	129	258	51,60	206,40	30.960	3.715	20,64	22
48/3	115,5	231	46,20	184,80	27.720	3.326	18,48	19
48/4	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
47/5	118,5	237	47,40	189,60	28.440	3.413	18,96	20
160/1	115,5	231	46,20	184,80	27.720	3.326	18,48	19
8	126	252	50,40	201,60	30.240	3.629	20,16	21
77/4	90	180	36,00	144,00	21.600	2.592	14,4	15
23/2	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
22/1	45	90	18,00	72,00	10.800	1.296	7,2	8
22/3	54	108	21,60	86,40	12.960	1.555	8,64	9
20	115,5	231	46,20	184,80	27.720	3.326	18,48	19
23/1	99	198	39,60	158,40	23.760	2.851	15,84	17
61/2	67,5	135	27,00	108,00	16.200	1.944	10,8	11
25/1	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
25/2	112,5	225	45,00	180,00	27.000	3.240	18	19

26/4	115,5	231	46,20	184,80	27.720	3.326	18,48	19
31	96	192	38,40	153,60	23.040	2.765	15,36	16
32/1	115,5	231	46,20	184,80	27.720	3.326	18,48	19
145	102	204	40,80	163,20	16.320	1.958	10,88	11
146	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
147	84	168	33,60	134,40	13.440	1.613	8,96	9
148	156	312	62,40	249,60	24.960	2.995	16,64	17
150/1	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
154	126	252	50,40	201,60	20.160	2.419	13,44	14
155	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
156	54	108	21,60	86,40	8.640	1.037	5,76	6
158	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
159	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
160	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
162	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
74/4	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
134	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
137	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
131.1	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
130.1	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
124.1	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
128	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
127	108	216	43,20	172,80	17.280	2.074	11,52	12
126.1	150	300	60,00	240,00	24.000	2.880	16	17
122	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
118	54	108	21,60	86,40	8.640	1.037	5,76	6
75/27	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
75/25	96	192	38,40	153,60	15.360	1.843	10,24	11
75/51	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
75/19	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10
75/17	138	276	55,20	220,80	22.080	2.650	14,72	15
75/3	120	240	48,00	192,00	19.200	2.304	12,8	13
75/4	96	192	38,40	153,60	15.360	1.843	10,24	11
77/4	90	180	36,00	144,00	14.400	1.728	9,6	10

19	180	360	72,00	288,00	28.800	3.456	19,2	20
21/2	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
17	72	144	28,80	115,20	11.520	1.382	7,68	8
16/2	96	192	38,40	153,60	15.360	1.843	10,24	11
16/1	108	216	43,20	172,80	17.280	2.074	11,52	12
15/1	96	192	38,40	153,60	15.360	1.843	10,24	11
15/2	168	336	67,20	268,80	40.320	4.838	26,88	28
45/2	108	216	43,20	172,80	25.920	3.110	17,28	18
46	96	192	38,40	153,60	23.040	2.765	15,36	16
45/2	168	336	67,20	268,80	40.320	4.838	26,88	28
78/5	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
78/3	120	240	48,00	192,00	28.800	3.456	19,2	20
78/1	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
77/12	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/11	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/10	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/9	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/4	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/3	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/2	54	108	21,60	86,40	12.960	1.555	8,64	9
77/15	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
77/14	73,5	147	29,40	117,60	17.640	2.117	11,76	12
85/1	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13	14
85/3	96	192	38,40	153,60	23.040	2.765	15,36	16
84/6	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
85/4	72	144	28,80	115,20	17.280	2.074	11,52	12
85/7	84	168	33,60	134,40	20.160	2.419	13,44	14
83/4	94,5	189	37,80	151,20	22.680	2.722	15,12	16
5	120	240	48,00	192,00	28.800	3.456	19,2	20
Gesamt					3.229.560	387.547	2153,04	2261

GebäudeNR. laut Plan	Grundfläche [m]	2- geschossig	Abschlag -20%	Fläche pro Gebäu- de [m]	Wärmebe- darf [kWh]
32/1	115,5	231	46,20	184,80	27.720
31	96	192	38,40	153,60	23.040
84/4	105	210	42,00	168,00	25.200
84/1	73,5	147	29,40	117,60	17.640
85	82,5	165	33,00	132,00	19.800
86/1	45	90	18,00	72,00	10.800
83	73,5	147	29,40	117,60	17.640
82	93	186	37,20	148,80	22.320
78	108	216	43,20	172,80	25.920
87	112,5	225	45,00	180,00	27.000
88	72	144	28,80	115,20	17.280
91/4	138	276	55,20	220,80	33.120
94/1	106,5	213	42,60	170,40	25.560
75/2	105	210	42,00	168,00	25.200
74/2	84	168	33,60	134,40	20.160
73/3	94,5	189	37,80	151,20	22.680
98/2	63	126	25,20	100,80	15.120
99	21	42	8,40	33,60	5.040
71	73,5	147	29,40	117,60	17.640
72/5	111	222	44,40	177,60	26.640
115/4	222	444	88,80	355,20	53.280
35	132	264	52,80	211,20	31.680
34/3	120	240	48,00	192,00	28.800
31/2	147	294	58,80	235,20	35.280
118	136,5	273	54,60	218,40	32.760
122/3	120	240	48,00	192,00	28.800
27/4	52,5	105	21,00	84,00	12.600
27/3	73,5	147	29,40	117,60	17.640
26/2	105	210	42,00	168,00	25.200
25/3	108	216	43,20	172,80	25.920
14/5	36	72	14,40	57,60	8.640
13/2	54	108	21,60	86,40	12.960
15/3	72	144	28,80	115,20	17.280
19/2	54	108	21,60	86,40	12.960
17	88,5	177	35,40	141,60	21.240
16	44,25	88,5	17,70	70,80	10.620
3/1	63	126	25,20	100,80	15.120
1/2	67,5	135	27,00	108,00	16.200
160/1	115,5	231	46,20	184,80	27.720
Gesamt				5734,80	860.220

Tabelle 23 Energiebedarfsabschätzung der kleinen Netzvariante

II. Dimensionierung der Rohrleitungen

Rohrdimensionierung	Länge [m]
DN 22	70
DN 28	260
DN 32	60
DN 40	66
DN 50	39
DN 63	87
DN 75	115
DN 90	311
Gesamt	1.008

Tabelle 24: Rohrdimensionierungen der kleinen Netzvariante

	DN 22	DN 28	DN 32	DN 40	DN 50	DN 63	DN 75	DN 90	DN 110	KMR DN 100	KMR DN 125
Hausan- schlüsse [m]	230	1.020	250	10							
Verrohrung [m]	51	282	522	435	357	261	264	45	255	234	126
Summe	281	1.302	772	445	357	261	264	45	255	234	126
Netzlänge gesamt	4.342										

Tabelle 25: Rohrdimensionierung der großen Netzvariante

III. Netzkosten

Große Netzvariante:

Stahlmediumrohr (z.B. KMR)							
DN	dT = 20 K [kW]	dT = 40 K [kW]	dT = 60 K [kW]	dT = 80 K [kW]	benötigte Länge gesamt [m]	davon mit Oberflächen- wiederherstell ung [m]	Preis
100	740	1470	2210	2940	234	0	72.981,80 €
125	1290	2580	3870	5160	126	45	49.347,85 €
					360		122.329,65 €

Flexibles Kunststoffmediumrohr PEX							
DN	dT = 20 K [kW]	dT = 40 K [kW]	dT = 60 K [kW]	benötigte Länge gesamt [m]	davon mit Oberflächen- wiederherstell ung [m]	Preis	
22	5	10	16	281	281	50.964,74 €	
28	10	19	29	1302	1257	243.284,56 €	
32	20	39	58	772	739	150.595,91 €	
40	36	71	110	445	421	98.036,13 €	
50	65	130	200	357	330	87.927,89 €	
63	120	240	360	261	261	71.343,40 €	
75	190	380	580	264	264	94.918,68 €	
90	310	630	940	45	45	18.689,79 €	
110	540	1070	1610	255	156	112.368,67 €	
				3982		928.129,77 €	

Anzahl Anschlüsse bis 20 kW:	139
Anzahl Anschlüsse > 20 kW:	16
Gesamtzahl der Anschlüsse:	155
Kosten für die Hausanschl üsse:	213.635,00 €

Kleine Netzvariante:

Flexibles Kunststoffmediumrohr PEX							
DN	benötigte Länge			davon mit Oberflächen-		Preis	
	dT = 20 K [kW]	dT = 40 K [kW]	dT = 60 K [kW]	gesamt [m]	wiederherstellung [m]		
22	5	10	16	70	70	12.695,84 €	
28	10	19	29	260	260	49.153,04 €	
32	20	39	58	60	60	11.872,20 €	
40	36	71	110	66	66	14.780,43 €	
50	65	130	200	39	39	9.810,67 €	
63	120	240	360	87	87	23.781,13 €	
75	190	380	580	115	115	41.347,15 €	
				1008		257.142,79 €	

Anzahl Anschlüsse bis	
20 kW:	34
Anzahl Anschlüsse >	
20 kW:	5
Gesamtzahl der	
Anschlüsse:	39
Kosten für die	
Hausanschlüsse:	54.143,00 €

Die Preise sind entnommen aus dem Leitfaden Nahwärme des Fraunhofer Instituts und stellen sich im einzelnen wie folgt dar:

Stahlmediumrohr (z.B. KMR)										
DN	Tiefbau	Summe				Baunebenkosten	Gesamt ohne		Oberflächen- wiederherstellung	Gesamt mit
		Material	Verlegung	Isolierung	Verlegung		Oberfläche	Oberfläche		
25	55,73 €	43,97 €	32,21 €	19,94 €	151,85 €	64,42 €	216,28 €	82,83 €	299,11 €	
40	58,80 €	47,04 €	29,65 €	14,83 €	150,32 €	65,96 €	216,28 €	85,39 €	301,66 €	
50	61,36 €	49,60 €	32,72 €	15,34 €	159,01 €	67,49 €	226,50 €	88,45 €	314,96 €	
65	64,42 €	55,22 €	39,37 €	16,36 €	175,37 €	70,56 €	245,93 €	92,54 €	338,48 €	
80	68,00 €	63,91 €	45,50 €	17,38 €	194,80 €	73,63 €	268,43 €	96,12 €	364,55 €	
100	76,69 €	83,85 €	52,15 €	18,92 €	231,62 €	80,27 €	311,89 €	104,81 €	416,70 €	
125	84,87 €	102,26 €	58,80 €	20,45 €	266,38 €	84,36 €	350,75 €	114,53 €	465,28 €	
150	91,01 €	125,78 €	68,51 €	19,43 €	304,73 €	84,36 €	389,09 €	120,15 €	509,25 €	

PMR										
DN	Tiefbau	Summe				Baunebenkosten	Gesamt ohne		Oberflächen- wiederherstellung	Gesamt mit
		Material	Verlegung	Isolierung	Verlegung		Oberfläche	Oberfläche		
15	38,35 €	22,50 €	3,07 €	4,60 €	68,51 €	44,99 €	113,51 €	62,89 €	176,40 €	
20	38,35 €	25,56 €	3,07 €	5,11 €	72,09 €	44,99 €	117,09 €	62,89 €	179,97 €	
25	38,35 €	31,70 €	3,07 €	5,11 €	78,23 €	44,99 €	123,22 €	62,89 €	186,11 €	
32	38,35 €	37,84 €	4,09 €	5,62 €	85,90 €	46,53 €	132,42 €	65,45 €	197,87 €	
40	40,90 €	56,75 €	4,09 €	6,65 €	108,39 €	48,06 €	156,46 €	67,49 €	223,95 €	
50	40,90 €	75,16 €	5,62 €	7,67 €	129,36 €	52,66 €	182,02 €	69,54 €	251,56 €	
65	43,46 €	118,62 €	8,18 €	8,18 €	178,44 €	67,49 €	245,93 €	97,15 €	343,08 €	
80	43,46 €	154,92 €	10,74 €	9,20 €	218,32 €	82,32 €	300,64 €	124,76 €	425,39 €	

Die Kosten für die Hausanschlüsse werden mit 1.337 € für Hausanschlüsse bis inkl. 20 kW angenommen und mit 1.737 € für Anschlüsse größer als 20 kW.

IV. Kennwerte zur Wärmepreisberechnungen

Betriebskosten		
Wartung und Instandhaltung Holz- und Hilfskessel	bezogen auf die Investitionskosten der Kessel	2,50%
Instandhaltung Heizraum	bezogen auf die Investitionskosten des Heizraumes	0,88%
Instandhaltung Wärmenetz	bezogen auf die Investitionskosten des Wärmenetzes	1,50%
Instandhaltung Hausanschlüsse	bezogen auf die Investitionskosten der Hausanschlüsse	1,30%
Personalkosten	€/h	35,00 €
	h	200
	€/a	
Kaminfeger	€	250,00 €

sonstige Kosten		
Verwaltung	bezogen auf die jährlichen Kosten	5,00%
Versicherung	bezogen auf die Gesamtinvestition	0,70%
Kalkulat. Zuschlag	bezogen auf die jährlichen Kosten	3,00%

Betriebskosten Biogasanlage		
Wartungskosten	5% des Invests	51.850,00 €
Analytische Betreuung		2.500,00 €
Versicherung		10.000,00 €
Verwaltungskosten		5.000,00 €
Steuerberatung und Buchführung		2.000,00 €
Summe Betriebskosten		71.350,00 €

V. Brennstoffpreise

Brennstoff	€/kWh	€/Einheit	
Holz hackschnitzel	0,0194	16,16 €/Srm	Nadelholz, 25% Wassergehalt, Mischsortiment aus Sägewerk und Wald
Holzpellets	0,0360	171,4 €/t	
Heizöl	0,0630	0,63 €/l	