

## **Fallstudie**

### **„Regenerative Energieversorgung von Gebäuden eines Rundlings“ am Beispiel von Schreyahn**

**Beauftragt durch:**  
**GLC Glücksburg Consulting AG**  
**Bioenergie-Region-Wendland-Elbetal**  
**c/o Wirtschaftsförderung**  
**Seerauer Str. 27**  
**29439 Lüchow**

**BIOENERGIE** *region*  
**WENDLAND-ELBETAL**

**Projekt Bioenergie**  
**Dipl. Ing. Gerhard Wiese**  
Gedelitz 21  
29494 Trebel  
Tel 05848/981059  
Fax 05848/981049  
email: wiese\_Gedelitz@web.de

im Juni 2015

Inhalt	
Einleitung.....	2
1.1. Beschreibung des Vorhabens.....	2
1.2. Der Verfasser.....	2
1.3. Auftrag und Auftraggeber .....	2
2. Grundlagen.....	2
2.1. Funktionsweise und Sinn eines Wärmenetzes .....	2
2.2. Die örtlichen Gegebenheiten .....	3
2.3. Die Wärmeerzeugung.....	4
2.3.1. Holz und Biomethan .....	4
2.3.1.1. Der Kessel .....	4
2.3.1.2. Der Brennstoffpreis.....	5
2.3.1.3. Personal- und Betriebskosten.....	6
2.3.2. Ergänzende Wärmequellen .....	6
2.3.2.1. Solarthermie .....	7
2.3.2.2. Geothermie.....	7
2.3.2.3. Biomeiler.....	7
2.3.2.4. mobile Wärmespeicher, Asphaltkollektoren.....	8
2.4. Niedertemperatur.....	8
3. Ein Wärmenetz in Varianten .....	9
3.1. Biomethan-BHKW im Rundling.....	9
3.2. Eine Insellösung mit Biomethan-Kessel und Biomeiler.....	9
3.3. Hackschnitzelkessel mit solarer Ergänzung .....	10
3.4. Das „ganz normale Wärmenetz“ für alle .....	10
4. Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit.....	10
4.1. Grundlagen der Berechnungen: .....	11
4.1.1. Förderung.....	12
4.2. Kostenzusammenstellung und Wärmegestehungspreis.....	12
4.2.1. Biomethan-BHKW im Rundling.....	12
4.2.2. Eine Insellösung mit Biomethan-Kessel und Biomeiler.....	13
4.2.3. Hackschnitzelkessel mit solarer Ergänzung .....	14
4.2.4. „Das ganz normale Wärmenetz“ für alle .....	15
5. Bewertung: .....	16
6. Anhang: .....	18
6.1. Vergleichende Aufstellungen .....	18
6.2. Handreichung für die Studierenden: .....	20
Aufstellung über den Platzbedarf.....	20
6.3. Berechnungen .....	20

## Einleitung

### 1.1. Beschreibung des Vorhabens

In dieser Fallstudie wird am Beispiel des Ortes Schreyahn untersucht, ob und unter welchen Umständen der Bau eines Wärmenetzes, versorgt durch biogene Brennstoffe, in einem Rundlingsdorf sinnvoll ist. Zu untersuchen sind unterschiedliche Varianten, u.a. ein Wärmenetz für 10-15 Gebäude oder eine sog. Insellösung für 2-5 Gebäude mit unterschiedlichen Wärmequellen. Die Ergebnisse sind auf andere Orte und andere Siedungsstrukturen übertragbar.

Die Studie versteht sich als Komplementärstudie zu einem Workshop, veranstaltet von der Samtgemeinde Lüchow (Wendland) in Zusammenarbeit mit Frau Prof. Inken Baller, TU Cottbus, und dem dortigen Studiengang Architektur zum Thema „Energetische Sanierung unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes“. Eine Vorstellung der Fallstudie für die Studierenden im Rahmen ihres Workshops ist Teil des Auftrages.

### 1.2. Der Verfasser

Der Verfasser des vorliegenden Berichts ist das Ingenieurbüro Projekt Bioenergie, Inh. Dipl.-Ing.(FH) Gerhard Wiese mit Sitz in Gedelitz, 29494 Trebel. Das Büro hat mehr als 15 Jahre Erfahrung in der Planung und Realisierung von Biogasanlagen und Wärmenetzen. Weitere Information über den Verfasser finden sich auf dessen Internetseite [www.projekt-bioenergie.com](http://www.projekt-bioenergie.com)

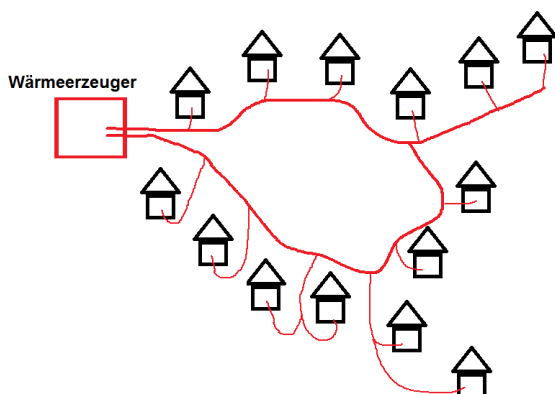
### 1.3. Auftrag und Auftraggeber

Die Studie wurde in Auftrag gegeben von der GLC Glücksburg Consulting AG durch die Bioenergie-Region Wendland-Elbetal mit Sitz in 29439 Lüchow, Seerauer Str. 27. Verantwortliche Ansprechpartnerin ist Frau Dorothea Angel.

## 2. Grundlagen

### 2.1. Funktionsweise und Sinn eines Wärmenetzes

In vielen ländlichen Gebieten und auch im Wendland entstanden in den letzten Jahren sogenannte „Bioenergiedörfer“: Orte in denen eine gemeinsame



Wärmeversorgung durch einen ökologischen Wärmezeuger, oft eine Biogasanlage, realisiert wurde. Die zentrale Wärmeversorgung ersetzt die Heizungen in den Gebäuden, die in der Mehrheit mit Heizöl oder Gas betrieben wurden. Der Energieverbrauch sinkt, da ein Wärmenetz im Vergleich zur Einzelheizung durch den Ausgleich von Nutzungsschwankungen

effektiver ist und oft alte, wenig effektive Heizkessel ersetzt werden. Dadurch wird der Verbrauch fossiler Energien vermieden und der Ausstoß von CO<sup>2</sup> vermindert.

Darüber hinaus stärkt der Bau eines Wärmenetzes auch das soziale Leben im Dorf:

- Die notwendige Zusammenarbeit zwischen den Bewohnern und Bewohnerinnen fördert den Kontakt und die Identifikation mit dem Ort.
- Durch die Nutzung biogener Brennstoffe wird die langfristig vorhersehbare Preissteigerung bei fossilen Energien abgefangen. Ländliche Gebäude, wie die hier vorgefundenen Hallenhäuser sind groß und schwer beheizbar. Daher spielt die Aussicht, die Beheizung eines Hallenhauses auch langfristig bezahlbar zu halten, für die Vermietbarkeit und den Verkauf der Gebäude eine große Rolle. Damit kann ein Wärmenetz langfristig zur Erhaltung von lebendigen Dörfern beitragen!

Im Rahmen dieser Fallstudie wird erörtert, welche regenerativen Energien sinnvollerweise zur Wärmeerzeugung herangezogen werden können, wenn – wie in Schreyahn - keine Biogasanlage als Wärmequelle zur Verfügung steht.

Die zentrale Wärmeversorgung kann sich auf einen ganzen Ort beziehen, auf Teile des Ortes oder auch nur auf 2-3 Gebäude.

Zur Verfügung stehen als biogene Brennstoffe Holz in Form von Holzhackschnitzeln, Pellets oder Scheitholz und Biomethan, die ergänzt werden können durch Solarthermie, Geothermie oder andere erneuerbare Wärmeerzeuger.

Grundsätzlich ist jegliche Kombination unterschiedlicher Wärmeerzeuger und Kesselgrößen in Abstimmung mit dem jahreszeitlich schwankenden Wärmebedarf denkbar und technisch möglich.

Je nach gewählter Größe und Lage des Wärmenetzes ist der oder sind die Wärmeerzeuger mit entsprechendem Lagerplatz für Brennstoffe im Ort zu positionieren. Dabei kann und sollte vorhandene (ungenutzte) Bausubstanz berücksichtigt werden.

## 2.2. Die örtlichen Gegebenheiten

Um ein Wärmenetz planen zu können, sind die örtlichen Gegebenheiten zu erkunden. Hierzu wurde der Ort begangen und mit Unterstützung der Samtgemeinde Lüchow eine Befragung der ca. 30 Haushalte zu ihrem Wärmebedarf durchgeführt. Für die Gebäude, deren Nutzer sich an der Befragung nicht beteiligt haben, wurde der Wärmebedarf nach Erfahrungswerten geschätzt. Der Wärmebedarf des gesamten Ortes liegt bei circa 500 MWh jährlich.

Würde diese Wärme komplett mit fossilen Brennstoffen erzeugt, läge die jährliche CO<sup>2</sup> Einsparung bei 260 t.

Tatsächlich werden aber viele Gebäude zumindest teilweise mit Holz beheizt, so dass die CO<sup>2</sup> Einsparung in der Summe schwer genau zu bestimmen ist.

Liste der Befragungsergebnisse:

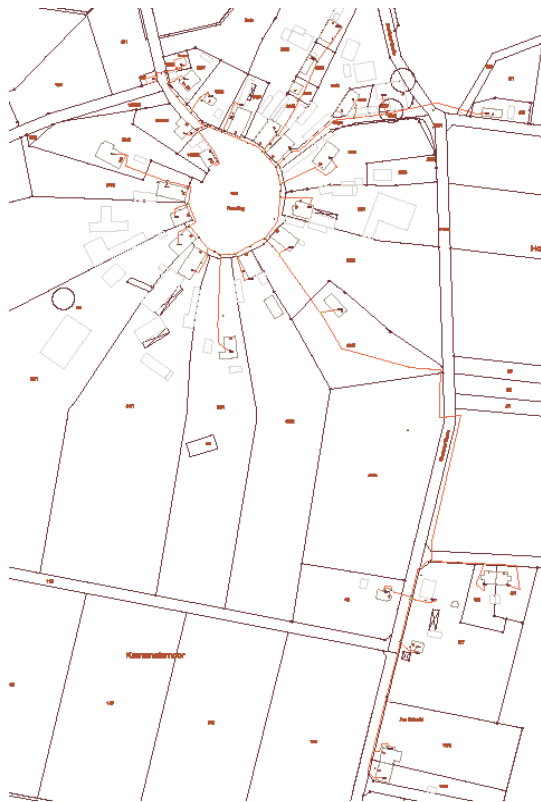
<b>Gebäude</b>	<b>erbaut</b>	<b>Zuletzt saniert</b>	<b>m<sup>2</sup> vorh</b>	<b>m<sup>2</sup> heiz</b>	<b>Be-wohner</b>	<b>Jahres-wärmebedarf</b>	<b>Kwh/m<sup>2</sup> jährlich</b>
Im Rundling	1900	2012	270	270	4	35.000 kwh	130
Im Rundling	1800	2013		115	2	18.400 kwh	160

Im Rundling	1833	2009	400	400	7	110.000 kwh	275
Im Rundling	1875	2003	130	110	2	18.870 kwh	171
Im Rundling	1800	1990	180	100	1	20.000 kwh	200
Im Rundling	1820	1983	520	520	div.	114.000 kwh	220
Im Rundling	1841	1980	200	60	1	9.000 kwh	150
Naudener Str.	1845	1975	290	200	4	46.000 kwh	230
Naudener Str.	1908	2007	340	300	4	44.000 kwh	145
Naudener Str.	1908	ständig	200	120	2	15.300 kwh	130
Naudener Str. Ferienhaus	1800	1999	120	120	2	8470 kwh	70

Der Ort Schreyahn hat zwei, etwa 700m voneinander entfernt liegende Ortsteile: Den Rundling und die Siedlung Teutonia (Naudener Str.), die aus der Zeit des Kalibergbaus stammt. Eine Verbindung beider Ortsteile in einem Wärmenetz bedeutet eine lange Strecke Rohrleitung mit entsprechenden Wärmeverlusten. Es kann daher sinnvoll sein, über zwei getrennte Netze nachzudenken.

## 2.3. Die Wärmeerzeugung

Als biogene Brennstoffe für die Wärmeerzeugung stehen Holz in unterschiedlicher Form und Biomethan zur Auswahl. Die Entscheidung für einen Brennstoff wird im Wesentlichen beeinflusst von wirtschaftlichen Komponenten: Anschaffungspreis der Kessel/BHKW, dem Brennstoffpreis und den Personal- und Betriebskosten.



Als Ergänzung können Solar- oder Geothermie, sowie weitere alternative Wärmequellen wie z.B. Biomeiler herangezogen werden.

### 2.3.1. Holz und Biomethan

#### 2.3.1.1. Der Kessel

Ein oder mehrere zentrale Heizkessel können mit Scheitholz, Holzhackschnitzeln, Pellets oder Biomethan betrieben werden. Der Preis für Heizkessel variiert von Hersteller zu Hersteller und je nach Ausstattung der Anlage, ist aber nach ersten Rechercheergebnissen für die verschiedenen Holz-Brennstoffe relativ ähnlich, Biomethankessel sind in der Anschaffung günstiger.

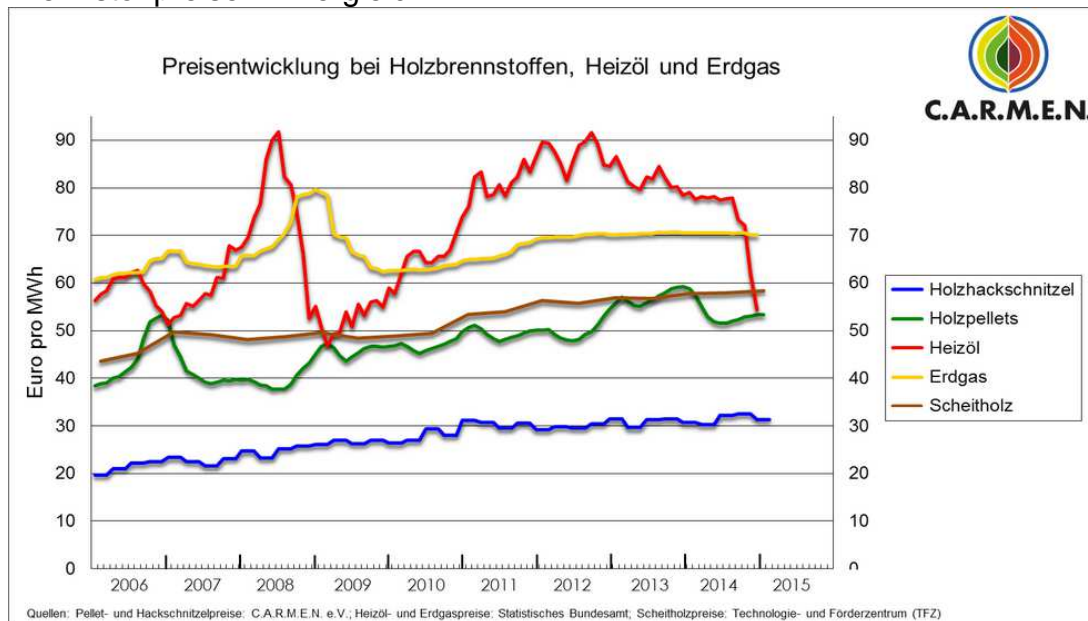
Zusätzlich zum Kessel sind die Kosten für das periphere Zubehör, also Abgasreinigung, Wärmerückgewinnung, Steuerung und Visualisierung zu kalkulieren, weiterhin der Anschluss des Kessels an Pufferspeicher und Wärmenetz. Diese liegen für alle Kesselarten in ähnlicher Höhe.

Möglich ist auch der Einsatz eines Blockheizkraftwerkes. Zur Versorgung des BHKW kann Biomethan aus dem Erdgasnetz entnommen werden. Es gibt auch BHKWs, die mit Holzhackschnitzeln oder Pellets betrieben werden. Ein BHKW erzeugt zusätzlich zur Wärme auch Strom, der in das Stromnetz eingespeist werden kann und/oder dem Eigenverbrauch zugeführt wird. Hier entsteht eine Einnahmequelle.

### 2.3.1.2. Der Brennstoffpreis

Für oder gegen einen Brennstoff spricht, neben ökologischen Argumenten, sein Einkaufspreis. Dieser liegt zurzeit mit fast 6,0 Cent/kWh für Scheitholz am höchsten, Holzhackschnitzel sind mit 3,5 Cent/kWh in der Beschaffung am günstigsten, Holzpellets liegen dazwischen. Biomethan ist mit 7-11 Cent/kWh am teuersten, bei Einsatz in einem BHKW steht dem allerdings die Einnahme aus dem Stromverkauf gegenüber.

Brennstoffpreise im Vergleich:



1 MWh = 1000 kWh - Beispiel: 30 Euro pro MWh sind dann 3 Cent pro kWh, der Preis für Erdgas in dieser Tabelle ist der für fossiles Erdgas!) Quelle: [C.A.R.M.E.N. e.V. \(Centrale- Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk\)](http://www.carmen-e.v.de)

In der Realität würde die Entscheidung für den einen oder anderen Brennstoff von weiteren Bedingungen beeinflusst:

Wenn z.B. der Gemeinde oder Teilhabern am Wärmenetz Waldgebiete gehören, in denen in Eigenwerbung Holz gewonnen werden kann, könnte das für diesen Brennstoff sprechen - wenn es in der vorhandenen Dorfstruktur denkbar ist, diese Arbeit zu leisten.

### 2.3.1.3. Personal- und Betriebskosten

Der Betrieb jeder Heizzentrale verursacht neben den Brennstoff- noch weitere Kosten, vor allem Personalkosten: Der zentrale Heizkessel ist – je nach Brennstoff – unterschiedlich intensiv zu betreuen. Scheitholz muss mehrmals täglich aufgelegt werden, Holzhackschnitzel- und Pellet-Kessel lassen sich auch automatisch beschicken.

Bei Realisierung eines Wärmenetzes wäre zu prüfen, ob es im Ort Menschen gibt, die eine Betreuung der Heizzentrale, ggf. gegen entsprechende Entlohnung, leisten würden oder ob ein Kessel mit vollem Wartungsvertrag bei Fernüberwachung betrieben werden soll:

<b>Kessel:</b>	<b>Brennstoff - Beschaffung</b>	<b>Beschickung/ Bedienung (Personalaufwand):</b>
<b>Scheitholz</b>	Einkauf (oder gemeinsame Dorfaktion in eigenem Wald)	Sehr hoch: Mehrmals täglich Holz auflegen
<b>Hackschnitzel</b>	Einkauf (Möglichkeit der Verwendung eigenen Holzes)	Mittel: Betreuung der automatischen Beschickung
<b>Pellets</b>	Einkauf	Mittel: Betreuung der automatischen Beschickung
<b>Biogas</b>	Einkauf	Gering: Gelegentliche Überprüfung der Funktion des Kessels.

Für diese Studie bewerten wir die finanzielle Wirtschaftlichkeit bei Einkauf des Brennstoffes und Überwachung und Beschickung des Kessels durch Personal unter Einbeziehung der dabei anfallenden Kosten ohne eine ehrenamtliche Beteiligung der Bewohner und Bewohnerinnen. Alles, was eine Dorfgemeinschaft in der Realität selbst und ehrenamtlich täte, verbessert das wirtschaftliche Ergebnis.

### 2.3.2. Ergänzende Wärmequellen

Die einleitend genannten Wärmeerzeuger teilen sich in zwei Gruppen: Die Verbrennung von Holz oder Biomethan erzeugt hohe Temperaturen, die erneuerbaren Energien wie Solar- und Geothermie bringen niedrigere Temperaturen hervor.

Wärmenetze werden üblicherweise mit hohen Temperaturen betrieben (Vorlauftemperatur 75°C -85°C), da heutzutage die meisten Heizungen auf diese Temperaturen ausgelegt sind.

In solchen Netzen liefern die ergänzenden Wärmequellen einen Beitrag zur Wärmeerzeugung (Anhebung der Rücklauftemperatur), könnten die benötigte Wärme aber nicht alleine erzeugen. Nur für ein Wärmenetz, das mit niedrigeren Temperaturen betrieben würde (Niedertemperatur), könnten diese Wärmeerzeuger die Wärme vollständig erzeugen. Dies setzt voraus, dass alle Abnehmer mit diesen Temperaturen auskommen oder eine Wärmepumpe zur Erzeugung höherer Temperaturen einsetzen.

### 2.3.2.1. Solarthermie

In einem Rundlingsdorf scheidet aus optischen Gründen der Einsatz von großen solarthermischen Flächen auf den Dächern der Häuser aus. Es ist aber gut möglich – und für ein Wärmenetz auch von der Einbindung her sinnvoll – ein Feld nahe der Heizzentrale für die solarthermische Wärmeerzeugung zu nutzen.

### 2.3.2.2. Geothermie

Im Erdboden herrschen in wenigen Metern Tiefe (2-4m) ganzjährig gleichmäßige Temperaturen. In dieser Tiefe wird im Erdreich ein Rohrleitungssystem verlegt in dem ein flüssiges Wärmeträgermedium zirkuliert. Das Medium erwärmt sich und wird im Haus mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres und im Gebäude nutzbares Energieniveau gehoben. Die für dieses System benötigte Wärmepumpe kann mit Ökostrom oder Biomethan betrieben werden.

### 2.3.2.3. Biomeiler

Biomeiler sind quasi große Komposthaufen, in denen Heizschlangen verlegt werden, um die im Kompostierungsprozess freiwerdende Wärme abzugreifen und zu nutzen.



Copyright: Wiesenmeiler, Miriam Wiese

Ein Meiler entsprechender Größe kann je nach Zusammensetzung bis zu 18 Monate lang ca. 45°C warmes Wasser erzeugen. Nach Ablauf der „Heizperiode“ steht gute Komposterde zur Verfügung.



### **2.3.2.4. mobile Wärmespeicher, Asphaltkollektoren**

Es gibt weitere, neue und noch nicht häufig genutzte Möglichkeiten der Wärmeerzeugung, die hier aber eine kurze Erwähnung finden sollen:

So lässt sich Wärme mit wärmespeichernden Medien transportieren, um z.B. doch die Abwärme aus einer Biogasanlage nutzen zu können. So könnte täglich ein Container, gefüllt mit Dikaliumhydrogenphosphat-Hexahydrat (dem Speichermedium) an einer Biogasanlage mit Wärme gefüllt werden um sie in Schreyahn über einen zentralen Wärmetauscher wieder an das Wärmenetz abzugeben.

Ähnlich neu ist die Idee zumindest im Sommer den Wärmebedarf aus der Aufheizung des Straßen- Asphaltes zu gewinnen. Werden unter die obere Asphaltsschicht einer Straße flexible Rohrleitungen verlegt, heizt sich darin enthaltenes Wasser bei Sonneneinstrahlung auf. Diese Wärme kann abgegriffen und genutzt werden. Ein solcher Flächenkollektor kann auch in kleine Ortsverbindungswege eingelegt werden, eignet sich also auch für Orte wie z.B. Schreyahn.

## **2.4. Niedertemperatur**

Die in Wärmenetzen üblichen hohen Vorlauftemperaturen erschweren nicht nur den Einsatz von ergänzenden Wärmequellen, sie begründen auch verhältnismäßig hohe Wärmeverluste der Rohrleitungen: Je höher die Vorlauftemperatur, desto mehr Wärme geht unterwegs verloren. Es wäre daher sinnvoll, Wärmenetze mit niedrigeren Temperaturen zu betreiben.

Niedertemperatur ist auch sinnvoll in Bezug auf ein weiteres Problem, das jedes Wärmenetz hat:

In der Heizperiode wird deutlich mehr Wärme benötigt als im Sommer. Das Wärmenetz ist auf den winterlichen Wärmebedarf hin auszulegen, um in der kalten Jahreszeit ausreichend Wärme für die Heizungen und den Warmwasserbedarf vorzuhalten. Im Sommer ist nur der Warmwasserbedarf zu decken, da niemand heizt. Das Wärmenetz muss aber trotz nur kleiner Wärmeabgabe immer heißes Wasser vorhalten. Dadurch sind die relativen Wärmeverluste im Sommer immer sehr hoch. Je niedriger die Temperatur, mit der das Netz betrieben wird, desto niedriger fallen diese sommerlichen Verluste aus.

Die Effektivität eines Wärmenetzes im Hinblick auf die Ausnutzung der eingesetzten Energie würde bei Betrieb im Niedertemperaturbereich deutlich steigen. Damit ist auch eine Wirtschaftlichkeit einfacher darstellbar – alle Wärmeverluste müssen ja mitbezahlt werden.

Möglich ist der Betrieb eines Wärmenetzes im Niedertemperaturbereich, wenn alle angeschlossenen Liegenschaften mit einer niedertemperierten Heizung auskommen. Dies ist in besonders gut gedämmten Gebäuden der Fall, aber auch Altbauten können dies durch den Einsatz von Wand- und Fußbodenheizungen erreichen. Es ist daher in mehrfacher Hinsicht sinnvoll, Gebäude in der Planung entsprechend anzupassen und auf den Einsatz von Wand- und Fußbodenheizungen zu setzen.

Diese Aussage geht als wesentlicher Hinweis an die Studierenden des Workshops, zu dem diese Fallstudie komplementär beauftragt wurde.

### 3. Ein Wärmenetz in Varianten

Für Schreyahn werden folgende Wärmenetz-Varianten näher betrachtet:

- Ein BHKW, betrieben mit Biomethan im Rundling
- Eine Insellösung mit Biomethan-Kessel und Biomeiler
- Ein Hackschnitzelkessel für den Ortsteil Teutonia
- zum Vergleich ein klassisches Wärmenetz für alle Gebäude in beiden Ortsteilen.

#### 3.1. Biomethan-BHKW im Rundling

In dieser Variante wird der Anschluß von 18 Gebäuden im Rundling an das Wärmenetz angenommen.

Gewählt wird ein Biomethan - BHKW mit 60 kW thermischer Leistung zur Erzeugung einer ganzjährigen Grundlast, dabei erzeugt das BHKW auch ca. 60 kW elektrische Energie. Hinzu käme ein Hackschnitzelkessel mit 170 kW, der regelbar ist und im Winter mit ca. 100 kW zuheizt, im Sommer nicht betrieben werden muß und im Havariefall des BHKW die gesamte benötigte Wärme erzeugt.

Dafür werden folgende Räumlichkeiten benötigt:

- Raum zum Aufstellen beider Geräte (35 m<sup>2</sup>)
- Lagerraum für etwa 500 m<sup>3</sup> Hackschnitzel

Die Besonderheit dieser Variante ist die eigene Stromerzeugung. Der erzeugte Strom kann in das öffentliche Netz eingespeist werden. Dabei wird zurzeit ein Verkaufspreis um 9 Cent/kWh (je ca. 4,5 Cent Marktpreis und Vergütung nach dem KWKG-Gesetz) erzielt.

Könnte der erzeugte Strom an die am Wärmenetz Beteiligten verkauft werden, wäre ein höherer Preis zu erzielen. Allerdings sind die rechtlichen Bedingungen für einen Stromverkauf an Nachbarn unter Nutzung des öffentlichen Stromnetzes noch nicht geschaffen, diese Möglichkeit gibt es also real noch nicht. Daher wird mit dem o.g. Verkaufspreis von 9 Cent/kWh kalkuliert.

#### 3.2. Eine Insellösung mit Biomethan-Kessel und Biomeiler

Wenn sich die „Idee Wärmenetz“ im Ort nicht durchsetzt oder ein gemeinsames Wärmenetz aus anderen Gründen ausscheidet, gibt es die Variante der „Insellösung“. Dabei wird Wärme erzeugt für 2-3 nebeneinander liegende Gebäude, von denen mindestens eine Liegenschaft im rückwärtigen Hofteil Raum für den Biomeiler hat.

Gewählt würde ein Heizkessel, der an das öffentliche Gasnetz angeschlossen ist und daraus biogen erzeugtes Gas entnimmt – so, wie es auch bei einem Stromwechsel zu „Ökostrom“ gehandhabt wird. Der Gaskessel wird so dimensioniert, daß er ausreichend Leistung für die gesamte benötigte Wärme aufbringen kann, aber nicht muß: Derartige Kessel sind regelbar, sodaß die vom Biomeiler erzeugte Wärme voll genutzt wird und der Gaskessel nur die fehlende Wärme erzeugt. Im Sommer kann der Gaskessel an Tagen ohne Heizbedarf abgeschaltet bleiben.

Die technischen Anforderungen an ein so kleines Wärmenetz unterscheiden sich nicht wesentlich von denen größerer Netze mit mehr Anschlussnehmern. Allerdings wird die Initiative für ein kleines Netz nicht von der Kommune oder dem Ort, sondern

von einem der zukünftigen Betreiber ausgehen, die Wärmeweitergabe findet im privaten Rahmen statt. Für private Initiativen nichtgewerblicher Art gibt es andere Förderungen als für größere, gewerblich betriebene Netze.

### **3.3. Hackschnitzelkessel mit solarer Ergänzung**

Diese Variante ist gedacht für den Ortsteil Teutonia, könnte aber ebenso auf einen Teil der Gebäude im Rundling angewendet werden.

Für den Wärmebedarf der Gebäude im Ortsteil Teutonia würde ein Hackschnitzelkessel mit 75 kW für 7 Hausanschlüsse aufgestellt. Im Sommer wird der Kessel an Tagen ohne Heizbedarf nicht benötigt, dann wird der Warmwasserbedarf allein über die thermische Solaranlage erzeugt. Benötigt würde ein Raum zur Aufstellung des Kessels (ca. 30 m<sup>2</sup>) und Lagerkapazität für etwa 700 m<sup>3</sup> Hackschnitzel.

### **3.4. Das „ganz normale Wärmenetz“ für alle**

Zum Vergleich wurde ein „ganz normales“ Wärmenetz für das ganze Dorf mit Anschluß aller Gebäude berechnet.

Für den Wärmebedarf des ganzen Ortes (300 kW) würden zwei Hackschnitzelkessel mit einmal 200 kW und einmal 100 kW eingesetzt. Im Winter bei hohem Wärmebedarf laufen beide Kessel, Im Sommer nur der kleinere – vor allem für den Bedarf an Warmwasser. Benötigt würde ein Raum zum Aufstellen beider Geräte (mind. 40 m<sup>2</sup>) und Lagerraum für etwa 1000 m<sup>3</sup> Hackschnitzel (z.B. eine derzeit ungenutzte Scheune).

## **4. Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit**

Ermittelt werden die Voraussetzungen, unter denen der Bau und Betrieb eines Wärmenetzes wirtschaftlich darstellbar sind. Die Finanzierung wird durch Beteiligung der Anschlussnehmer, durch Zuschüsse und Förderungen, sowie Kredite sichergestellt. Im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsabschätzung ist festzustellen, ob die für den Bau anfallenden Investitionskosten sowie die laufenden Betriebskosten durch den Wärmeverkauf finanziert werden können.

Dafür sind alle anfallenden Kosten zusammenzustellen. Sie setzen sich im Wesentlichen aus folgenden Komponenten zusammen: Die Investitionen für die Errichtung des Netzes selbst, die Errichtung bzw. Einrichtung der Heizzentrale mit den verschiedenen Zubehören des Heizkessels wie Abgasreinigung, Steuerung usw. und den Kosten für die ergänzende Wärmeerzeugung. Hinzu kommen die Wärmeübergabestationen in den angeschlossenen Gebäuden.

Für den laufenden Betrieb sind die Kapitalkosten, die sich aus den Kredittilgungen für die Investition ergeben, die Brennstoffkosten und die laufenden betrieblichen Kosten (Personal, Wartung, Abrechnung) zu berücksichtigen.

Die sich nach Abzug aller Förderungen und Zuschüsse ergebende Summe muss durch die Anschlussnehmer des Wärmenetzes aufgebracht werden: Die Finanzierung geschieht durch eine anfängliche Anschlussgebühr, eine Grundgebühr, den regelmäßigen Wärmepreis oder eine Mischung aus allem.

Für diese Studie gehen wir von einer Finanzierung ohne Gebühren aus und berechnen den sogenannten „Wärmegestehungspreis“. Das ist der Preis, den die

Anschlussnehmer pro bezogener kWh Wärme zahlen müssen, um das Gesamtprojekt zu finanzieren.

## 4.1. Grundlagen der Berechnungen:

Die hier dargestellten Berechnungen wurden mit den Programmen „R- und W-Design“ des CARMEN e.V. aus Bayern durchgeführt. Diese wurden eigens zur Berechnung von Wärmenetzen auf der Basis erneuerbarer Energien entwickelt und unterstützt die Auslegung und die Berechnung der Investitions- und Betriebskosten. Die Gesamtanschlussleistung der Wärmekunden, die Höhe der Spitzenlast und die zu verkaufende Wärmemenge in kWh werden vom Programm berechnet. Die Ergebnisse aus dem Programm wurden auf Plausibilität geprüft. Am Ende dieser Berechnung ergibt sich ein Wärmegestehungspreis, der zur Kostendeckung des Netzbetriebes in jedem Fall pro kWh erhoben werden muss, um das Netz kostendeckend zu betreiben.

Für die Berechnung der Wärmenetze wurden für diese Studie folgende Annahmen getroffen:

- Materialpreise und Grabungskosten sind ohne besondere Erschwernisse berechnet, besonders aufwendige Streckenführungen sind gesondert zusätzlich zu veranschlagen (z.B. Wiederherstellung von besonderen Pflasterungen, Düker und Straßenunterquerungen). Für Schreyahn könnten die Grabungskosten evtl. über das Dorferneuerungsprogramm gefördert werden. Da dies aber noch unsicher ist, wird diese Förderung nicht in die Berechnungen einbezogen.
- Die Kapitalkosten werden für 20 Jahre Tilgungsfrist und 3,5% Zinsen gerechnet.
- Die Wärmeverbrauchsdaten der Kunden beruhen auf den gelieferten Daten und auf Erfahrungswerten.
- Unabhängig von Art und Ort der Wärmeerzeugung ist immer ein Rohrnetz von der zentralen Wärmeerzeugung zu den einzelnen Abnehmern zu legen. Die Kosten hierfür werden je nach berechneter Variante der Netzkonfiguration ermittelt: Für die Verlegung der gedämmten Rohrleitungen, den Einbau der Wärmetauscher in den anzuschließenden Gebäuden und der Anschluss an den zentralen Heizkessel ist eine Fachfirma zu beauftragen. Die angebotenen Preise variieren von Anbieter zu Anbieter relativ stark, den Berechnungen wird ein höherer Mittelwert zu Grunde gelegt, um realitätsnah zu rechnen.
- Für das Rohrnetz können unterschiedliche Materialien verwendet werden: Es werden Kunststoffrohre und Stahlrohre angeboten. Beide Materialien haben Vor- und Nachteile: Ein Kunststoffrohr kann dauerhaft nur Temperaturen bis ca. 85 °Celsius vertragen, sonst versprödet es schnell. Dafür hat es einen etwas geringeren Wärmeverlust und ist flexibler in der Verlegung. Stahlrohre sind dauerhafter und haben eine Leckerkennung in der Dämmung, die Wärmeverluste sind etwas größer. Für diese Studie wird zur Vergleichbarkeit immer mit den Preisen für Stahlrohr kalkuliert, im Ernstfall wäre diese Entscheidung auf das gewählte Gesamtkonzept hin zu überprüfen.

### 4.1.1. Förderung

Die vorgeschlagenen Varianten werden unterschiedlich gefördert. Sobald ein Verkauf der Wärme z.B. durch eine Genossenschaft organisiert wird, gilt das Wärmenetz im Sinne der Förderung als gewerblich. Für derartige Projekte hat die KfW-Bank ein Förderprogramm aufgelegt: Gefördert wird der Bau gewerblicher Wärmenetze, die überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist werden durch einen Tilgungszuschuss (Programm 271) mit 60 € je Meter Trasse und 1800 € für jede Hausübergabestation.

Weiterhin fördert das Programm den Einsatz von Biomasse (also bei Feuerung mit Hackschnitzel, Scheitholz oder Pellets) mit 20 € je kW installierter Nennwärmeleistung, und 10 € Bonus je kW installierter Nennwärmeleistung, wenn ein Pufferspeicher installiert wird.

Es gibt einen weiteren Bonus, wenn der Kessel bestimmte Grenzwerte in der Abluft einhält. Bei Anschaffung eines Kessels neuester Technik sollte die Einhaltung dieser Grenzwerte möglich sein und auch angestrebt werden. In diese Berechnungen beziehen wir den Zuschuss nicht ein, da er nicht garantiert zu bekommen ist.

Für private Netze bestehen andere vergleichbare Fördermöglichkeiten, sie würden in dieser Studie für die Insellösung in Frage kommen. Da hier aber der sachliche und finanzielle Hintergrund der jeweiligen Antragsteller eine erhebliche Rolle spielt, sind belastbare Aussagen über die Höhe der Förderung nicht möglich.

## 4.2. Kostenzusammenstellung und Wärmegestehungspreis

### 4.2.1. Biomethan-BHKW im Rundling

Die Kosten für den Bau des Wärmenetzes mit etwas unter einem Kilometer Trassenlänge und angenommenen 18 Hausübergabestationen mit ihrer Montage belaufen sich auf:

das Rohrmaterial inkl. Montage	48.000 €
die Grabungsarbeiten für die Verlegung des Rohrnetzes	53.000 €
18 Hausübergabestationen	84.000 €
<b>Summe Wärmenetz</b>	<b>185.000 €</b>

Für die Heizzentrale müsste in das BHKW und den Hackschnitzelkessel mit den peripheren Anlagenteilen (Abgasreinigung, Wärmerückgewinnung, Steuerung, etc.) investiert werden, weitere Kosten fallen für das Gebäude, den Schornstein, und die Planung an:

Beschaffung der zentralen Kessel	49.000 € BHKW 27.000 € Hackschnitzel
Abgasreinigung und Wärmerückgewinnung	20.000 €
Anschluss, Steuerung, Visualisierung, Kesselzubehör	21.000 €
Errichtung bzw. Sanierung des Heizhauses	34.000 €

Baunebenkosten (Planung, Baubetreuung etc.)	18.000 €
<b>SUMME Heizzentrale</b>	<b>169.000 €</b>

In der Summe kostet der Bau eines Wärmenetzes mit BHKW und Hackschnitzelkessel für etwa 18 Wärmekunden 354.000 €. Abzüglich der oben beschriebenen Förderung durch die KfW von 92.700 € ergibt sich eine **Investitionssumme von 261.300 €**.

Für die Ermittlung des Wärmegestehungspreises sind nun die jährlichen Kosten im Betrieb der Anlage zusammenzufassen: Diese umfassen die durch die Investition entstehenden Kapitalkosten (Zins und Tilgung) von 20.000 €, die Kosten für den Brennstoff und den Strom zum Betrieb der Anlage (z.B. für Pumpen und Steuerung) in Höhe von 60.000 €, und die Betriebskosten für Personal, Instandhaltung und sonstige Verwaltung, z.B. die Abrechnung der verteilten Wärme von 13.000 €, insgesamt 93.000 €. Den Kosten stehen bei Nutzung eines BHKW die Erlöse aus dem Verkauf des erzeugten Stroms gegenüber. Dieser wird bei Einspeisung in das öffentliche Netz mit ca. 9 Cent/kWh vergütet. Dies ergibt einen Erlös von 93.000 €, durch den sich die jährliche, durch den Wärmeverkauf zu erwirtschaftende Summe auf 49.000 € verringert.

Könnte der erzeugte Strom direkt an andere Endverbraucher verkauft werden (z.B. an die am Wärmenetz Beteiligten) wäre ein höherer Strompreis zu erzielen. Allerdings sind die rechtlichen Vorgaben für den Verkauf von eigenerzeugtem Strom an Nachbarn über das öffentliche Stromnetz noch nicht geschaffen. Daher sind die dadurch zu erzielenden Erlöse zurzeit nicht realisierbar. Dies durchzukämpfen und möglich zu machen wäre ein echtes Pilotprojekt!

Es werden über das Jahr insgesamt rund 300 MWh Wärme an die Kunden verkauft, mit denen die ermittelten jährlichen Kosten von 49.000 € zu finanzieren sind. Es ergibt sich ein **Wärmegestehungspreis von 16,3 Cent/kWh**.

Vorausgesetzt, die im Wärmenetz verteilte Energie wäre vorher allein auf fossiler Basis erzeugt worden, würden **87 t CO<sup>2</sup> jährlich eingespart**.

#### **4.2.2. Eine Insellösung mit Biomethan-Kessel und Biomeiler**

Das „Wärmenetz“ in der Insellösung verbindet die in dieser Variante angedachten drei beteiligten Gebäude mit einer Länge von 200m. Es sind je ca. 10.000 € für das Rohrmaterial und die Grabungen zu veranschlagen, dazu kämen 13.000 € für die Hausübergabestationen, insgesamt 33.000 €.

Hinzu kommen die Kosten für den Gaskessel mit allem Zubehör und Nebenkosten ca. 10.000 € und den Biomeiler. Als mit bezahlter Unterstützung von außen errichteter Meiler wird dieser mit ca. 3.000 € veranschlagt.

**Die Investitionssumme liegt somit bei 46.000 €.** Mögliche Zuschüsse werden, wie oben begründet, nicht abgerechnet.

Für die Ermittlung des Wärmegestehungspreises sind nun die jährlichen Kosten im Betrieb der Anlage zusammenzufassen:

Die Kapitalkosten liegen bei knapp 4000 €. Die von den drei angeschlossenen Gebäuden benötigte Wärme von 63 MWh im Jahr wird zu etwa 15 kW als durchlaufende Grundlast mit dem Biomeiler erzeugt, hierfür ist nur etwas Strom für die Pumpe zu bezahlen, dieser ist mit geschätzten 50 € jährlich vernachlässigbar. Die verbleibenden ca. 50 kW werden mit dem Gaskessel erzeugt. Es entstehen so jährlich Brennstoffkosten in Höhe von 5000 €. Hinzu kommen Instandhaltungs- und Personalkosten, die mit ca. 1.500 € veranschlagt werden. Insgesamt entstehen Betriebskosten von 10.500 €.

Die jährlichen Betriebskosten stehen 63 MWh verkaufte Wärme gegenüber, es ergibt sich ein **Wärmegestehungspreis von 16,6 Cent/kWh**.

Vorausgesetzt, die im Wärmenetz verteilte Energie wäre vorher allein auf fossiler Basis erzeugt worden, würden **22 t CO<sup>2</sup> jährlich eingespart**.

### 4.2.3. Hackschnitzelkessel mit solarer Ergänzung

Die Kosten für den Bau des Wärmenetzes im Ortsteil Teutonia mit etwa 450 m Trassenlänge und angenommenen 7 Hausübergabestationen belaufen sich auf:

das Rohrmaterial inkl. Montage	22.000 €
die Grabungsarbeiten für die Verlegung des Rohrnetzes	26.000 €
7 Hausübergabestationen	33.000 €
<b>Summe Wärmenetz</b>	<b>81.000 €</b>

Für die Heizzentrale müsste in den Hackschnitzelkessel mit den peripheren Anlagenteilen (Abgasreinigung, Wärmerückgewinnung, Steuerung, etc.) investiert werden, weitere Kosten fallen für das Gebäude, den Schornstein, und die Planung an. Hinzu kommen bei dieser Variante die Kosten für die Errichtung der thermischen Solaranlage, gedacht auf einem Feld direkt an der Heizzentrale.

Hackschnitzelkessel	18.000 € Hackschnitzel
Abgasreinigung und Wärmerückgewinnung	10.000 €
Anschluss, Steuerung, Visualisierung, Kesselzubehör	10.000 €
Solaranlage	40.000 €
Errichtung bzw. Sanierung eines Heizhauses	18.000 €
Baunebenkosten (Planung, Baubetreuung etc.)	10.000 €
<b>SUMME Heizzentrale</b>	<b>106.000 €</b>

In der Summe kostet der Bau eines Wärmenetzes mit Hackschnitzelkessel und Solaranlage für etwa 7 Wärmekunden 187.000 €.

Davon kann die oben beschriebene Förderung für das Wärmenetz durch die KfW von 41.700 € abgezogen werden. Auch für die Errichtung der Solaranlage gibt es

Zuschüsse im Rahmen von Innovationsprogrammen. Diese unterliegen häufigen Änderungen, daher sind sie nicht sicher zu kalkulieren. Daher beziehen wir sie in diese Berechnung nicht ein, sie sind aber in die Bewertung des Ergebnisses einzubeziehen.

**Es ergibt sich eine Investitionssumme von 145.300 €**

Für die Ermittlung des Wärmegestehungspreises sind nun die jährlichen Kosten im Betrieb der Anlage zusammenzufassen:

Diese umfassen die durch die Investition entstehenden Kapitalkosten (Zins und Tilgung) von 10.000 €, die Kosten für den Brennstoff und den Strom zum Betrieb der Anlage (z.B. für Pumpen und Steuerung) in Höhe von 8.500 €, und die Betriebskosten für Personal, Instandhaltung und sonstige Verwaltung, z.B. die Abrechnung der verteilten Wärme von 5.600 €, insgesamt 24.100 €.

Es werden über das Jahr insgesamt rund 120 MWh Wärme an die Kunden verkauft, mit diesen die ermittelten jährlichen Kosten von rund 24.000 € zu finanzieren sind. Es ergibt sich ein **Wärmegestehungspreis von 20,0 Cent/kWh**.

Dieser Preis würde sich durch die nicht eingerechneten Förderungen für die Errichtung der Solaranlage verringern.

Vorausgesetzt, die im Wärmenetz verteilte Energie wäre vorher allein auf fossiler Basis erzeugt worden, würden **56 t CO<sup>2</sup> jährlich eingespart**.

#### 4.2.4. „Das ganz normale Wärmenetz“ für alle

Die Kosten für den Bau des Wärmenetzes mit etwa 2 km Trassenlänge und 31 Hausübergabestationen belaufen sich auf:

das Rohrmaterial inkl. Montage	102.000 €
die Grabungsarbeiten für die Verlegung des Rohrnetzes	118.000 €
31 Hausübergabestationen	140.000 €
<b>Summe Wärmenetz</b>	<b>360.000 €</b>

Für die Heizzentrale würde in zwei Hackschnitzelkessel mit je 200 kW und 100 kW Leistung mit den peripheren Anlagenteilen (Abgasreinigung, Wärmerückgewinnung, Steuerung, etc.) investiert, dazu in die Kosten für das Gebäude und die Planung an.

Hackschnitzelkessel 200 kW	30.000 €
100 kW	18.000 €
Abgasreinigung und Wärmerückgewinnung	38.000 €
Anschluss, Steuerung, Visualisierung, Kesselzubehör	30.000 €
Errichtung bzw. Sanierung des Heizhauses	54.000 €
Baunebenkosten (Planung, Baubetreuung etc.)	38.000 €
<b>SUMME Heizzentrale</b>	<b>237.000 €</b>



In der Summe kostet der Bau eines Wärmenetzes mit beiden Hackschnitzelkesseln für 33 Wärmekunden 596.000 €.

Davon kann die oben beschriebene Förderung für das Wärmenetz durch die KfW von 188.400 € abgezogen werden. **Es ergibt sich eine Investitionssumme von 407.600 €.**

Für die Ermittlung des Wärmegestehungspreises sind nun die jährlichen Kosten im Betrieb der Anlage zusammenzufassen:

Diese umfassen die durch die Investition entstehenden Kapitalkosten (Zins und Tilgung) von 30.000 €, die Kosten für den Brennstoff und den Strom zum Betrieb der Anlage (z.B. für Pumpen und Steuerung) in Höhe von 36.000 €, und die Betriebskosten für Personal, Instandhaltung und sonstige Verwaltung, z.B. die Abrechnung der verteilten Wärme von 18.000 €, insgesamt 82.500 €.

Es werden über das Jahr 533 MWh Wärme an die Kunden verkauft, mit diesen sind die ermittelten jährlichen Kosten von rund 82.500 € zu finanzieren. Es ergibt sich ein **Wärmegestehungspreis von 15,4 Cent/kWh.**

Vorausgesetzt, die im Wärmenetz verteilte Energie wäre vorher allein auf fossiler Basis erzeugt worden, würden **264 t CO<sup>2</sup> jährlich eingespart.**

## 5. Bewertung:

Ein Preis von über 16 Cent für die Kilowattstunde Wärme wirkt im Vergleich zu dem, was ein Haushalt für Gas oder Heizöl bezahlt (7-8 ct/kWh) erstmal erschreckend hoch. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese Summe einen Endpreis darstellt, in dem sämtliche Kosten enthalten sind, die das Heizen und die Bereitstellung von Warmwasser verursachen.

Der Vergleich mit den reinen Brennstoffkosten im Einzelhaushalt ist daher nicht fair – auch hier fallen weitere Kosten an: Der Heizkessel muss vorhanden sein und finanziert werden, es gibt Betriebskosten wie z.B. den regelmäßigen Einsatz des Schornsteinfegers und Erhaltungsaufwand in Form von Wartung und Reparatur. Diese Kosten sind bei jedem Einzelhaushalt unterschiedlich und nicht allgemeinverbindlich zu kalkulieren. Es ist aber davon auszugehen, dass bei einer genauen Berechnung viele Hausbesitzer überrascht wären, dass ihre Kosten für die Bereitstellung von Heizung und Warmwasser sich durchaus nahe der für das Wärmenetz berechneten Preislage bewegen.

Nicht rechnerisch bewertbar, aber für einen Ort umso wichtiger sind die sozialen Vorteile einer zentralisierten Wärmeversorgung. Wie oben erwähnt, unterstützt die gemeinsame Entwicklung eines solchen Projektes die Dorfgemeinschaft. Schreyahn hat hier aus dem Bau einer gemeinsamen Abwasserentsorgung bereits Erfahrungen, die von Ortsansässigen im Gespräch mit den Verfassern positiv bewertet wurden.

Weiterhin ermöglicht die langfristige Kalkulier- und Bezahlbarkeit der Heizkosten für die vergleichsweise großen Hallenhäuser deren Bewohnbarkeit. Die zu erwartende Preissteigerung biogener Brennstoffe kann als deutlich moderater eingeschätzt werden, als die fossiler Brennstoffe.

In ihrer Unterhaltung bezahlbare Gebäude werden erhalten, können vermietet und verkauft werden – auch dadurch wird das Leben im Ort gehalten.

## Kurzstudie zur biogenen Wärmeversorgung im Rundling

Insofern ist der Bau eines Wärmenetzes eine Investition in die Zukunft, deren wirtschaftlicher Erlös sich nicht massiv direkt auswirkt, die aber langfristig sowohl finanziell als auch sozial einen Gewinn darstellt.

## 6. Anhang:

### 6.1. Vergleichende Aufstellungen

#### Kostenzusammenstellung

Kosten für das Wärmenetz	Biomethan BHKW/ Hackschnitzel im Rundling	Hackschnitzel mit solarer Ergänzung	das „normale Netz für alle“
das Wärmenetz, das Rohrmaterial inkl. Montage	48.000 €	22.000 €	102.000 €
die Grabungsarbeiten für die Verlegung des Rohrnetzes	920 m Trasse 53.000 €	450 m Trasse 26.000 €	2 km Trasse 118.000 €
die (HÜS) Hausübergabestatione n in den Gebäuden	18 HÜS 84.000 €	7 HÜS 33.000 €	33 HÜS 140.000 €
<b>Summe Wärmenetz</b>	<b>185.000 €</b>	<b>81.000 €</b>	<b>360.000 €</b>
Beschaffung der zentralen Kessel	49.000 € BHKW 27.000 € Hackschnitzel	18.000 € Hackschnitzel	30.000 € 18.000 € 2xHackschnitzel
Abgasreinigung und Wärmerückgewinnung	20.000 €	10.000 €	38.000 €
Anschluss, Steuerung, Visualisierung, Kesselzubehör	21.000 €	10.000 €	59.000 €
ergänzende Wärmeerzeugung		40.000 €	
Errichtung bzw. Sanierung des Heizhauses	34.000 €	18.000 €	54.000 €
Baunebenkosten (Planung, Baubetreuung etc.	18.000 €	10.000 €	38.000 €
<b>Investition gesamt SUMME</b>	<b>169 354.000 €</b>	<b>106 187.000 €</b>	<b>237 596.000 €</b>

Kurzstudie zur biogenen Wärmeversorgung im Rundling

Förderung

	Biomethan BHKW/ Hackschnitzel im Rundling	Hackschnitzel mit solarer Ergänzung	das „normale Netz für alle“
Trasse (Grabung und Rohrnetz)	920 m Trasse 55.200 €	450 m Trasse 27.000 €	2 km Trasse 120.000 €
HÜS á 1800 €	18 HÜS 32.400 €	7 HÜS 12.600 €	33 HÜS 59.400 €
20 €/kWh	170 kW 3.400 €	70 kW 1.400 €	300 kW 6.000 €
Pufferspeicher	1.700 €	700 €	3.000 €
<b>SUMME</b>	<b>354.000 €</b>	<b>187.000 €</b>	<b>596.000 €</b>
Summe Förderung	92.700 €	41.700 €	188.400 €
<b>Investition minus Förderung</b>	<b>261.300</b>	<b>145.300</b>	<b>407.600 €</b>

Jährliche Betriebskosten

	Biomethan BHKW/ Hackschnitzel im Rundling	Hackschnitzelkessel mit solarer Ergänzung	das „normale Netz für alle“
Kapitalkosten	20.000 €	10.000 €	30.500 €
Brennstoff, Strom	60.000 €	8.500 €	36.000 €
Betriebskosten	13.000 €	5.600 €	18.000 €
<b>SUMME</b>	<b>93.000 €</b>	<b>24.100 €</b>	<b>82.500 €</b>

Wärmegestehungspreis:

	Biomethan BHKW/ Hackschnitzel im Rundling	Hackschnitzelkessel mit solarer Ergänzung	das „normale Netz für alle“
verkaufte Wärme	300 MWh	120 MWh	533 MWh
Summe jährlicher Kosten	49.000 €	24.100 €	82.500 €
Gestehungspreis	16,3	20,0	15,4

## 6.2. Handreichung für die Studierenden: Aufstellung über den Platzbedarf

	Kesselaufstellung mit Bewegungsraum m <sup>2</sup>	Brennstofflagerung pro kW/a
Hackschnitzel	ca. 2,50 m x 6 m	1 kW = 10 m <sup>3</sup>
Pelletofen	ca. x 4 m	1 kW = 1,8 t = 3 m <sup>3</sup>
Scheitholzessel	ca. 4 m x 4 m	1 kW = 5 m <sup>3</sup>
Erdgaskessel	ca. 2,50 m 3 m	Anschluss an das Erdgasnetz
BHKW	ca. 2,50 m x 8 m	Anschluss an das Erdgasnetz
Solarthermie	1 m <sup>2</sup> für Anschlüsse	Flächen auf dem Feld
Flache Erdwärme	1 m <sup>2</sup> für Anschlüsse	Flächen auf dem Feld

## 6.3. Berechnungen

Berechnungsergebnisse aus R-Design, Programm des C.A.R.M.E.N. eV.

## Biomethan BHKW im Rundling

Kapitalkosten	9 125 [EUR]
Instandhaltungskosten	1 890 [EUR]
<b>Kapitalgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>11 015 [EUR]</b>
Wärmeverlustkosten	5 093 [EUR]
Pumpenergiekosten mit Leistungsregelung	200 [EUR]
<b>Verbrauchsgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>5 292 [EUR]</b>
<b>Sonstige Kosten pro Jahr</b>	<b>934 [EUR]</b>
<b>Kosten pro Jahr zzgl. MWSt.</b>	<b>17 241 [EUR]</b>
Investitionskosten Netzleitung inkl. Montage	48 218 [EUR]
Investitionskosten HÜS inkl. Montage	83 517 [EUR]
Grabungskosten inkl. Oberflächenwiederherstellung	52 833 [EUR]
Investitionskosten Netz-Pumpen ohne Montage	2 216 [EUR]
<b>Gesamtinvestitionskosten zzgl. MWSt.</b>	<b>186 785 [EUR]</b>

## Kennzahlen Nahwärmenetz

Maximale Netzleistung ab HH	174 [kW]
Mittlere Leistung ab HH	54 [kW]
Minimale Netzleistung ab HH	15 [kW]
Anschlussleistung ab HÜS als Abnehmerleistung ohne GF	154 [kW]
Nahwärme ab HH	471 761 [kWh]
Verkaufte Nahwärme ab HÜS	302 008 [kWh]
Verlustwärme	169 753 [kWh]
Netzlänge (Trassenlänge)	918 [m]
Hausübergabestationen	18 Anzahl
Gleichzeitigkeitsfaktor (GF)	0,94 [-]
Leistungsbelegung ohne GF	0,2 [kW/m]
Wärmebelegung (abgenommene Wärme)	329 [kWh/m]
Jahresnutzungsgrad	64 [%]
Jahreswärmeverlust ab HH	36 [%]
Netz-Volllaststunden	1 961 Stunden
Maximaler Systemüberdruck	4,58 [bar](ü)
Mindest-Pumpendifferenzdruck	1,58 [bar]
Mindest-Pumpvolumenstrom	4 [m³/h]
Mindest-Pumpenleistung	0 [kW el]
gewählte Pumpenleistung aus Blatt 'Daten'	3 [kW el]
Jahres-Pumpenergiebedarf mit Leistungsregelung	951 [kWh el]
Jahres-Pumpenergiebedarf ohne Leistungsregelung	5 146 [kWh el]

Abkürzungen: HH ... Heizhaus, HÜS ... Hausübergabestationen



## Biomethankessel+ Biomeiler

Kapitalkosten	1 849 [EUR]
Instandhaltungskosten	393 [EUR]
<b>Kapitalgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>2 242 [EUR]</b>
Wärmeverlustkosten	994 [EUR]
Pumpenergiekosten mit Leistungsregelung	15 [EUR]
<b>Verbrauchsgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>1 009 [EUR]</b>
<b>Sonstige Kosten pro Jahr</b>	<b>186 [EUR]</b>
<b>Kosten pro Jahr zzgl. MWSt.</b>	<b>3 437 [EUR]</b>
Investitionskosten Netzleitung inkl. Montage	9 464 [EUR]
Investitionskosten HÜS inkl. Montage	13 952 [EUR]
Grabungskosten inkl. Oberflächenwiederherstellung	11 498 [EUR]
Investitionskosten Netz-Pumpen ohne Montage	2 216 [EUR]
<b>Gesamtinvestitionskosten zzgl. MWSt.</b>	<b>37 130 [EUR]</b>

## Kennzahlen Nahwärmenetz

Maximale Netzleistung ab HH	39 [kW]
Mittlere Leistung ab HH	11 [kW]
Minimale Netzleistung ab HH	3 [kW]
Anschlussleistung ab HÜS als Abnehmerleistung ohne GF	33 [kW]
Nahwärme ab HH	96 262 [kWh]
Verkaufte Nahwärme ab HÜS	63 120 [kWh]
Verlustwärme	33 142 [kWh]
Netzlänge (Trassenlänge)	202 [m]
Hausübergabestationen	3 Anzahl
Gleichzeitigkeitsfaktor (GF)	1,00 [-]
Leistungsbelegung ohne GF	0,2 [kW/m]
Wärmebelegung (abgenommene Wärme)	313 [kWh/m]
Jahresnutzungsgrad	66 [%]
Jahreswärmeverlust ab HH	34 [%]
Netz-Volllaststunden	1 927 Stunden
Maximaler Systemüberdruck	3,53 [bar](ü)
Mindest-Pumpendifferenzdruck	0,53 [bar]
Mindest-Pumpvolumenstrom	1 [m³/h]
Mindest-Pumpenleistung	0 [kW el]
gewählte Pumpenleistung aus Blatt 'Daten'	3 [kW el]
Jahres-Pumpenergiebedarf mit Leistungsregelung	71 [kWh el]
Jahres-Pumpenergiebedarf ohne Leistungsregelung	5 057 [kWh el]

Abkürzungen: HH ... Heizhaus, HÜS ... Hausübergabestationen



## Hackschnitzel + Solar, Teutonia

Kapitalkosten	3 983 [EUR]
Instandhaltungskosten	834 [EUR]
<b>Kapitalgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>4 817 [EUR]</b>
Wärmeverlustkosten	2 176 [EUR]
Pumpenergiekosten mit Leistungsregelung	41 [EUR]
<b>Verbrauchsgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>2 217 [EUR]</b>
<b>Sonstige Kosten pro Jahr</b>	<b>406 [EUR]</b>
<b>Kosten pro Jahr zzgl. MWSt.</b>	<b>7 440 [EUR]</b>
Investitionskosten Netzleitung inkl. Montage	21 288 [EUR]
Investitionskosten HÜS inkl. Montage	32 490 [EUR]
Grabungskosten inkl. Oberflächenwiederherstellung	25 208 [EUR]
Investitionskosten Netz-Pumpen ohne Montage	2 216 [EUR]
<b>Gesamtinvestitionskosten zzgl. MWSt.</b>	<b>81 202 [EUR]</b>

## Kennzahlen Nahwärmenetz

Maximale Netzleistung ab HH	73 [kW]
Mittlere Leistung ab HH	22 [kW]
Minimale Netzleistung ab HH	6 [kW]
Anschlussleistung ab HÜS als Abnehmerleistung ohne GF	61 [kW]
Nahwärme ab HH	192 736 [kWh]
Verkaufte Nahwärme ab HÜS	120 188 [kWh]
Verlustwärme	72 548 [kWh]
Netzlänge (Trassenlänge)	442 [m]
Hausübergabestationen	7 Anzahl
Gleichzeitigkeitsfaktor (GF)	0,99 [-]
Leistungsbelegung ohne GF	0,1 [kW/m]
Wärmebelegung (abgenommene Wärme)	272 [kWh/m]
Jahresnutzungsgrad	62 [%]
Jahreswärmeverlust ab HH	38 [%]
Netz-Volllaststunden	1 965 Stunden
Maximaler Systemüberdruck	3,77 [bar](ü)
Mindest-Pumpendifferenzdruck	0,77 [bar]
Mindest-Pumpvolumenstrom	2 [m³/h]
Mindest-Pumpenleistung	0 [kW el]
gewählte Pumpenleistung aus Blatt 'Daten'	3 [kW el]
Jahres-Pumpenergiebedarf mit Leistungsregelung	195 [kWh el]
Jahres-Pumpenergiebedarf ohne Leistungsregelung	5 157 [kWh el]

Abkürzungen: HH ... Heizhaus, HÜS ... Hausübergabestationen





## Das "ganz normale Nahwärmenetz" für alle

Kapitalkosten	17 789 [EUR]
Instandhaltungskosten	3 694 [EUR]
<b>Kapitalgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>21 482 [EUR]</b>
Wärmeverlustkosten	10 719 [EUR]
Pumpenergiekosten mit Leistungsregelung	741 [EUR]
<b>Verbrauchsgebundene Kosten pro Jahr</b>	<b>11 460 [EUR]</b>
<b>Sonstige Kosten pro Jahr</b>	<b>1 836 [EUR]</b>
<b>Kosten pro Jahr zzgl. MWSt.</b>	<b>34 778 [EUR]</b>
Investitionskosten Netzleitung inkl. Montage	102 731 [EUR]
Investitionskosten HÜS inkl. Montage	143 814 [EUR]
Grabungskosten inkl. Oberflächenwiederherstellung	118 376 [EUR]
Investitionskosten Netz-Pumpen ohne Montage	2 216 [EUR]
<b>Gesamtinvestitionskosten zzgl. MWSt.</b>	<b>367 136 [EUR]</b>

## Kennzahlen Nahwärmenetz

Maximale Netzleistung ab HH	295 [kW]
Mittlere Leistung ab HH	102 [kW]
Minimale Netzleistung ab HH	31 [kW]
Anschlussleistung ab HÜS als Abnehmerleistung ohne GF	273 [kW]
Nahwärme ab HH	890 631 [kWh]
Verkaufte Nahwärme ab HÜS	533 324 [kWh]
Verlustwärme	357 307 [kWh]
Netzlänge (Trassenlänge)	2 054 [m]
Hausübergabestationen	31 Anzahl
Gleichzeitigkeitsfaktor (GF)	0,85 [-]
Leistungsbelegung ohne GF	0,1 [kW/m]
Wärmebelegung (abgenommene Wärme)	260 [kWh/m]
Jahresnutzungsgrad	60 [%]
Jahreswärmeverlust ab HH	40 [%]
Netz-Volllaststunden	1 954 Stunden
Maximaler Systemüberdruck	6,67 [bar](ü)
Mindest-Pumpendifferenzdruck	3,67 [bar]
Mindest-Pumpvolumenstrom	7 [m³/h]
Mindest-Pumpenleistung	2 [kW el]
gewählte Pumpenleistung aus Blatt 'Daten'	3 [kW el]
Jahres-Pumpenergiebedarf mit Leistungsregelung	3 529 [kWh el]
Jahres-Pumpenergiebedarf ohne Leistungsregelung	5 127 [kWh el]

Abkürzungen: HH ... Heizhaus, HÜS ... Hausübergabestationen