Machbarkeitsstudie
Wärmenetz Wolbring

Auftraggeber:

Josef Wolbring GbR

Pannemannstraße 50

46395 Bocholt

Erstellt von:

Martin Sammler (B.Eng.)

Projektingenieur

www.energethik-ingenieure.de

Am Speicher 2 | 49090 Osnabrück

Osnabrück im April 2021

Inhalt

1 AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG 1

2 FESTLEGUNG DES KONZEPTRAHMENS 3

2.1 Verfügbare Wärmeenergie 3

2.2 Erschließungsgebiet 6

3 FESTSTELLUNG DES WÄRMEBEDARFS UND TRASSENPLANUNG 7

3.1 Wärmebedarf 7

3.2 Trassenplan 9

4 WÄRMEÜBERGABETECHNIK UND REGELUNGSKONZEPT 12

5 KOSTENERMITTLUNG UND WIRTSCHAFTLICHKEITSANALYSE 14

5.1 Wirtschaftlicher Mehrwert für den Wärmeabnehmer 14

5.2 Wirtschaftlicher Mehrwert für den Wärmenetzbetreiber 17

6 ZUSAMMENSCHLUSS MIT DER BIOGASANLAGE NIEMANN 19

6.1 Prüfung der wirtschaftlichen und ökologischen Perspektive 19

6.2 Perspektive Prosumer Wärmenetz Bocholt 20

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK 22

8 VERZEICHNISSE 23

8.1 Quellenverzeichnis 23

8.2 Abbildungsverzeichnis 24

8.3 Tabellenverzeichnis 25

8.4 Abkürzungsverzeichnis 25

1 AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Die Wolbring GbR ist seit 2004 Betreiber einer Biogasanlage in Bocholt, Pannemannstraße 50, die in unmittelbarer Nähe zum Industriepark Bocholt liegt. Da Industriegebäude in der Regel einen hohen Wärmebedarf aufweisen, wird nun die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung durch die Biogasanlage (BGA) Wolbring untersucht. Anliegend an den Industriepark befindet sich eine Wohnsiedlung „Am Marienplatz“ mit über 30 Privathaushalten, dessen Erschließung ebenfalls zentraler Bestandteil der Betrachtung war. Ziel ist es darzustellen wie das „Wärmenetz Wolbring“ unter Berücksichtigung der ökonomischen, ökologischen und technischen Rahmenbedingungen umgesetzt werden kann.

Bislang befand sich am Standort der BGA Wolbring nur ein vollzeitgefahrenes BHKW (600 kW). Die Wolbring GbR hat in Zusammenarbeit mit der Energethik Ingenieurgesellschaft mbH die Flexibilisierung der Biogasanlage mit einem 1.850 kW BHKW, einem großen Gasspeicher und einem 1.000 m³ Wärmespeicher realisiert. Die Biogasanlage wird dadurch zu einem sogenannten regenerativen Speicherkraftwerk (SKW), welches die Energie bedarfsgerecht bereitstellen kann. Die Energieproduktion kann, nach Abschluss des Projektes im November 2020, jahreszeitlich wärmegeführt und tageszeitlich stromgeführt erfolgen.

Abb.1 – Hof und Speicherkraftwerk Wolbring

Der deutlich bessere Wirkungsgrad und die höhere Leistung des neuen BHKW ermöglichen einen Betrieb mit nur 2.300 Betriebsstunden pro Jahr. Hierdurch können Wärme und Strom bedarfsgerecht erzeugt werden. Trotz deutlicher Erhöhung der Erzeugerleistung wurde die gesamte Jahresmenge an erzeugtem Biogas nicht angehoben, sondern bedarfsgerecht und effizienter eingesetzt. Mit der zu ermittelnden überschüssigen Wärmeenergie soll eine Vollversorgung von ca. 30 Häusern und Industriehallen erreicht werden um deren bestehenden Heizungen vollständig zu ersetzen.

In der Nähe zum SKW Wolbring, liegt die Biogasanlage Niemann GmbH & Co. KG, welche ebenfalls zum Speicherkraftwerk umfunktioniert wurde und zukünftig die Wärmenutzung optimieren möchte. In der vorliegenden Arbeit soll daher ebenfalls behandelt werden, ob die Anlagen ein gemeinsam betriebenes Wärmenetz aufbauen könnten und wovon dies abhängig ist.

Die bisherige Wärmeversorgung im anliegenden Industrie- und Wohngebiet wird fast ausschließlich durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern erreicht. Bereits im Vorfeld zur Machbarkeitsstudie haben ansässige Geschäftsinhaber und Privatleute Interesse an einem Anschluss an das Wärmenetz geäußert, um zukünftig günstig und erneuerbar heizen zu können.

Durch den Ausbau des Wärmenetzes Wolbring soll ein Maximum der flexibel erzeugten Wärmeenergie durch Industrieunternehmen und Anwohner nutzbar gemacht werden. Es werden bevorzugt die nächstgelegenen Gebäude in die Betrachtung mit einbezogen um eine möglichst hohe Wärmebedarfsdichte pro verlegtem Trassenmeter zu erreichen. Dies soll aber nicht entscheidend für eine Projektumsetzung sein, da im Falle einer Umsetzung bewiesen werden soll, dass auch ohne hohe Anschlussquoten und kurze Zuleitungen ein sinnvolles und wirtschaftliches Projekt entstehen kann.

2 FESTLEGUNG DES KONZEPTRAHMENS

2.1 VERFÜGBARE WÄRMEENERGIE

Die Wolbring GbR betreibt bereits ein Wärmenetz mit drei Abnehmern, worunter seit September 2020 auch die naheliegende Kreuzschule Mussum zählt. Die durch das Speicherkraftwerk zur Verfügung stehende Wärmemenge und Wärmeleistung hat einen Anschluss der Schule und einen weiteren Ausbau des Wärmenetzes ermöglicht. Dies liegt u.a. an der thermischen Erzeugerleistung des flexiblen Blockheizkraftwerks (FLEX-BHKW) von 1.860 kW_{th}, welches in der folgenden Abbildung vereinfacht dargestellt wird:

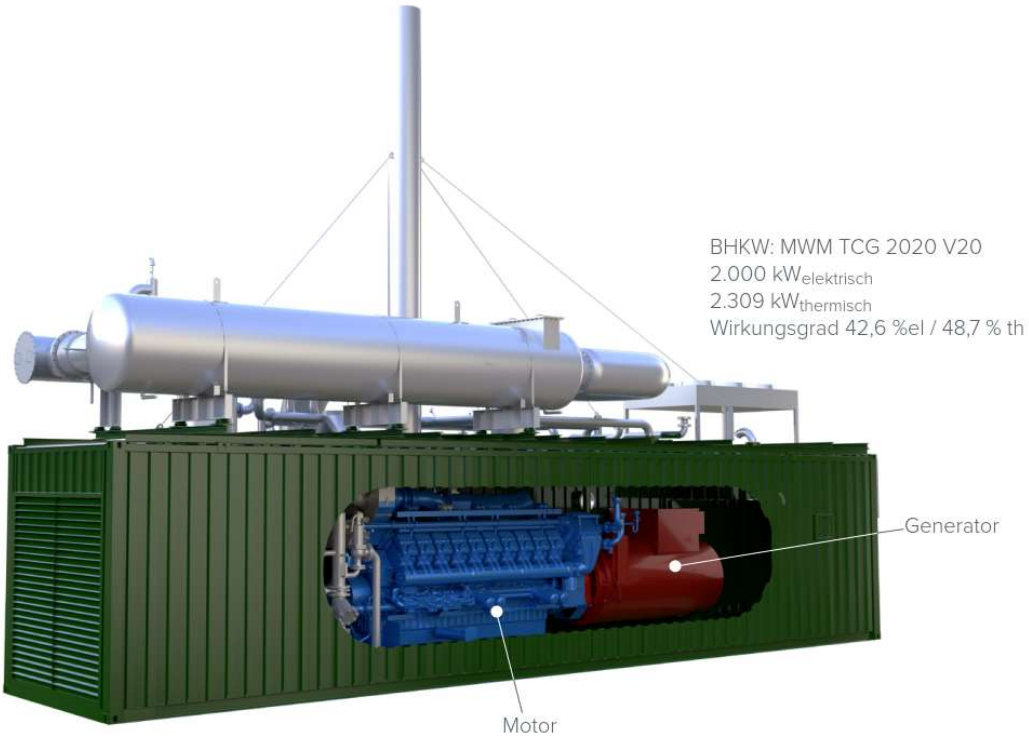


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung FLEX-BHKW Typ MWM TCG 2020 V20 mit maximaler Wärmeauskopplung [Energethik]

Die tatsächliche Flexibilität der Energieerzeugung wurde während der Durchführung der Machbarkeitsstudie praktisch getestet, um zu evaluieren, wie viel Wärme für die Versorgung des Erschließungsgebiets zur Verfügung steht. Die Grenzen der Flexibilität werden neben dem Biogasprozess auch durch gesetzliche Rahmenbedingungen (EEG, BImSchV u.a.) sowie der Wärmebedarfssituation im Bestand bestimmt. Nach den praktischen Erfahrungen wurde mit dem Betreiber der folgende Lastgang festgelegt:

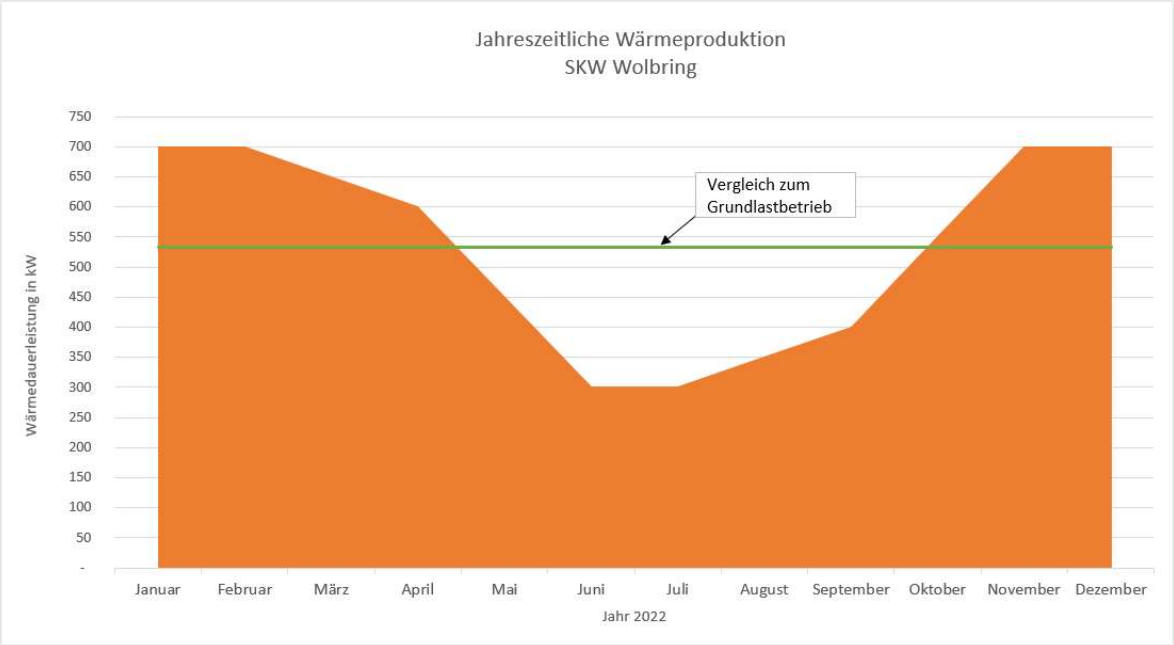


Abb.3: Jahreszeitliche Wärmeproduktion SKW Wolbring (Planung für 2022) [Energethik]

Die auf der Ordinate dargestellte Leistung ist die äquivalente thermische Dauerleistung in kW für die geplante Wärmeproduktion im jeweiligen Monat. Diese Wärmemenge wird im FLEX-Betrieb vornehmlich durch das FLEX-BHKW produziert. Diese Darstellung wurde gewählt um aufzuzeigen, welche Flexibilität im Verhältnis zum ursprünglichen Grundlastbetrieb (grüne Linie) realistisch möglich ist. Da größere Sicherheiten einkalkuliert wurden ist die tatsächliche Flexibilität höher. Für das erste Jahr soll die Planung aber zunächst umgesetzt werden, um im Anschluss über weiteres Optimierungspotenzial nachzudenken. Außerdem wird die real verfügbare Wärmeenergie zur jeweiligen Jahreszeit ermittelt. Wie viel Wärmeenergie voraussichtlich für die Erweiterung des Wärmenetzes Wolbring pro Jahr zu Verfügung steht, wird in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 1.: Wärmebedarf Bestand und Wärmeerzeugung 2022:

Wärmeproduktion 2022	**4.450.000 kWh**
Prozesswärme Biogasproduktion	740.000 kWh
Eigenwärme Hof Wolbring	120.000 kWh
Abnehmer Wärmenetz Bestand	880.000 kWh
Wärmeverluste Bestand	170.000 kWh
Summe Wärmebedarf Bestand	***1.910.000 kWh***
Verfügbare Wärmeenergie 2022	**2.540.000 kWh**

In jedem Fall soll eine Vollversorgung der Abnehmer erfolgen. Dies bedeutet, dass der gesamte Bedarf durch das SKW Wolbring abgedeckt wird. Unabhängig davon, wann eine Kunde Energie benötigt, er wird immer mit vertraglich vereinbarten, maximalen Anschlussleistung versorgt. Die bestehenden, oft veralteten fossilen Heizungsanlagen, können so vollständig ersetzt werden.

Die Abdeckung der Spitzenlast ist wegen der bereits erwähnten hohen thermischen Leistung des FLEX-BHKW und der Pufferwirkung des Wärmespeichers kein Problem. Für volle Versorgungssicherheit ist es allerdings notwendig ein redundantes System aufzubauen. Diese Redundanz wird zum einen durch das Bestands-BHKW mit 600 kW und zum anderen durch den Wärmespeicher ermöglicht. Falls das FLEX-BHKW ausfällt würde das sonst nur strompreisgeführte Bestands-BHKW den Wärmeeintrag übernehmen. Die Kapazität des Wärmespeichers liegt bei ca. 40.000 kWh, wodurch die volle Wärmeversorgung für 48 h bei einer Wärmeleistung von 840 kW sicherstellt werden kann.

Tabelle 2: Wärmespeicherkapazität

Volumen Heizwasser	m³	1.000
Obere Speichergrenze	°C	95
Untere Speichergrenze	°C	60
Temperaturspreizung	K	35
Speicherkapazität 100%	kWh	40.705
IST Wärmebedarf	kW	840
Anfangsfüllstand	%	100%
Dauer bis Speicher 0%	h	48

Diese dauerhafte bzw. durchschnittliche Wärmleistung entspricht dem Bedarf von ca. 50 Gebäuden (einschließlich einer Schule, Sporthalle und mehreren MFH) bei -10°C. Diese Angaben wurden nicht theoretisch berechnet, sondern stammen aus einem Referenzprojekt der Energethik, bei dem ebenfalls ein Speicherkraftwerk mit vergleichbaren Eckdaten ein Wärmenetz versorgt.

Wenn der unwahrscheinliche Fall eintritt, dass beide Erzeuger absehbar länger als 48 h ausfallen, wäre der Einsatz einer mobilen Heizungsanlage notwendig, die innerhalb kürzester Zeit für den notwendigen Wärmeeintrag sorgen könnte. Die dauerhafte Überwachung der Anlage und die Service-Verträge mit den BHKW-Packagern bieten allerdings eine hohe Sicherheit, sodass dieser Fall als absolute Ausnahme gelten kann.

2.2 ERSCHLIEßUNGSGEBIET

Das Erschließungsgebiet, in welchem den Gebäudebesitzern angeboten werden kann einen Anschluss an das Wärmenetz Wolbring zu erhalten, wird in folgendem Übersichtsplan dargestellt:

Abb.4: Erschließungsgebiet Wärmenetz Wolbring [Energethik, Google Geo-Basis-DE/BKG Kartendaten 2021]

Der Fokus lag hierbei stets auf den möglichst nahegelegen Gebäuden zur Wärmeleitung bzw. zum Speicherkraftwerk Wolbring. Zur Erschließung soll, neben der offenen Bauweise im Graben, vermehrt das Horizontal-Spülbohrverfahren eingesetzt werden. Damit können Rohrleitungen unterirdisch verlegt werden, ohne dazu einen Graben ausheben zu müssen.

3 Feststellung des Wärmebedarfs und Trassenplanung

3.1 Wärmebedarf

Die zentrale Aufgabe der Machbarkeitsstudie ist die Feststellung des Wärmebedarfs der möglichen Abnehmer. Anstatt je Gebäude theoretische Werte zu kalkulieren und Annahmen zu treffen, wurde das Interesse an einem Anschluss an das Wärmenetz Wolbring möglichst konkret abgefragt.

Dafür mussten die Gebäudebesitzer zunächst über den möglichen Anschluss an das Wärmenetz Wolbring informiert werden. Zu diesem Zweck wurde am 04. März eine Online-Bürgerversammlung mit dem Namen „Wolbrings wohlige Wärme“ veranstaltet. In der Veranstaltung wurde gezeigt, wie das Wärmenetz Wolbring erweitert werden soll und welche zahlreichen Vorteile die Gebäudebesitzer durch einen Anschluss haben. Diese werden in der folgenden Abbildung 5 zusammenfassend dargestellt.

Abb. 5: Vorteile eines Anschlusses ans Wärmenetz Wolbring [Energethik]

Aufgrund der aktuell vorherrschenden pandemischen Lage musste auf eine Veranstaltung vor Ort verzichtet werden. Die Online-Veranstaltung war vornehmlich an die Gebäudebesitzer des Wohngebiets „Am Marienplatz“ und der in der Nähe befindlichen größeren Gebäude und Industriehallen gerichtet.

Nach einer ca. 30-minütigen Präsentation in dem das Speicherkraftwerk und das Erschließungsgebiet, sowie die Wärmepreise vorgestellt wurden, gab es eine offene Fragerunde. Dadurch wurde jedem Teilnehmer die Chance gegeben seine Gedanken zu äußern und konkrete Rückfragen zu stellen.

Zu der Veranstaltung haben sich 21 Personen angemeldet, von denen 19 teilgenommen haben. Besonders die Fragerunde hat den gewünschten Effekt gezeigt, einen offenen Austausch ermöglicht, Detailfragen geklärt und verdeutlicht, dass bei vielen Leuten ein grundsätzliches Interesse besteht. Im Anschluss an die Veranstaltung wurden individuellen Vollkostenrechnungen und Angebote erstellt. Auch die Hausanschlüsse wurden grob vorgeplant um die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit für beide Seiten abschätzen zu können.

Da fast bei jeder Interessensbekundung die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund steht, wurde den Gebäudebesitzern mitgeteilt, dass bei Zusendung der Verbrauchsdaten ein konkretes Angebot und eine Vollkostenrechnung erstellt werden kann. Details dazu werden im Abschnitt 5.1 „Wirtschaftlicher Mehrwert der Abnehmer“ behandelt.

Folgende Daten wurden abgefragt:

- Brennstoffbedarf (möglichst der letzten 3 Jahre)
- Wärmeleistung oder Typ der bestehenden Heizungsanlage
- Position des Heizungsraums
- Besonderheiten des Heizungssystems wie zusätzlicher Holzkachelofen / Kamin / Solarthermieanlage o.ä.

Es hat sich gezeigt, dass besonders die Erschließung der neueren Gebäude (90er Jahre Bauten) eine Herausforderung darstellt. Bei diesen Gebäuden befindet sich die bestehende Heizung in ca. 75% der Fälle unter dem Dach im 1.Obergeschoss. Dies bedeutet sowohl für den Wärmenetzbetreiber als auch für den Abnehmer erhöhte Anschlusskosten. Die Schätzung dieser Anschlusskosten konnte nicht pauschal erfolgen, da die Bauweise und die Leitungsführung der Heizungssysteme sehr individuell ist. Beispielsweise hat sich gezeigt, dass bei einem Gebäude die Aufstellung der Wärmeübergabestation im Keller mit Weiterleitung der Wärme zur Verteileranlage durch bestehende Heizungsrohre machbar war. In einem anderen Fall war bei Aufstellung im Keller eine neue Verrohrung in das 1.Obergeschoss notwendig.

Bei einem weiteren Gebäude war die Führung der Wärmeleitung an der Hauswand bis zum Heizungsraum in 1.Obergeschoss relativ einfach umsetzbar. Fazit dieser Untersuchungen ist, dass für eine Mehrheit der Interessenten eine individuelle Kostenschätzung für die Hausanschlusskosten erstellt werden sollte.
Der bestehende Brennstoffbedarf der meisten potenziellen Abnehmer konnte abgefragt werden, woraus sich folgender Wärmebedarf ergeben hat:

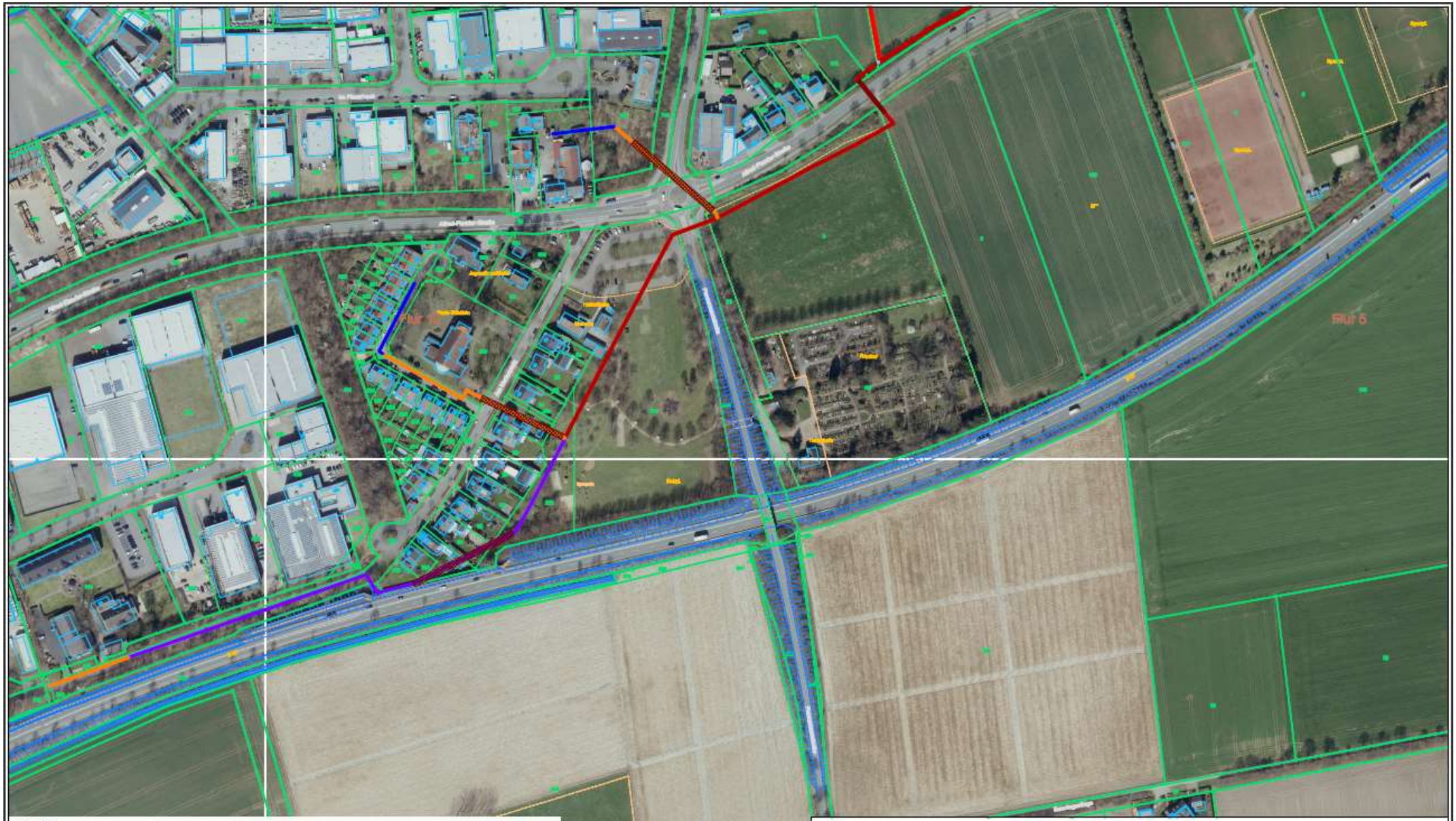
Tabelle 3: Wärmebedarf interessierter Gebäudebesitzer

Anzahl	Gebäude-Typ	Nutzwärmebedarf	Anschlussleistung
6	Einfamilienhäuser (70er Jahre)	135.000 kWh	90 kW
7	Einfamilienhäuser (90er Jahre)	100.000 kWh	105 kW
6	Industrie / Großabnehmer	455.000 kWh	300 kW
19	**SUMME**	**690.000 kWh**	**495 kW**

Es ist zu beachten, dass die Anzahl der Abnehmer auf Basis der bisherigen Interessensbekundungen und weiterer Annahmen getroffen worden ist. Welcher Gebäudebesitzer tatsächlich einen Wärmelieferungsvertrag unterschreiben würden, bleibt offen.

3.2 TRASSENPLAN

Die Trassenplanung wurde nach Vor-Ort Begehungen und der Analyse von Fremdleitungsplänen sowie Besitzverhältnissen der betreffenden Flurstücke durchgeführt. Die Dimensionierung der Doppelrohr-Nahwärmeleitungen erfolgte auf Basis der bisherigen Interessensbekundungen und weiteren begründeten Annahmen zum Gesamtwärmebedarf. Um mittelfristig eine Nachverdichtung des Wärmenetzes zu ermöglichen wurden entsprechende Reserven einkalkuliert. Der Trassenplan auf der nächsten Seite zeigt den möglichen Verlauf der Haupt- und Verteilleitungen. Hausanschlussleitungen wurden bewusst nicht eingezeichnet, u.a. um deutlich zu machen, dass diese noch variabel festgelegt werden können, je nachdem wer verbindlich zusagen würde.



Legende:

- Stahl Doppelrohr DRD 40/200
- Stahl Doppelrohr DRD 50/250
- Stahl Doppelrohr DRD 65/210
- Stahl Doppelrohr DRD 80/315
- Stahl Doppelrohr DRD 100/400
- Gebäudegrenzen
- ALKIS Flurstücke und Kennzeichnung
- T-Stück mit Bedarfskugelhahn
- Spülbohrung

energethik ingenieurgesellschaft

energethik ingenieurgesellschaft mbH
fon: 0541/668546-0
e-mail: info@energethik-ingenieure.de
web: www.energethik-ingenieure.de

Index	Änderung	Datum	Name
a			
b			
c			
d			
e			

Projekt: Erweiterung Wärmenetz Wolbring

Plan-Inhalt: Trassenplanung

Z.-Nr.	Maßstab	
1	1:2500	
	Datum	Name
bearbeitet	23.03.21	DO
geprüft	23.03.2021	MS

Für weitere Industrieabnehmer im nördlichen Bereich des Industrieparks wurde untersucht, ob die Erschließung durch eine neue Leitung unterhalb der sich nördlich befindlichen Bahnschienen erfolgen kann und mit welchem Aufwand dies verbunden ist. Wegen zu langen Umsetzungszeiträumen, sehr aufwendiger Vor- und Umsetzungsplanung mit Gutachten, Bodenuntersuchungen, Suchschachtungen etc. sowie der notwendigen Beauftragung von weiteren externen Planern, wurde diese Variante wieder verworfen. Die Leitungsführung unterhalb der Bahnschiene bleibt aber möglich. Hier muss weitergehend geprüft werden ob die Leitungsführung mit den geltenden Naturschutzbedingungen (insb. Abstände zu Bäumen) wirtschaftlich durchgeführt werden kann.

Die bei Projektplanungen angestrebte Wärmebedarfsdichte für Wärmenetze liegt i.d.R. bei 500 kWh/m. Dies gilt bei dem Wärmenetz Förderprogramm der KfW-Bank sogar als Voraussetzung für die Auszahlung der Beihilfezuschüsse [KfW 2021]. In diesem Fall wird voraussichtlich eine Wärmebedarfsdichte von ca. 200 kWh/m erreicht, was aber kein Ausschlusskriterium für die Umsetzung des Projekts sein soll. Hintergrund dieser Entscheidung sind neben dem Ergebnis der Cash-Flow Betrachtung, die Erkenntnisse des im Rahmen des WIEfm erstellte „Wärmenetzbenchmark Qualitativer Vergleich bestehender Wärmenetze“ [FH-Münster 2019]. Hier wird deutlich, dass die Wärmeverluste vielmehr abhängig von effizienter und moderner Regelungstechnik sind.

Die Wärmeverluste werden wegen witterungsabhängigen Vorlauftemperaturen von 65-85°C und der bereits erläuterten Rahmenbedingungen auf ca. 20 % geschätzt. Basis für die Schätzung sind die bisherigen Werte des Wärmenetz Wolbring und vergleichbare Referenzprojekte mit ähnlichen Rohrtypen und Netztopologie.

Die zu erwartenden unterschiedlichen Lastprofile der Industrieabnehmer stellen ggf. eine besondere Herausforderung bei der Vorplanung dar. Im Falle eines interessierten Industrieabnehmers, ist dieser aber von deutlichem Vorteil, da Prozesswärme für Reinigungsprozesse i.H.v. ca. 100 kW das ganze Jahr über benötigt werden. So kann ein verhältnismäßig großer Teil der im Sommer produzierten Wärmeenergie genutzt werden. Bei einem reinen Netz mit Wohnhäusern liegt der tatsächliche Wärmebedarf im Sommer (ausschließlich Brauchwasser) deutlich unter der Produktion und der möglichen Abnahme.

4 WÄRMEÜBERGABETECHNIK UND REGELUNGSKONZEPT

Bei Großabnehmern gilt individuell zu prüfen welche Wärmeübergabetechnik effektiv und effizient genutzt werden kann. Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern sollen einfach aufgebaute Wärmeübergabestationen mit folgenden zentralen Komponenten verwendet werden:

- Wärmetauscher
- Primärventil
- Modulregler
- Wärmemengenzähler
- Sensoriken

Abb. 7: Wärmeübergabestationen [aqotec GmbH]

Auf der linken Seite wird die Standardausführung einer kompakten Wärmeübergabestation der Fa. aqotec GmbH dargestellt. Links ist eine Station zu sehen die für Großabnehmer bestimmt ist und in ähnlicher Ausführung bereits im bestehenden Wärmenetz der Wolbring GbR eingesetzt wird.

Eine weitere Grundvoraussetzung für ein intelligentes Wärmenetz ist eine moderne Regelungstechnik und -software. Es wird angestrebt, die bestehende und im letzten Jahr erweiterte Hydraulik des SKW Wolbring zu nutzen und durch zusätzliche Sensorik, Messtechnik, einem Schaltschrank mit SPS und einen Leitrechner zu ergänzen. Die Leitsoftware soll insbesondere dafür sorgen, dass eine effiziente und bedarfsgerechte Regelung der Netzpumpen erfolgt. Diese soll in Abhängigkeit der Primärventilstellung der Abnehmer erfolgen. Je nach

Wärmebedarf wird so kontinuierlich der sogenannte Schlechtpunkt ermittelt, worauf die Netzpumpen geregelt werden.

Der Aufbau eines zusätzlichen Leitsystems (getrennt von der bisherigen Anlagensteuerung) wird nicht angestrebt, damit das SKW weiter in seiner Gesamtheit überwacht und gesteuert werden kann. Es würde dann nur eine Software geben, in welcher neben den Erzeugungseinheiten und Speichern auch die notwendigen Komponenten für das Wärmenetz dargestellt werden.

Abb. 8: Modell Wärmespeicher 1.000 m³

Um einen effizienten Wärmenetzbetrieb zu gewährleisten muss ein hydraulisch optimierter Anlagenbetrieb am SKW-Standort realisiert werden. Dies heißt konkret, dass vor allem die Ansteuerung der Pumpen und Ventile gut aufeinander abgestimmt und in einen ganzheitlichen Regelungskonzept integriert sind. Nur so kann eine Schichtung des Wärmespeichers, vergleichbar zur Abbildung 7, erreicht werden. Außerdem muss für eine optimale Einstellung der Regelparameter der Wärmeübergabestationen gesorgt werden, um möglichst niedrige Rücklauftemperaturen zu erreichen. Diese sollen möglichst unterhalb von 50°C und im Sommer bei max. 60°C liegen. Nur unter diesen Voraussetzungen bietet der Wärmespeicher die entsprechende Kapazität und Speicherwirkung. Bei der Umsetzung des Projektes wird im Rahmen der Vorplanung geprüft wie sicherzustellen ist, dass die Messtechnik eine umfassende und genaue Bewertung des Betriebs und der Effizienz ermöglicht. Es soll dem Projekt WiEfm und beteiligten Projektpartnern stets ermöglicht werden die Messwerte auszuwerten und zu Forschungszwecken zu nutzen.

5 Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsanalyse

5.1 Wirtschaftlicher Mehrwert für den Wärmeabnehmer

Der zukünftige wirtschaftliche Mehrwert wird durch günstige und stabile Wärmepreise für die Abnehmer und dadurch Einsparungen von i.d.R. 20% der Vollkosten für die Wärmeversorgung eines Einfamilienhauses erreicht. Die folgende Darstellung stellt einen qualitativen Vergleich zwischen herkömmlichen Heizungssystemen her:

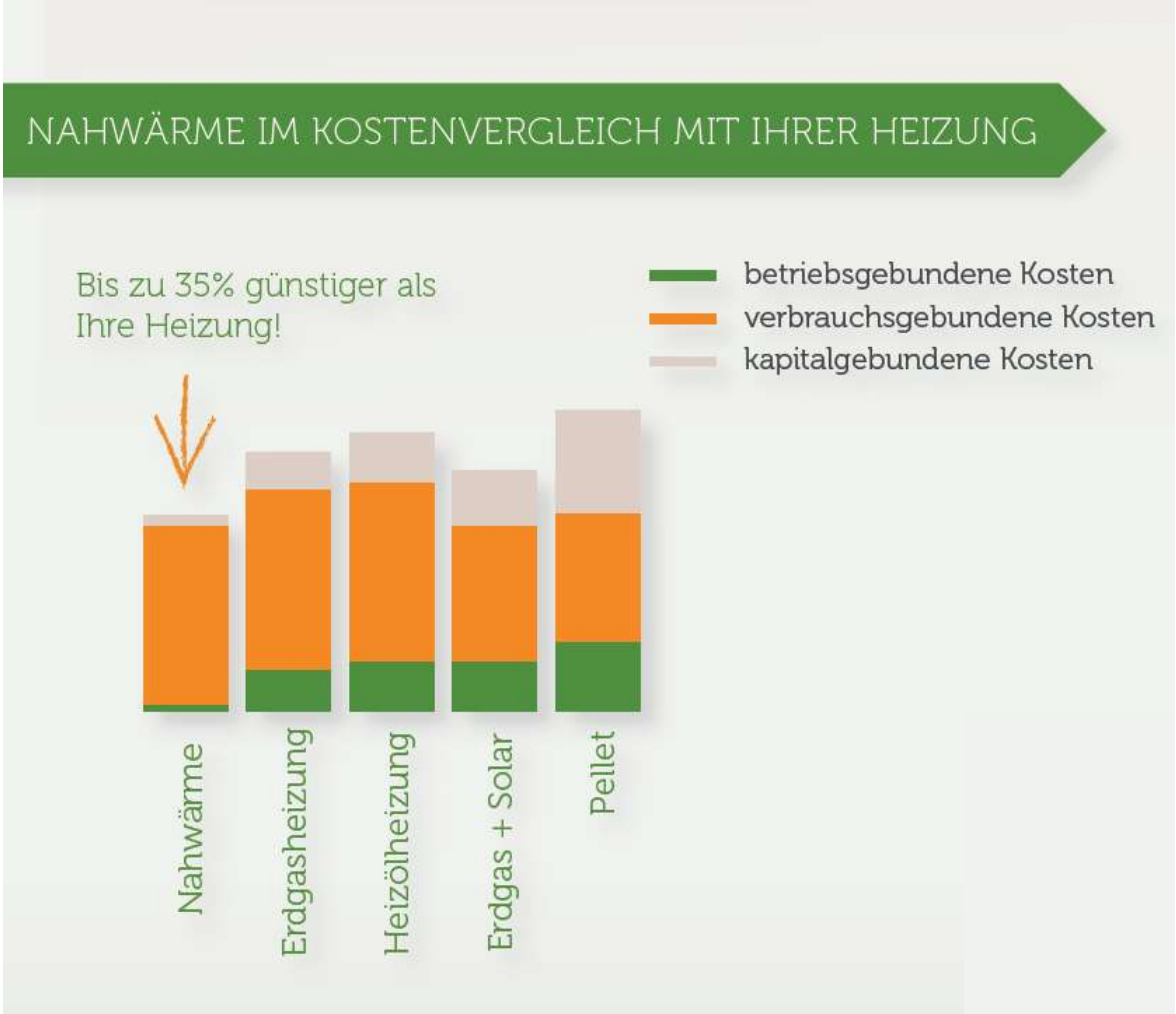


Abb. 9: Darstellung Größenordnung Kostenvergleich Nahwärme [Energethik]

Wie bereits erwähnt wurden zur Interessensbekundung der möglichen Abnehmer Vollkostenrechnungen für die Wärmeversorgung erstellt, von denen im Folgenden drei Beispiele dargestellt werden:

Ersatz Ölheizung - Verbrauch: 2.800 l Heizöl
Heimathaus Mussum, Am Marienplatz 1

29.680 kWh / 1,06 = 28.000 kWh Heizwert nach Abzug Brennwertfaktor

28.000 kWh x 0,85 = 23.800 kWh Wärmebedarf nach Wirkungsgradverlust Heizung (15%)

Brennstoffkosten:		
Arbeitspreis	2.800 l x 69,62 ct/l	1.949 €
Grundpreis	pro Jahr	0 €
CO_2-Preis [1,2] (Steigerung bis 2025)	29,7 MWh x 0,266 t/MWh x 55 €/t	435 €
Gesamter Ölpreis	pro Jahr	2.384 €
Brennstoffkosten pro kWh Nutzwärme	2.384 € / 23.800 kWh	10,02 ct/kWh

Betriebs- und Nebenkosten:		
Abschreibung	Invest. von 8.000 € über 15 Jahre	533 €
Zinsen gemittelt	Zinssatz von 2,5%	100 €
Wartung / Instandhaltung	pauschal	150 €
Dienstleistungen	Schornsteinfeger	65 €
Gesamte Nebenkosten	pro Jahr	848 €
Nebenkosten pro kWh Nutzwärme:	848 € / 23.800 kWh	3,56 ct/kWh
Gesamte Wärmekosten	pro Jahr	3.232 €
Spezifische Wärmekosten	3.232 € / 23.800 kWh	13,58 ct/kWh

Alle Preise inkl. MwSt.

Ölheizung 16-30 kW

Wir ersetzen Ihre alte Heizung für Sie kostenlos!

Angebot 15 kW Wärmenetzanschluss

Arbeitspreis	5,89 ct/kWh x 23.800 kWh = 1.402 €
Leistungspreis	827 € 2 Jahre geschenkt!
Gesamtwärmekosten	2.229 €
Spezifische Wärmekosten	9,36 ct/kWh
Jährliche Einsparung	1.003 €/a
Prozentuale Einsparung	31 %

Abb. 10: Vollkostenrechnung am Beispiel Heimathaus Mussum [Energethik]

Ersatz Gasheizung - Verbrauch 20.000 kWh
Einfamilienhaus – Tarif WattExtra - BEW - März 2021

20.000 kWh / 1,11 = 18.018 kWh Heizwert nach Abzug Brennwertfaktor

18.018 kWh x 0,90 = 16.216 kWh Wärmebedarf nach Wirkungsgradverlust Heizung (10%)

Brennstoffkosten:		
Arbeitspreis	20.000 kWh x 5,62 ct/kWh	1.124 €
Grundpreis	pro Jahr	88 €
CO_2-Preis [1,2] (Ø anhand Preis 2025)	20 MWh x 0,202 t/MWh x 55 €/t	222 €
Gesamter Erdgaspreis	pro Jahr	1.434 €
Brennstoffkosten pro kWh Nutzwärme	1.434 € / 16.216 kWh	8,84 ct/kWh

Betriebs- und Nebenkosten:		
Abschreibung	Invest. von 6.000 € über 15 Jahre	400 €
Zinsen gemittelt	Zinssatz von 2,5%	75 €
Wartung / Instandhaltung	pauschal	150 €
Dienstleistungen	Schornsteinfeger	65 €
Gesamte Nebenkosten	pro Jahr	690 €
Nebenkosten pro kWh Nutzwärme:	690 € / 16.216 kWh	4,26 ct/kWh
Gesamte Wärmekosten	pro Jahr	2.124 €
Spezifische Wärmekosten	2.124 € / 16.216 kWh	13,10 ct/kWh

Alle Preise inkl. MwSt.

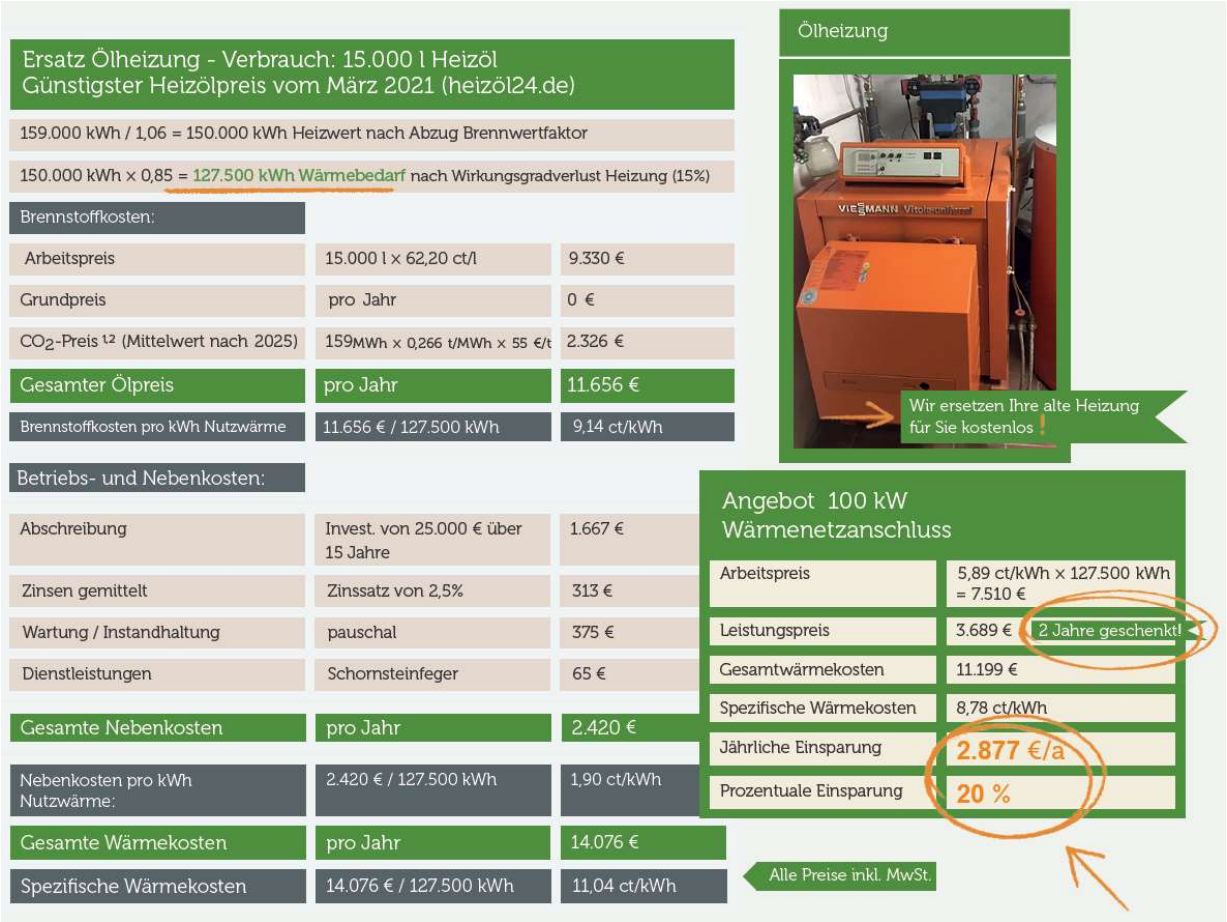
Erdgas Gasheizung 18 kW

Wir ersetzen ihre alte Heizung für sie kostenlos!

Angebot Wärmenetzanschluss 15 kW

Arbeitspreis	5,89 ct/kWh x 16.216 kWh = 955 €
Leistungspreis	827 € 2 Jahre geschenkt!
Gesamtwärmekosten	1.782 €
Spezifische Wärmekosten	10,99 ct/kWh
Jährliche Einsparung	342 €/a
Prozentuale Einsparung	16 %

Abb. 11: Vollkostenrechnung am Beispiel Einfamilienhaus „Am Marienplatz“ [Energethik]



Ersatz Ölheizung - Verbrauch: 15.000 l Heizöl Günstigster Heizölpreis vom März 2021 (heizöl24.de)		
159.000 kWh / 1,06 = 150.000 kWh Heizwert nach Abzug Brennwertfaktor		
150.000 kWh x 0,85 = 127.500 kWh Wärmebedarf nach Wirkungsgradverlust Heizung (15%)		
Brennstoffkosten:		
Arbeitspreis	15.000 l x 62,20 ct/l	9.330 €
Grundpreis	pro Jahr	0 €
CO_2-Preis [1,2] (Mittelwert nach 2025)	159MWh x 0,266 t/MWh x 55 €/t	2.326 €
Gesamter Ölpreis	pro Jahr	11.656 €
Brennstoffkosten pro kWh Nutzwärme	11.656 € / 127.500 kWh	9,14 ct/kWh
Betriebs- und Nebenkosten:		
Abschreibung	Invest. von 25.000 € über 15 Jahre	1.667 €
Zinsen gemittelt	Zinssatz von 2,5%	313 €
Wartung / Instandhaltung	pauschal	375 €
Dienstleistungen	Schornsteinfeger	65 €
Gesamte Nebenkosten	pro Jahr	2.420 €
Nebenkosten pro kWh Nutzwärme:	2.420 € / 127.500 kWh	1,90 ct/kWh
Gesamte Wärmekosten	pro Jahr	14.076 €
Spezifische Wärmekosten	14.076 € / 127.500 kWh	11,04 ct/kWh

Abb.12: Vollkostenrechnung Großabnehmer [Energethik, CO_2-Preis, CO_2-Faktoren]

Die Vollkostenrechnungen stellen die Einsparung pro Jahr dar und werden auf einen Zeitraum von zehn Jahren bezogen. Dieser Zeitraum gilt als übliche Laufzeit eines Wärmelieferungsvertrags [AVBFernwärmeV].

Neben den prozentualen Einsparungen ist eine weitere Besonderheit, dass dem Abnehmer in den ersten zwei Jahren kein Leistungspreis berechnet wird. Durch diese Einsparungen sollen die Kosten des Abnehmers für den von ihm durchzuführenden Anschluss der Wärmeübergabestation an seine Heizungsanlage refinanziert werden. Auch weitere Modernisierungsmaßnahmen können in diesem Zuge umgesetzt werden. So kann sichergestellt werden, dass die bestehende Heizungsanlage effizient und hydraulisch optimiert betrieben wird. Solche Maßnahmen werden durch die geltende „Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)“ der BAFA zusätzlich mit 20-30% gefördert [BEG BAFA]. Es ist denkbar, dass weitere preisliche Anreize geschaffen werden, um die Effizienz der Wärmeübergabe zu steigern. Unabhängig von den Bestrebungen der einzelnen Abnehmer gilt als Voraussetzung für einen Anschluss an das Wärmenetz die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs der Heizungsanlagen [BMWi 2021]. Vereinfacht ausgedrückt dient er der optimalen Verteilung des

Heizwassers innerhalb Ihrer Heizungsanlage (Zentralheizung mit klassischen Heizkörpern ebenso wie Fußbodenheizung). So bekommt jeder Heizkörper die Wärme die er benötigt um die Räume gleichmäßig, schnell und effizient zu heizen. Daher wird auch durch diese Maßnahme ein Mehrwert für den Abnehmer erreicht.

5.2 Wirtschaftlicher Mehrwert für den Wärmenetzbetreiber

Der durch den Bau eines Wärmenetzes erzeugte wirtschaftliche Mehrwert des Betreibers kann durch die folgenden Einnahmequellen geschaffen werden:

- Gelieferte Wärme, abgerechnet nach dem Arbeitspreis in ct/kWh
- Garantierte Wärmeleistung, abgerechnet nach dem Leistungspreis in €/kW
- Erhöhte EEG-Vergütung durch Steigerung des KWK-Nutzungsanteils

Bei Industrie- / oder Großkunden ist es möglich, je nach Nutzungsverhalten variablen Preismodelle oder Sondernutzungsverträge (beispielsweise bei höherer Abnahme im Sommer) abzuschließen.

Voraussetzung für die Realisierung eines Wärmenetzes ist eine entsprechende Rendite für die Investition. Neben einer verhältnismäßigen Preisgestaltung sind die Zuschüsse durch die geltenden Fördermöglichkeiten wesentlich. Im Falle des Wärmenetz Wolbring können folgende Förderprogramme angewandt werden:

- BAFA Wärme- und Kältenetze nach KWKG
- progres.nrw - Programmbereich Wärme- und Kältenetze
- progres.nrw - Programmbereich Markteinführung

Um die Rendite zu berechnen, wurde im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie eine Kostenermittlung und Wirtschaftlichkeitsanalyse mittels Cash-Flow-Darstellung durchgeführt. Bei der Kostenermittlung wurden vorliegende Angebote validiert, neue Preisabfragen getätigt und Gespräche mit lokalen Firmen durchgeführt. Da noch im letzten Jahr 2020 eine Erweiterung des Wärmenetzes stattgefunden hat, konnten die Investitionskosten mit Hilfe vergangener Aufträge mit einer besonderen Genauigkeit abgeschätzt werden. Die vollständige Darstellung des Cash-Flows erfolgt aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit des Wärmenetzbetreibers nicht. Die Investitionskosten, sowie die wichtigsten wirtschaftlichen Eckdaten werden aber in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 4: Zusammenfassung der Eckdaten des Cash-Flow Wärmenetz Wolbring

Änderung Cash-Flow bis 2030	**121.000 €**
Investition Rohrbau	252.000 €
Investition Tiefbau	162.000 €
Investition Wärmeübergabetechnik + MSR	125.000 €
Baunebenkosten und Reserve	157.000 €
Gesamtinvestition vor Förderung	740.000 €
Gesamtförderung	475.000 €
Förderquote	64%
Investition nach Förderung	**265.000 €**
Zinsaufwand (von der Investition)	29.000 €
Rendite vor Förderung	1,8%
Rendite nach Förderung	**5,1%**

An dieser Stelle soll klargestellt werden, dass die aktuell vorliegenden konkreten Interessensbekundungen (noch) kein wirtschaftliches Projekt zulassen. Vielmehr sollte durch die Cash-Flow-Betrachtung festgestellt werden wie ein wirtschaftliches Konzept aussehen kann und wie viele Gebäudebesitzer zusagen müssten. Hierfür mussten weitere Annahmen u.a. zur Bedarfssituation getroffen werden. Entscheidend für die Projektumsetzung ist die zu erwartende Rendite. Diese wird durch folgende Faktoren wesentlich beeinflusst:

- Anschlussquote bzw. Anzahl der Zusagen im Erschließungsgebiet
- Realer Wärmebedarf der Abnehmer in den nächsten 10 Jahren
- Rohrbaupreise: Wegen steigender Stahlpreise auf dem Weltmarkt [IKB 2021] erfuhren die Rohrbaukosten eine Preissteigerung, die sich bis Projektumsetzung weiter verändern können
- Tiefbaukosten: Unwägbarkeiten in der Trassenführung durch schwierige Bodenverhältnisse, notwendige Umverlegung bestehender Versorgungsleitungen o.ä.
- Fördersummen: Für die BAFA Förderung „Wärme- und Kältenetze“ i.H.v. 40% der ansatzfähigen Investitionskosten gilt aktuell ein beihilferechtlicher Vorbehalt, weil die beihilferechtliche Genehmigung durch die Europäische Kommission noch aussteht. [BAFA 2021]

Der tatsächliche Wärmeverbrauch obliegt dem Abnehmer und kann je nach Nutzungsverhalten (Anzahl der Personen im Haushalt oder steigendes Bewusstsein für Energieeffizienz) schwanken.

6 ZUSAMMENSCHLUSS MIT DER BIOGASANLAGE NIEMANN

6.1 PRÜFUNG DER WIRTSCHAFTLICHEN UND ÖKOLOGISCHEN PERSPEKTIVE

Analog zur BGA Wolbring wurde auch die BGA Niemann GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit der Energethik Ingenieurgesellschaft mbH zu einem regenerativen Speicherkraftwerk mit einem 600 kW und einem 1.850 kW FLEX-BHKW, einem großen Gasspeicher und einem 1.000 m³ Wärmespeicher umgebaut. Auch hier kann die Energieproduktion seit Inbetriebnahme im November 2020, jahreszeitlich wärmegeführt und tageszeitlich stromgeführt erfolgen. Da sich der Biogasprozess und die Volumina der Fermenter, in denen das Biogas erzeugt wird, wesentlich unterscheiden, ist hier eine geringere jahreszeitliche Flexibilität als bei dem SKW Wolbring möglich. Die zur geplanten Wärmeversorgung äquivalente thermische Dauerleistung in kW liegt im Falle des SKW Niemann bei ca. 600-650 $kW_{th.}$ Auch das SKW Niemann hat bereits eine ausgeprägte Wärmenutzung im Bestand. Neben hofeigenen Verbrauchern wird eine Gärtnerei versorgt, die, wie sich nach Umsetzung der Flexibilisierung zeigt, deutlich höhere Spitzenlasten beziehen kann als zuvor. Die abgenommene Wärmemenge ist dadurch ebenfalls erhöht. Über das gesamte Jahr bleibt nach Betreiberangaben eine Wärmemenge von max. 1.800 MWh_{th} übrig, die noch einer Nutzung zugeführt werden könnte. In verfügbarer thermischer Dauerleistung in der Heizperiode liegt der Wert bei ca. 150 kW_{th}. Da es sich bei dem nahegelegenen Industriepark um den größten zusammenhängenden, voll erschlossenen Industriepark in Nordrhein-Westfalen handelt (ca. 300 Betriebe mit 7.200 Beschäftigten), ist der Wärmebedarf verhältnismäßig hoch.

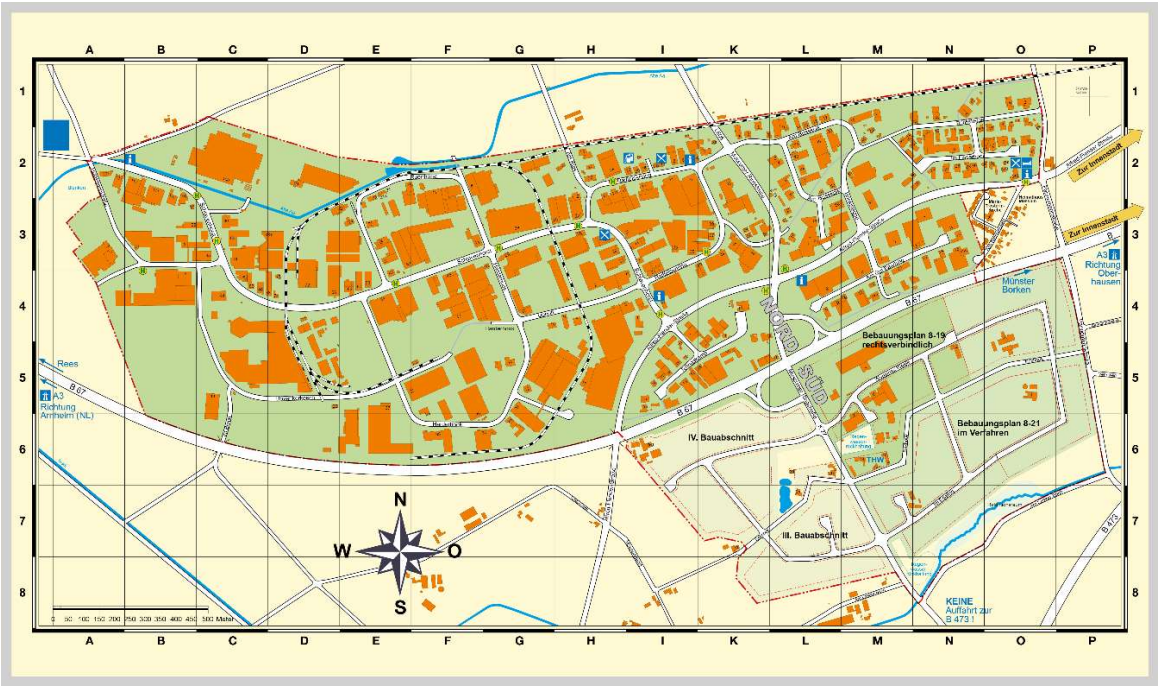


Abb. 13: Industriepark Bocholt Stand 2018 [Stadt Bocholt, Fachbereich Grundstücks- u. Bodenwirtschaft]

Die Versorgung des Industrieparks durch das SKW Wolbring und Niemann ist daher nur in einem geringen Ausmaß möglich.

6.2 Perspektive Prosumer Wärmenetz Bocholt

Um dem Industriepark trotzdem eine Perspektive für eine erneuerbare Wärmeversorgung zu bieten, könnte nach der EEG-Laufzeit eine Gasproduktionssteigerung der SKW Niemann und Wolbring erfolgen und ein weiteres Speicherkraftwerk mit flexiblen Biomethan-BHKW errichtet werden. Wenn außerdem Teile des Abwärme-Potenzials im Industriepark genutzt werden könnten, wäre es möglich ein sogenanntes Prosumer Wärmenetz zu realisieren. Die folgende Darstellung soll deutlich machen was darunter zu verstehen ist:

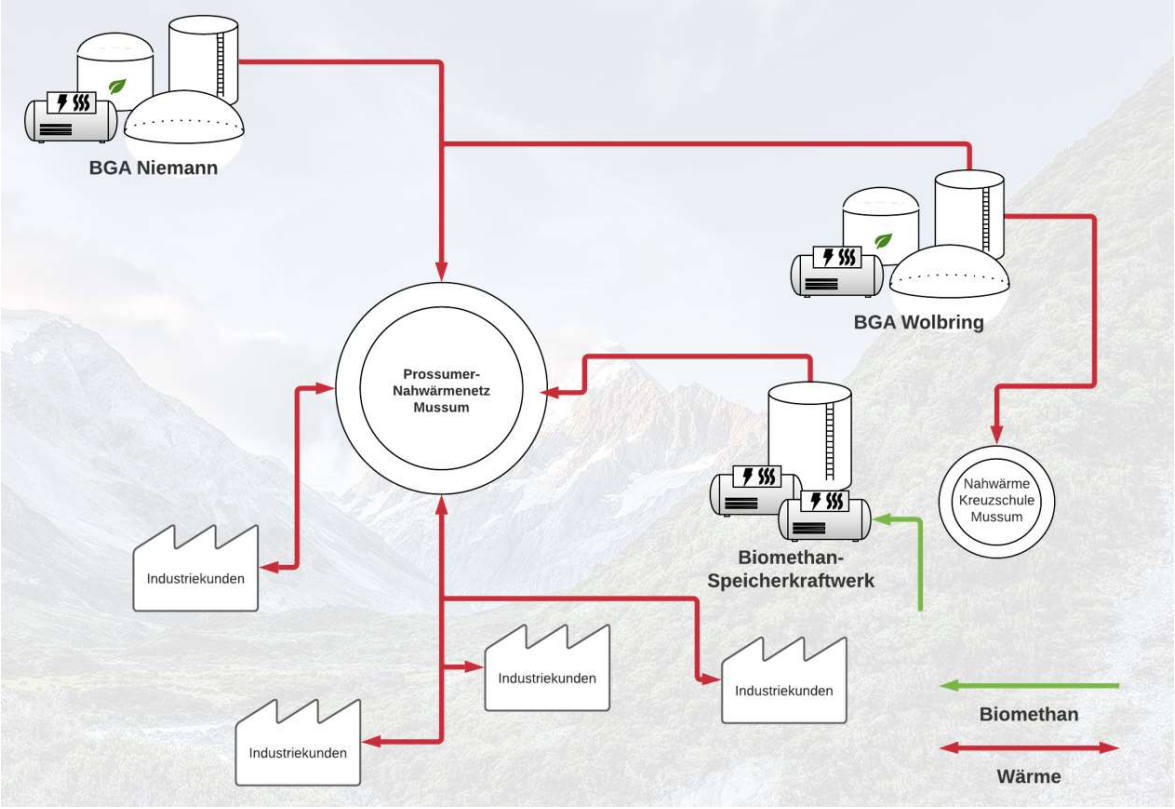


Abb. 14: Schematische Darstellung Prosumer Wärmenetz Bocholt

In der Darstellung ist zu erkennen, dass es nun drei Erzeugungsstandorte gibt, die alle in ein Wärmenetz einspeisen. Die Wärme fließt aber nicht immer nur zu den Industrieabnehmern, sondern auch von der Industrie in die Speicher bzw. direkt zu anderen Industrieabnehmern. Das vorliegende Abwärme-Potenzial müsste analysiert werden, um zu klären, ob und wie es nutzbar gemacht werden könnte.

Die Rahmenbedingungen für den Bau von zusätzlichen hochflexiblen Biomethan-BHKWs mit 1.000 bis 2.000 Betriebsstunden pro Jahr sind hier besonders gut. Dies liegt zum einen

daran, dass bereits ein möglicher Standort identifiziert wurde und zum anderen daran, dass eine Hochdruck-Gasleitung und das Mittelspannungsnetz in direkter Nähe verlaufen.
Als ersten Schritt könnte eine groß dimensionierte Wärmenetz-Hauptleitung ins Herz des Industrieparks verlegt werden um Abwärme nutzbar zu machen und gleichzeitig die ersten Industrieabnehmer anzuschließen. Diese könnten zu Beginn vornehmlich die überschüssige Wärme der bestehenden Speicherkraftwerke beziehen.

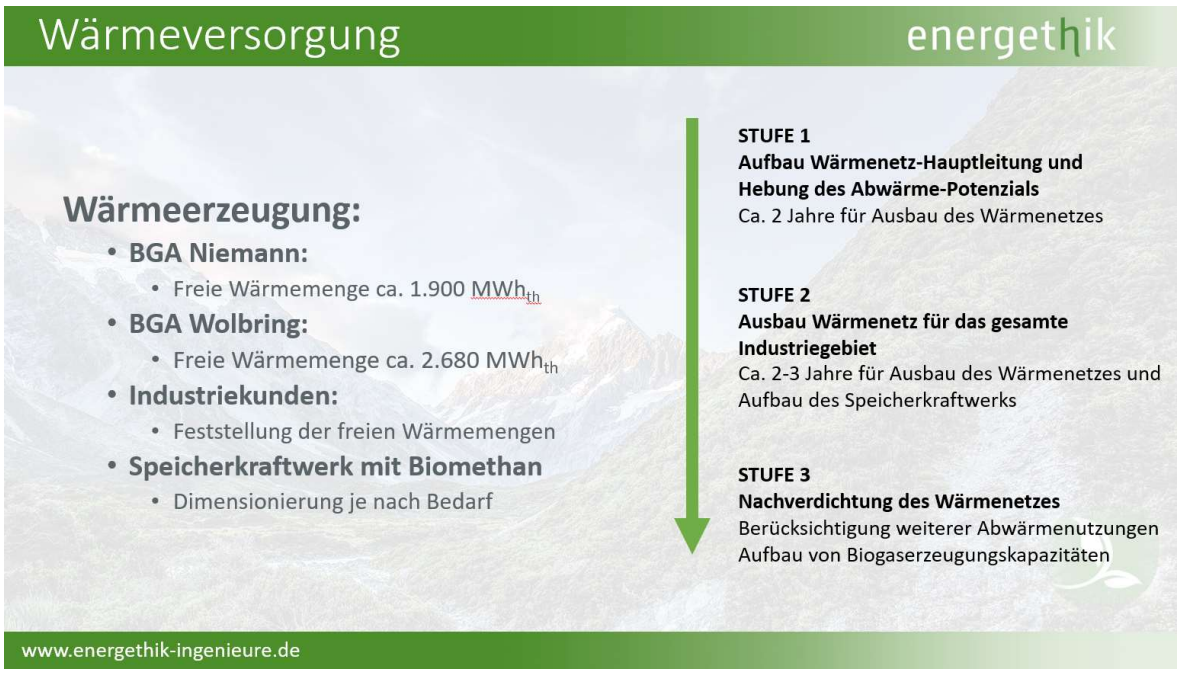


Abb. 15: Projektplan Prosumer Wärmenetz Bocholt

Um die Machbarkeit eines solchen Vorhabens näher zu untersuchen wäre ein weiterer Antrag beim Projekt WIEfm für das Prosumer Wärmenetz und Speicherkraftwerk Bocholt denkbar. Die folgenden Auswahlkriterien könnten alle erfüllt werden:

- Optimale Nutzung der Restwärme zwischen Industrieunternehmen
- Einrichtung von Wärmesystemen zwischen Landwirtschaft, Wohnungsbau und öffentlichen Einrichtungen
- Modernisierung und Neubau von Wärmenetzen, wobei insbesondere der Einsatz und die Integration erneuerbarer Energien im Vordergrund stehen
- Gemeinschaftliche Sanierungs- und Effizienzprojekte im Wärmebereich

Ergänzend zu Abwärmenutzung könnten Power-To-Heat Technologien, wie beispielsweise Elektrodenkessel, eingesetzt werden. So könnten Stromüberschüsse einer effizienten und sinnvollen Nutzung zugeführt und gleichzeitig das Abschalten von Windkraftwerken verhindert werden. Ob und wie weit die Perspektive eines Prosumer Wärmenetzes in Bocholt weiterverfolgt wird, ist zunächst abhängig von der Entscheidung über die zeitnahe Erweiterung des Wärmenetz Wolbring.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Machbarkeitsstudie ist ein wesentlicher Schritt zur Erreichung des gemeinsamen Zieles erneuerbare Energien nutzbar zu machen und so schnell wie möglich fossile Energieträger zu ersetzten. Durch die Kombination der Eigenschaften des Kraftwerks und der Energiespeicher sind die besonderen Rahmenbedingungen für das Wärmenetzprojekt geschaffen worden. Die Erzeugung der Energie erfolgt durch hocheffiziente und leistungsstarke Blockheizkraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung – intelligent, nachhaltig und abhängig vom Bedarf. Durch die Machbarkeitsstudie konnte gezeigt werden, dass das Speicherkraft Wolbring ein wirtschaftliches Wärmenetz aufbauen kann. Durch die Maximierung der Wärmenutzung der BGA Wolbring würde die Zukunftsfähigkeit des Speicherkraftwerks erhöht, und die Konkurrenzfähigkeit im EEG-Ausschreibungsprozess durch die Einnahmen des Wärmeverkaufs gesteigert. Der Weiterbetrieb des Speicherkraftwerks Wolbring könnte daher bei Umsetzung des Projekts entscheidend unterstützt werden.

Der Bau des regenerativen Speicherkraftwerks und Wärmenetzes hat und wird auch in Zukunft besondere Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Somit könnte das Vorhaben zum Leuchtturmprojekt in der Region werden, um weitere Interessenten für nachhaltige Wärmeversorgung zu gewinnen. Außerdem würde der regionale Wertschöpfungskreislauf durch das Projekt deutlich erhöht werden, da die in der Region produzierten Substrate direkt vor Ort zur Energieversorgung genutzt werden. Durch diese „Heimatenergie“ würden die Abnehmer vollständig unabhängig von fossilen Brennstofflieferungen sein. Das Speicherkraftwerk, mit seinem großen Wärmespeicher und Mittelspannungs-Stromanschluss, schafft zudem die Voraussetzung dafür mittelfristig durch andere Technologien erweitert zu werden. Auch die Biogasanlage Niemann könnte von den Erfahrungen der Wolbring GbR profitieren und zukünftig gemeinsam für einen Ausbau der erneuerbaren Wärmeversorgung in der Region sorgen, auch wenn der derzeitige Zusammenschluss nicht wirtschaftlich sinnvoll ist.

Zu Beginn der Machbarkeitsstudie wurde angestrebt, dass die Versorgung der ersten Wärmeabnehmer noch im Jahr 2021 erfolgen soll. In welcher Form das Wärmenetz der Wolbring erweitert wird und ob die Anschlussquoten für eine Erschließung des Wohngebiets ausreichen, soll im Mai 2021 entschieden sein.

8 VERZEICHNISSE

8.1 QUELLENVERZEICHNIS

aqotec GmbH
Übergabestationen für Nahwärme und Fernwärme im Überblick
https://aqotec.com/produkte/nah-und-fernwaermestation/
Zugriff im März 2021

AVBFernwärmeV
Verordnung über allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme
§ 32 Laufzeit des Versorgungsvertrages

BAFA 2021
https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kraft_Waerme_Kopplung/Waerme_Kaeltenetze/waerme_kaeltenetze_node.html
Zugriff im März 2021

BEG BAFA
Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) - BAFA
https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/effiziente_gebaeude_node.html
Stand März 2021

BMWi 2021
Der hydraulische Abgleich
https://www.deutschland-machts-effizient.de/KAENEF/Redaktion/DE/Standardartikel/Dossier/A-hydraulischer-abgleich-1.html
Stand März 2021

CO_2-Steuer
Klimapaket der Bundesregierung
(20.12.2019)

CO_2-Faktoren
BAFA Merkblatt zu den CO2 Faktoren
(01.01.2019)

Energethik
Sämtliche Darstellungen, Abbildungen und Berechnungen ohne weitere Quellenangabe stammen von der Energethik Ingenieurgesellschaft mbH und sind urheberrechtlich geschützt.

FH Münster 2019
Prof. Dr.-Ing. Christof Wetter
Dr.-Ing. Elmar Brügging
Dipl.-Geogr. Hinnerk Willenbrink
Klaus Russell-Wells M.Eng
http://www.wiefm.eu/wp-content/uploads/2017/11/2018-02-20-Bericht-W%C3%A4rmenetzbenchmark_web.pdf
Zugriff im März 2021

IKB 2021
Stahlindustrie 2021: Steigende Vormaterialpreise bei wachsender Nachfrage
https://www.ikb-blog.de/stahlindustrie-2021-steigende-vormaterialpreise-bei-wachsender-nachfrage/
Zugriff im März 2021

KfW 2021
Förderkredit mit Tilgungszuschuss für Wärme
Erneuerbare Energien – Premium
https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/
Zugriff im März 2021

8.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung	Seite
Hof und Speicherkraftwerk Wolbring	1
Vereinfachte Darstellung FLEX-BHKW Typ MWM TCG 2020 V20 mit maximaler Wärmeauskopplung	3
Jahreszeitliche Wärmeproduktion SKW Wolbring (Planung für 2022)	4
Erschließungsgebiet Wärmenetz Wolbring	6
Vorteile eines Anschlusses ans Wärmenetz Wolbring	7
Trassenplan Wärmenetz Wolbring	10
Wärmeübergabestationen	12
Modell Wärmespeicher 1.000 m³	13
Darstellung Größenordnung Kostenvergleich Nahwärme	14
Vollkostenrechnung am Beispiel Heimathaus Mussum	15
Vollkostenrechnung am Beispiel Einfamilienhaus „Am Marienplatz“	15
Vollkostenrechnung Großabnehmer	16
Industriepark Bocholt Stand 2018	19
Schematische Darstellung Prosumer Wärmenetz Bocholt	20

Projektplan Prosumer Wärmenetz Bocholt	21

8.3 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle	**Seite**
Wärmebedarf Bestand und Wärmeerzeugung 2022	4
Wärmespeicherkapazität	5
Wärmebedarf interessierter Gebäudebesitzer	9
Zusammenfassung der Eckdaten des Cash-Flow Wärmenetz Wolbring	18

8.4 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BHKW	Blockheizkraftwerk
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BImSchV	Bundes-Immissionsschutz-Verordnung
BGA	Biogasanlage
ca.	circa
EFH	Einfamilienhaus
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FLEX-BHKW	Flexibles Blockheizkraftwerk
SKW	Speicherkraftwerk
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MFH	Mehrfamilienhaus
MSR	Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik
WiEfm	Wärme in der Euregio – fokussieren und modernisieren