Kommunalunternehmen Marktredwitz

Klimaschutzteilkonzept Integrierte Wärmenutzung in einem Stadtteil und Umfeld einschließlich Wärmepotenziale der Kläranlage

Förderkennzeichen 03K02235

Abschlussbericht Oktober 2016

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Projektträger Jülich
Forschungszentrum Jülich

NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Klimaschutzteilkonzept Integrierte Wärmenutzung

Förderkennzeichen 03K02235

Abschlussbericht Oktober 2016

Erstellung des Abschlussberichts:

Bastjan Kebinger Dipl.-Ing. (FH)

Tel.: 0961 38911-28
Mobil: 0170 9173801

COPLAN AG
Bismarckstraße 21
92637 Weiden

e-mail: bastjan.kebinger@coplan-online.de

Andreas Huber M.Sc.

Tel.: 08721 705-222

COPLAN AG
Hofmark 35
84307 Eggenfelden

e-mail: andreas.huber@coplan-online.de

Adam Bürger

Tel.: 08072 4846080

b.r.e balance in renewable energies
Am Wiesenrain 4 a
83527 Haag i. OB

e-mail: a.buerger@bre-biogas.com

Haag, Weiden im Oktober 2016

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 7
1.1 Vorgehensweise 7
1.2 Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung 8
1.3 Organisationsstruktur und Aufgabenverteilung 9
2 POTENZIALANALYSE NAHWÄRMENETZ 11
2.1 Grundlagen 11
2.2 Eingrenzung des Untersuchungsraums 12
2.3 Bestandsanalyse 15
2.4 Akteursbeteiligung 16
2.4.1 Ermittlung des Energieverbrauchs 16
2.4.2 Ermittlung der Energieträgeranteile 19
2.5 Energiebilanzierung 21
2.6 Technische Konzeption 22
2.6.1 Variante 1 24
2.6.2 Variante 2 26
2.6.3 Zusammenfassung Nahwärmenetz 28
2.7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 29
3 POTENZIALANALYSE ORGANISCHER ABFÄLLE UND RESTSTOFFE AUS DER REGION 31
3.1 Intention 31
3.2 Projektbeschreibung 31
3.3 Vorgehensweise (Akteursbeteiligung) 32
3.3.1 Auswertungen der Befragung 33
3.3.2 Ergebnis schriftliche Befragung der regionalen Unternehmen 33
3.3.3 Zusammenfassung der möglichen Co-Substrate nach Art (Fraktion) und Jahresanfall in Tonnen 34

3.3.4 Ermittlung der Energieinhalte nach Tabelle Bioabfallverordnung (BioAbfV) 35
3.4 Grundlagen zur Bestimmung möglicher Anlagen-Leistungsdaten 36
3.5 Projektanforderungen durch behördliche Genehmigung und das gültige EEG (EEG 2014 / 2017) 36
3.6 Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 39
3.7 Klimaschutz durch Biogas – Treibhausgas-Bilanz 42
3.8 Zusammenfassung und Ergebnisbetrachtung Biogas 44
3.8.1 Hemmnisse 44
3.8.2 Ergebnisse 45
3.8.3 Maßnahmenkatalog Biogas 46
3.8.4 Ausblicke - Wesentliche Entscheidungen zum Projektbeginn 47
3.8.5 Teilresumee Biogas 47
4 POTENZIALANALYSE KLÄRSCHLAMMTROCKNUNG 48
4.1 Anlagen zur Klärschlammtrocknung 49
4.1.1 Konvektionstrockner 49
4.1.2 Kontakttrockner 49
4.1.3 Multifunktionstrockner 49
4.2 Solarunterstützte Klärschlammtrocknung 52
4.3 Hydrothermale Carbonisierung 54
4.4 Klimawirksame Einsparungen 55
5 SONSTIGE POTENZIALE 56
5.1 Energie aus Abwasser 56
5.2 Kleine Wasserkraft 58
5.3 Wärmerückgewinnung Verdichterstation 58
6 ABSCHLIESSENDE GESAMTBETRACHTUNG 60
6.1 Gesamt CO_2-Bilanzierung 60
6.2 Umsetzungs- und Controlling-Konzept 62

6.3 Controlling zum Nahwärmekonzept 63

6.4 Kommunikationsstrategie 65

6.5 Zusammenfassende Maßnahmenempfehlung 67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ablaufschema zur Öffentlichkeitsarbeit (Quelle: Eigene Darstellung) 8
Abbildung 2: Einbindung wichtiger Akteure in der Verwaltungsstruktur 10
Abbildung 3: Untersuchungsgebiet zum Klimaschutzteilkonzept (Quelle: Geodaten) 12
Abbildung 4: Untersuchungsraum 1 und 2 zur Nahwärmenutzung (Quelle: Geodaten) 14
Abbildung 5: Mögliche Standorte einer Biogasanlage mit Wärmezentrale (Quelle: Geodaten) 22
Abbildung 6: Wärmenetz - Variante 1 24
Abbildung 7: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 1A (Quelle: SOPHENA) 25
Abbildung 8: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 1B (Quelle: Sophena) 25
Abbildung 9: Wärmenetz - Variante 2 26
Abbildung 10: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 2A (Quelle: Sophena) 27
Abbildung 11: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 2B (Quelle: Sophena) 27
Abbildung 12: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 1A (Quelle: SOPHENA) 28
Abbildung 13: Wärmegestehungskosten der Variante 1A 30
Abbildung 14: Verfahrensschema Biogasanlage für organische Reststoffe (Quelle: b.r.e.) 41
Abbildung 15: THG-Emissionen: Vergleich Biogasanlage - fossiles Kraftwerk (Quelle: Fachverband Biogas) 43
Abbildung 16: Aufbau Multifunktionstrockner (Quelle: RHS Tech) 50
Abbildung 17: Jahresverlauf der Leistungsaufnahme 51
Abbildung 18: Vereinfachte Darstellung der Solaren Trocknung (Quelle: Thermo-System) 52
Abbildung 19: Möglicher Standort der solaren Trocknung incl. Entwässerung 53
Abbildung 20: Zulauf Hebewerk (links), Überlauf Rechen (rechts), Überlauf zum Sandfang (unten) 56
Abbildung 21: Zulauf und Zulauftemperatur der Kläranalage 2013 - 2015 57
Abbildung 22: Verdichterstation Belebung 59
Abbildung 23: Darstellung der Treibhausgasemissionen für Variante 1A (Quelle: SOPHENA) 60
Abbildung 24: Darstellung des PDCA-Zyklus 63
Abbildung 25: Exemplarische Darstellung der Integration eines Wärmemengenzählers (Quelle: Naturenergie Hersbruck) 64
Abbildung 26: Bekanntmachung zum Klimschutzteilkonzept auf der Homepage der Stadt Marktredwitz (Quelle: www.marktredwitz.de) 66
Abbildung 27: Beispiel für eine Informationstafel (Quelle: Bioenergie-Region Straubing-Bogen) 67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bewertungskriterien für den Geltungsbereich (Quelle: Eigene Auswertung) 12
Tabelle 2: Ergebnis der Fragebogenaktion (Quelle: Eigene Auswertung) 16
Tabelle 3: Wärmeverbrauch im Primäruntersuchungsgebiet 18
Tabelle 4: Energiebilanzierung (Quelle: Eigene Auswertung) 21
Tabelle 5: Ergebnis schriftliche Befragung der regionalen Unternehmen (Quelle: b.r.e.) 33
Tabelle 6: Zusammenfassung der möglichen Co-Substrate nach Art (Fraktion) und Jahresanfall in Tonnen (Quelle: b.r.e.) 34
Tabelle 7: Gaswerte aus Co-Substraten nach BioAbfV (Quelle: b.r.e.) 35
Tabelle 8: Potenzielle elektrische und thermische Leistungserzeugung (Quelle: b.r.e.) 36
Tabelle 9: Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger (Quelle: KEA Baden-Württemberg, Umweltbundesamt) 61
Tabelle 10: CO_2-Emissionen im Ausgangszustand und im Zustand Wärmenetz (Quelle: Eigene Berechnungen) 61

1 EINLEITUNG

Die Stadt Marktredwitz geht einen weiteren Schritt in Richtung einer nachhaltigen und zukunftsfähigen Energieversorgung. Nachdem im Jahr 2012 ein Klimaschutzkonzept und im Jahr 2015 ein Energienutzungsplan für die Stadt fertiggestellt wurden, folgt nun die Erstellung eines Klimaschutzteilkonzepts zur integrierten Wärmenutzung in einem Stadtteil und Umfeld einschließlich der Betrachtung der Wärmepotenziale der Kläranlage.
Für das Kommunalunternehmen Marktredwitz (KUM) hat dieses Projekt einen Mustercharakter hinsichtlich des Ausbaus einer modernen, energieeffizienten und klimaschonenden Wärmeversorgung.

1.1 Vorgehensweise

Die oben genannten Klimaschutzkonzepte enthalten bereits Maßnahmen zum Ausbau von Nahwärmenetzen sowie eine Empfehlung zur Erstellung von Teilkonzepten. Der Untersuchungsbereich des vorliegenden Klimaschutzteilkonzepts umfasst die Kläranlage und deren direktes Umfeld mit E-Center, ATU, bfz und Egerlandmuseum sowie das Benkerareal, ein nahegelegenes Neubaugebiet und das Naturfreibad der Stadt. In einem ersten Schritt wurde der Ist-Zustand des Untersuchungsgebiets einer ersten Analyse unterzogen und im Ergebnis der Betrachtungsraum auf ein Primäruntersuchungsgebiet reduziert. Die Datenerhebung in diesem Primäruntersuchungsgebiet erfolgte über eine Fragebogenaktion im privaten und gewerblichen Umfeld der Kläranlage. Zudem fanden mehrere Gespräche zur Datenerhebung mit den Vertretern der Gewerbebetriebe statt. Parallel zur Datenerhebung fand eine Prüfung und nähere Untersuchung weiterer Potenziale im Projektumfeld statt. Ausgehend von den anfallenden Grünabfällen der Stadt wurde untersucht inwiefern eine mögliche Vergärung des Grüngutes möglich ist. Eine Erhebung weiterer möglicher Potenziale biogener Reststoffe erfolgte ebenfalls in einer Fragebogenaktion.
Einen ebenfalls zentralen Punkt des Klimaschutzteilkonzeptes stellt die Entsorgung des auf der Kläranlage anfallenden Klärschlammes dar. Bisher wird der vorentwässerte Schlamm zur Kompostierung bzw. Rekultivierung nach Leuna verbracht. Durch den Transport des nicht vollständig getrockneten Schlammes entstehen unnötige Emissionen. Vor diesem Hintergrund galt es, mögliche Entsorgungswege und Trocknungsverfahren zu untersuchen und auf Möglichkeiten zur Integration in das zukünftige Nahwärmenetz zu prüfen. Unter dem Punkt 5 „Sonstige Potenziale“ werden die Themen „Energie aus Abwasser“, "Wärmerückgewinnung aus der Verdichterstation" sowie die „Kleine Wasserkraft“ im Kläranlagenablauf durchleuchtet.
Im Projektverlauf wurden die Öffentlichkeit und die lokalen Akteure durchgehend in den Prozess der Lösungsfindung integriert und versucht, die gewonnenen Lösungsansätze der Beteiligten in den erarbeiteten Maßnahmenkatalog zu übertragen. Der Maßnahmenkatalog bildet die Grundlage für

die abschließende Handlungsempfehlung. Diese wurde den Verantwortlichen zur Entscheidung vorgelegt.
Im weiteren Projektverlauf erfolgt die Wirkungskontrolle durch das erarbeitete Controlling-Konzept im Zusammenhang mit einer passenden Kommunikationsstrategie nach außen.

1.2 Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung

Die Öffentlichkeitsarbeit mit Beteiligung wichtiger Akteure ist ein Prozess von hoher Bedeutung für die spätere Umsetzung von Projekten. Als Orientierungshilfe für die Projektarbeit diente das vorab entwickelte Ablaufschema (vgl. Abbildung 1).

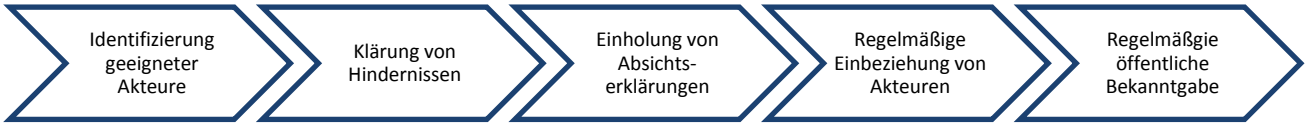

Abbildung 1: Ablaufschema zur Öffentlichkeitsarbeit (Quelle: Eigene Darstellung)

Nach einer ersten Phase der Datenerhebung wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber geeignete Akteure identifiziert und mögliche Beteiligungen geprüft. Im Verlauf der Projektbearbeitung wurden alle Beteiligten regelmäßig über den Projektstand informiert und es wurde Wert auf einen regelmäßigen Kontakt untereinander gelegt.

Nachfolgend eine Zusammenfassung wichtiger Abschnitte aus der Öffentlichkeitsarbeit:

Januar 2016:	Projektstartgespräch mit Vertretern des KUM
Februar 2016:	Erstellung eines Pressetextes zur öffentlichen Information
	Öffentlicher Pressetermin zur Vorstellung des Projektes
	Start einer Fragebogenaktion mit Einbeziehung wichtiger Akteure
März 2016:	Vorbereitung einer Fragebogenaktion zur Erfassung von biogenen Reststoffen
	Begehung der städtischen Kläranlage mit Vertretern des KUM und weiteren Akteuren
April 2016:	Besprechung mit relevanten Akteuren hinsichtlich Energieerzeugung und Beteiligung an einem Nahwärmenetz
Mai 2016:	Sachstandbericht zur Präsentation in relevanten Gremien
Juli 2016:	Besprechung mit weiteren Akteuren bzgl. Klärschlammverwertung
Oktober 2016:	Präsentation der Ergebnisse im Rahmen der Verwaltungsratssitzung

Nach Fertigstellung des Klimaschutzteilkonzepts zur integrierten Wärmenutzung werden die Ergebnisse in öffentlichen Gremien vorgestellt.

1.3 Organisationsstruktur und Aufgabenverteilung

Die Organisation der Klimaschutz- und Energieaufgaben setzt ein strukturiertes Vorgehen bei der Koordinierung und Bündelung wichtiger Akteure und deren Aktivitäten in diesem Themenbereich voraus. Die Abstimmung der internen Verwaltungsstrukturen der Stadt Marktredwitz muss dementsprechend gestaltet werden. Im Vorfeld sind folgende Punkte zu beachten:

- Detaillierte Analyse verwaltungsinterner Akteure sowie Erarbeitung akteursspezifischer Strategien der Kommunikation
- Mobilisierung von wichtigen Bereichen der Verwaltung für den kommunalen Klimaschutz
    - KUM
        - Aktives Steuerungsorgan für die Umsetzung von Aktivitäten im Bereich Klimaschutz und Energie
        - Betreiber der kommunalen Kläranlage
    - Klimaschutzmanagerin
        - Umsetzung von Maßnahmen aus dem Klimaschutzkonzept
        - Die Pflege und Entwicklung der Netzwerke mit Akteursgruppen
        - Organisation interner und externer Veranstaltungen, Workshops, Exkursionen
        - Öffentlichkeitsarbeit
        - Bereitstellung von Informations- und Beratungsmaterialien
        - Fortschreibung der CO_2-Bilanz
    - Weitere Einrichtungen
        - Stadtbauamt
        - Stadtwerke

Abbildung 2 zeigt die Einbindung der wichtigen Akteure in die derzeitige Verwaltungsstruktur der Stadt Marktredwitz. Zur Umsetzung möglicher Maßnahmen sollten diese Stellen mit einbezogen werden, damit ein reibungsloser Ablauf gewährleistet werden kann.
Federführend für die Umsetzung ist das KUM als Antreiber im Bereich der Projekte in Sachen Klimaschutz und Energie. Unterstützt sollen die Maßnahmen von der Klimaschutzmanagerin werden, die v.a. im Bereich der Pflege von Netzwerken und der Öffentlichkeitsbeteiligung aktiv beteiligt ist.

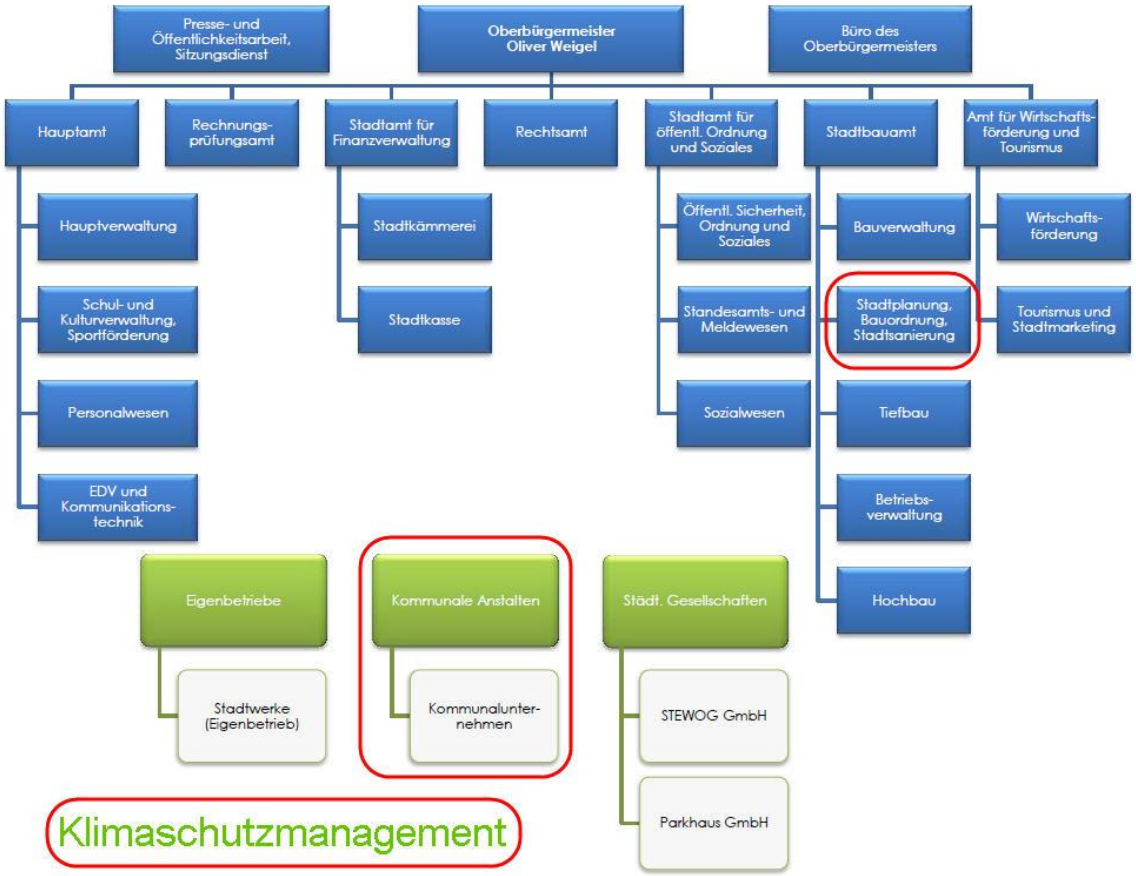

Abbildung 2: Einbindung wichtiger Akteure in der Verwaltungsstruktur

2 POTENZIALANALYSE NAHWÄRMENETZ

2.1 Grundlagen

Bei der Erstellung eines Klimaschutzteilkonzepts zur integrierten Wärmenutzung gilt es innerhalb eines Projektgebiets alle Möglichkeiten der Wärmeerzeugung und potenzielle Wärmeabnehmer zusammenzuführen.
In die vorliegenden Überlegungen wurden die Ergebnisse aus bereits bestehenden Konzepten für die Stadt Marktredwitz einbezogen. Dabei handelt es sich um

- das Integrierte Klimaschutzkonzept für die Stadt Marktredwitz aus dem April 2012 und
- den Energienutzungsplan für die Stadt Marktredwitz aus dem Februar 2015.

Als Ergebnis des Klimaschutzkonzeptes wurden bereits Maßnahmen zum Ausbau von Nahwärmenetzen und eine Erstellung von Teilkonzepten empfohlen. Bei der Erstellung des Energienutzungsplans wurden drei potenzielle Wärmenetze in einem tieferen Detailgrad untersucht. Diese werden nun im Rahmen einer Machbarkeitsstudie hinsichtlich Ihrer Umsetzungsfähigkeit überprüft.
Basierend auf den bereits vorhandenen Erkenntnissen wurde für die Überprüfung einer Wärmeversorgung im Rahmen des vorliegenden Klimaschutzteilkonzepts ein Geltungsbereich mit insgesamt sieben Einzelbereichen festgelegt (vgl. Abbildung 3).

Dieser Geltungsbereich, der mit Vertretern des Auftraggebers abgestimmt wurde, umfasst:

1. Kläranlage
2. Primäruntersuchungsgebiet mit E-Center, ATU, bfz, Egerlandmuseum
3. Neubaugebiet
4. Benker-Areal
5. Biogasanlage in Wölsau als möglicher Wärmelieferant
6. Mischwerk Hilgarth (Klärschlamm als Ersatzbrennstoff)
7. Naturfreibad

Es wurde festgelegt, dass die Angaben für das Primäruntersuchungsgebiet (Gebiet 2) im Zuge einer Fragebogenaktion gesammelt werden. Die Daten für die weiteren Bereiche wurden durch persönliche Erhebungen zusammengetragen. Eine Auswertung für die Eingrenzung des Geltungsbereichs findet im Anschluss an die Datenerhebung statt.

Abbildung 3: Untersuchungsgebiet zum Klimaschutzteilkonzept (Quelle: Geodaten)

2.2 Eingrenzung des Untersuchungsraums

Basierend auf ersten Überlegungen zum Umfang des Geltungsbereichs wurde ein Untersuchungsraum entwickelt, der hinsichtlich einer zentralen Wärmeversorgung mit einer hohen Priorität und Umsetzungsfähigkeit zu bewerten ist. Die Bewertungskriterien sind in folgender Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Bewertungskriterien für den Geltungsbereich (Quelle: Eigene Auswertung)

Gebiet	Kriterien	Weitere Betrachtung
1	- Vollständige Angaben durch Stadt Marktredwitz - Wichtiger kommunaler Energieverbraucher und möglicher Energielieferant - Wichtiges Potenzial hinsichtlich klimaschutzfreundlicher und zukunftsfähiger Nutzung von Reststoffen - Möglicher Standort für neue Biogasanlage auf Basis biogener Reststoffe	**Ja**

Gebiet	Kriterien	Weitere Betrachtung
2	- Untersuchungsraum mit gemischter Nutzung (Private Wohnhäuser, Mehrfamilienhäuser, Gewerbe) - Nähe zu möglichen Energieerzeugern an Kläranlage ➔ Möglichkeit eines Nahwärmeverbundes - Große Wärmeabnehmer mit Unternehmen und Mehrfamilienhäusern auf relativ engem Raum	**Ja**
3	- Zukünftig geplantes Neubaugebiet mit bisher keinen detaillierten Angaben - Wärmekonzept für Neubaugebiet als separate Detailplanung vor Erschließung sinnvoll - Neue Entwicklungen hinsichtlich kalter Nahwärmenetze und saisonaler Wärmespeicherung sind zu beachten	**Nein**
4	- Aktuelles Projekt der Stadtentwicklung Marktredwitz - Zum Stand der Projektbearbeitung finden Abbrucharbeiten der alten Fabrikgebäude statt - Anschließend Architektenwettbewerb für Gestaltung eines neuen Stadtteils - Betrachtung der Energieversorgung in separater Studie nach Festlegung der zukünftigen Gestaltung sinnvoll	**Nein**
5	- Potenziale zur möglichen Wärmeerzeugung wurden erhoben - Beteiligung an möglichem Wärmekonzept ist grundsätzlich möglich - Anbindung an Wärmekonzept im Stadtgebiet aufgrund von technisch aufwendiger Querung der Autobahn wirtschaftlich kaum interessant	**Nein**
6	- Möglichkeit einer Beteiligung hinsichtlich Klärschlammnutzung - Klärung erst sinnvoll, wenn die weitere Vorgehensweise nach Projektabschluss geklärt ist	**Nein**
7	- Naturfreibad liegt am südlichen Ende der Stadt - Für ein natürliches Gewässer ist eine künstliche Erwärmung nur bedingt zu empfehlen - Gegebenenfalls ist die Umsetzung eines mobilen Wärmetransports zu prüfen	**Nein**

Auf Grundlage dieser Bewertung wurde in Abstimmung mit dem Auftraggeber ein Untersuchungsraum festgelegt, der die Gebiete 1 und 2 umfasst (vgl. Abbildung 4). Im weiteren Schritt einer detaillierten Potenzialanalyse werden somit die Angaben zum Energieverbrauch und zur Energieerzeugung im Bereich der Kläranlage Marktredwitz, dem Gewerbegebiet entlang der Wölsauer Straße und dem Siedlungsgebiet nördlich der Wölsauer Straße untersucht.

Abbildung 4: Untersuchungsraum 1 und 2 zur Nahwärmenutzung (Quelle: Geodaten)

Die Besonderheit in diesem Gebiet besteht darin, dass sowohl unterschiedliche Potenziale hinsichtlich einer nachhaltigen Wärmeerzeugung vorhanden sind, als auch eine ausgewogene Struktur möglicher Wärmeabnehmer.
In den nachfolgenden Ausführungen werden die Ergebnisse der Potenzialanalyse dargestellt, welche in die erste Analyse und Planung einer möglichen Wärmeversorgung im Projektgebiet übergehen.

2.3 Bestandsanalyse

Um einen umfassenden Überblick zu den möglichen Potenzialen hinsichtlich einer zentralen Wärmeversorgung über ein Wärmenetz zu erhalten, müssen zunächst die wichtigsten Rahmenbedingungen geklärt sein. Dabei gilt es Möglichkeiten einer nachhaltigen Wärmeerzeugung zu prüfen und Daten möglicher Wärmeabnehmer zu sammeln.
Zunächst wird ein Überblick zu Energieerzeugung und -verbrauch im Projektgebiet gegeben. Die Struktur der Gebäude ist sehr heterogen. Das Umfeld wurde zur Datenerfassung grob in zwei Bereiche, nördlich und südlich der Wölsauer Straße, eingeteilt.
Im nördlichen Bereich der Wölsauer Straße ist eine dichte Wohnbebauung vorhanden. Dabei ist zwischen Ein- und Zweifamilienhäusern, Reihenhaussiedlungen und großen Mehrfamilienhäusern zu unterscheiden. Südlich der Wölsauer Straße dominiert neben einzelnen Einfamilienhäusern vor allem eine gewerbliche und öffentliche Bebauung. Der effizienteste Weg der Datenerhebung im privaten und gewerblichen Umfeld war hierbei die Durchführung einer Fragebogenaktion, gestützt von einer ersten Ortsbegehung.
Zusätzlich wurden Angaben der öffentlichen Einrichtungen über die Stadt Marktredwitz erhoben. Gewerbliche Nutzer wurden zunächst ebenfalls per Fragebogen dazu aufgerufen sich an der Datenerhebung zu beteiligen. Anschließend fanden zusätzlich persönliche Gespräche statt, um genaue Datengrundlagen zu erhalten.

Ablauf der Datenerhebung:

- Angaben der Stadt Marktredwitz zum Energieverbrauch der Kläranlage vom 25.01.2016
- Einarbeitung von Erkenntnissen aus der Begehung der kommunalen Kläranlage und neuer Angaben vom 17.03.2016
- Start der Fragebogenaktion im Anschluss an einen öffentlichen Pressetermin am 23.02.2016
- Ortsbegehung am 23.02.2016 mit Fotodokumentation
- Rücklauffrist der Fragebögen bis 21.03.2016
- Auswertung der zurückgesendeten Fragebögen bis 05.04.2016
- Besprechung zur Vereinbarung der weiteren Vorgehensweise
- Projektbesprechung mit möglichen gewerblichen und öffentlichen Wärmeabnehmern am 28.04.2016 mit aktualisierter Datenerhebung
- Berücksichtigung von Angaben zum Potenzial biogener Reststoffe
- Berücksichtigung weiterer Potenziale und der Alternativoption Klärschlammtrocknung

2.4 Akteursbeteiligung

2.4.1 Ermittlung des Energieverbrauchs

Wie bereits dargestellt, wurde zur Datenerhebung eine Fragebogenaktion durchgeführt, die am 23.02.2016 gestartet wurde und zum 21.03.2016 endete. Es wurden zwei unterschiedliche Fragebögen für private und gewerbliche Gebäude erstellt und versendet. Um einen umfassenden Einblick in den Zustand der Gebäude zu erhalten, wurden neben allgemeinen Angaben, Fragen zum Sanierungszustand, zur aktuellen Wärmeversorgung und den Verbrauchswerten gestellt. Zusätzlich wurde nach der Bereitschaft zum Anschluss an ein Nahwärmenetz gefragt. Die ausgefüllten Fragebögen wurden von der städtischen Klimaschutzmanagerin an die COPLAN AG weitergeleitet.
Tabelle 2 zeigt eine Auswertung zum Rücklauf der Fragebögen.

Tabelle 2: Ergebnis der Fragebogenaktion (Quelle: Eigene Auswertung)

Bereich	Versandte Fragebögen	Rücklauf	Anteil	Interesse Nahwärme
Private Wohnhäuser	140	23	16,4 %	11
Mehrfamilienhäuser	10	10	100,0 %	0
Öffentliche Einrichtung	1	1	100,0 %	1
Gewerbe	8	0	0,0 %	0
Summe	**159**	**34**	**21,4 %**	**12**

Der Rücklauf der Fragebögen war mit einem Gesamtanteil von 21,4 % insgesamt zufriedenstellend. Es ließen sich folgende Ergebnisse ableiten:

- Der Rücklauf und somit das Interesse privater Haushalte ist eher gering. Möglicherweise könnte dies durch eine Informationsoffensive geändert werden.
- Aus den Angaben der privaten Wohnhäuser lässt sich ableiten, dass durchaus ein Potenzial für eine zentrale Wärmeversorgung in diesem Bereich gegeben wäre:
    - Etwa 50 % der Heizungen sind 15 Jahre oder älter,
    - Hauptenergieträger sind Erdgas und Heizöl, teilweise unterstützt durch Scheitholz,
    - knapp 50 % der Rückmeldungen haben auch Interesse am Anschluss an ein Nahwärmenetz. Allerdings oftmals mit der Vorgabe eines wirtschaftlichen Vorteils gegenüber der aktuellen Wärmeversorgung.
- Die großen Mehrfamilienhäuser im Eigentum von Wohnungsbaugesellschaften und Genossenschaften wurden erst in den vergangenen zwei Jahren (2014/2015) saniert und mit einer neuen Heiztechnik ausgestattet. Daher besteht kein Interesse am Anschluss an ein Nahwärmenetz.

- Das Egerland-Kulturhaus als öffentliche Einrichtung wird aktuell im Jahr 2016 energetisch saniert. Die Einbindung in eine Nahwärmeversorgung ist seitens der Stadt denkbar.
- Von den gewerblichen Gebäuden wurde kein Fragebogen zurückgesendet. Daher wurde vereinbart mit diesen Unternehmen persönlich in Kontakt zu treten.

Als Fazit der Fragebogenaktion lässt sich festhalten, dass eine zentrale Wärmeversorgung der privaten Wohnhäuser im Bereich nördlich der Wölsauer Straße derzeit keine sinnvolle Alternative darstellt. Die großen Mehrfamilienhäuser fallen aufgrund der durchgeführten energetischen Sanierungsmaßnahmen mit Erneuerung der Heiztechnik als große Wärmeabnehmer weg. Die übrigen Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Reihenhäuser zeigen ein zu geringes Interesse am Aufbau einer Nahwärmeversorgung. Zudem zeigt die Auswertung, dass der Wärmebedarf zu gering ist, um ein wirtschaftlich tragfähiges Konzept auf Basis der bereits durchgeführten Befragung aufzustellen. Somit wurde in Abstimmung mit den Vertretern des KUM beschlossen, dass man sich im weiteren Verlauf der Studie auf eine mögliche Wärmeversorgung des Gebiets südlich der Wölsauer Straße konzentriert und das persönliche Gespräch mit Eigentümern der gewerblichen Gebäude an der Wölsauer Straße sucht. Die Angaben des Egerland-Kulturhauses wurden einerseits über den Fragebogen abgegeben, andererseits wurde im Zuge des Klimaschutzkonzepts im April 2012 eine Gebäudeanalyse erstellt, die wichtige Datengrundlagen enthält.

Akteursbeteiligung Gewerbe

Nachdem durch die Fragebogenaktion keine Rückmeldung hinsichtlich des Energieverbrauchs der umliegenden Unternehmen gegeben wurde, fand eine direkte Kontaktaufnahme zu Vertretern der großen Energieverbraucher im Projektgebiet statt. Am 28.04.2016 fand eine Besprechung mit Vertretern des KUM und Vertretern der ansässigen Unternehmen statt. Dabei wurde die Umsetzung einer Nahwärmeversorgung diskutiert und die Zusendung der ausstehenden Fragebögen bis zum 04.05.2016 festgelegt. Die Angaben wurden fristgerecht zurückgesendet und werden in den folgenden Berechnungen berücksichtigt.

Datenerhebung Kläranlage

Die grundlegende Idee hinsichtlich der Integration der Kläranlage als kommunale Liegenschaft in das Klimaschutzteilkonzept ist die Optimierung der Nutzung von Energie aus der Verwertung von Reststoffen. Zur Betriebsoptimierung der Kläranlage wurden bereits mehrere Maßnahmen ergriffen. In weiteren Schritten soll die Energie, die im Zuge der Abwasserreinigung gewonnen werden kann, sinnvoll und effizient genutzt werden.

Bereits kurz nach Projektstart konnten Ende Januar 2016 die Angaben des Energieverbrauchs der Kläranlage zur Bilanzierung herangezogen werden. Diese wurden gestützt durch Jahresberichte der Kläranlage aus den Jahren 2013-2015 mit allen relevanten Angaben zu Prozessparametern sowie Energieverbrauch der Kläranlage. Weiterhin wurden Angaben zum installierten BHKW in der Kläranlage gemacht und zusätzliche Planunterlagen übergeben. Hinsichtlich des Wärmeverbrauchs kann der Erdgasverbrauch der Heizung aus den Jahren 2012-2015 zugrunde gelegt werden.

Zusammenfassung

In der Energiebilanzierung werden die bereits beschriebenen Angaben zusammengefasst, um eine Übersicht des thermischen und des elektrischen Energieverbrauchs im Untersuchungsgebiet zu erhalten.

Dabei werden folgende Verbraucher berücksichtigt:

- E-Center Marktredwitz, Berthold Schraml e.K.
- Fickert + Winterling Maschinenbau GmbH
- bfz Marktredwitz
- Egerland-Kulturhaus
- Kläranlage Marktredwitz

Für die o.g. Verbraucher ergibt sich der folgende Bedarf:

Tabelle 3: Wärmeverbrauch im Primäruntersuchungsgebiet

Wärmeverbrauch

	Energieträger	*Verbrauch*
Edeka Schraml	Erdgas	345.000 kWh
Fickert + Winterling	Heizöl	613.820 kWh
bfz	Heizöl	148.500 kWh
Egerland-Kulturhaus	Erdgas	552.135 kWh
Kläranlage	Erdgas	342.727 kWh

In der abschließenden Bilanzierung werden beim thermischen Energieverbrauch zusätzlich der prozessbedingte Verbrauch des Klärgas-BHKW und der des möglichen Biogas-BHKW berücksichtigt. Neben den genannten Wärmeabnehmern besteht auch die Möglichkeit die thermische Energie alternativ für Anlagen zur Klärschlammtrocknung zu nutzen. Die Vorgehensweise zur Ermittlung des potenziellen Wärmebedarfs wird in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

Unter Einbeziehung aller Wärmeverbraucher innerhalb des Untersuchungsgebiets ergeben sich folgende Verbrauchswerte:

Wärme: **2.100 MWh_{th}**

Strom: **2.400 MWh_{el}**

2.4.2 Ermittlung der Energieträgeranteile

Datenerhebung Privathaushalte

Aktuelle Angaben zu den Energieerzeugungsanlagen in den jeweiligen Gebäuden wurden zunächst im Zuge der Fragebogenaktion abgefragt. Die Angaben der privaten Haushalte geben dabei einen informativen Überblick hinsichtlich des Alters der Heizanlagen und daraus folgend die Notwendigkeit einer Erneuerung der Heizung. Wichtiger im Hinblick auf die Überlegungen zum Aufbau einer zentralen Nahwärmeversorgung sind bestehende und potenzielle Wärmequellen mit einer größeren Dimensionierung im gewerblichen Umfeld.

Akteursbeteiligung Gewerbe (ausgewählte Betriebe)

Neben den Energieverbrauchswerten wurden bei der Befragung der Unternehmen auch Angaben zur aktuellen Energieversorgung gesammelt. Das E-Center Marktredwitz verfügt über eine eigene Erdgasheizung mit zusätzlicher Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Fickert + Winterling Maschinenbau GmbH erzeugt ihre Energie aus zwei Heizölkesseln und versorgt zusätzlich die Gebäude des bfz Marktredwitz über eine Fernleitung mit Wärme. Die bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen befinden sich größtenteils in einem guten Zustand und könnten bei Bedarf in ein Konzept zur zentralen Wärmeversorgung integriert werden. Lediglich eine Ölheizung aus dem Jahr 1978 sollte nicht mehr berücksichtigt werden. Hier wäre eine Umrüstung zu empfehlen.

Die zur Verfügung stehende Leistung der Bestandsanlagen beläuft sich auf insgesamt 1.280 kW. Für eine mögliche Einbindung in ein Wärmenetz stehen potenziell zwei Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 680 kW zur Verfügung.

Datenerhebung öffentliche Einrichtungen

Unter dem Begriff der öffentlichen Einrichtungen werden die Angaben des Egerland-Kulturhauses und der Kläranlage Marktredwitz zusammengefasst.

Für das Egerland-Kulturhaus stehen einerseits Daten aus dem Fragebogen zur Verfügung, andererseits Angaben aus einer im Jahr 2012 stattgefundenen Gebäudeanalyse. Eine Besonderheit ist hierbei, dass derzeit im Jahr 2016 eine energetische Sanierung des Gebäudes durchgeführt wird. Dabei werden Gebäudehülle und technische Anlagen auf den aktuellen Stand der Technik gebracht. Die bestehende Heizanlage setzt sich aus zwei Erdgasheizungen aus dem Jahr 1996 zusammen. Eine Erneuerung der Heiztechnik mit neuen Erdgaskesseln oder einem Erdgas-BHKW sind mögliche Alternativen zur Anbindung an ein mögliches Nahwärmenetz.

Die kommunale Kläranlage der Stadt Marktredwitz verfügt neben einer Erdgasheizung zusätzlich über ein Klärgas-BHKW. Die potenzielle Leistung des BHKW beläuft sich auf 105 kW_{el} bzw. 166 kW_{th}. Derzeit wird das BHKW jedoch nur in Teillast mit 60 kW_{el} betrieben. Durch einen geplanten Umbau des ehemaligen Regenüberlaufbeckens, wodurch mehr Speicherplatz für Co-Substrate geschaffen werden kann, soll die Gasausbeute zukünftig erhöht werden. So kann als Potenzial zur Energieerzeugung die maximale Leistung des BHKW angenommen werden. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass ein Ziel des KUM eine vollkommene Eigenenergieversorgung der Kläranlage ist und die thermische Energie des BHKW möglichst zur Eigenversorgung genutzt werden soll. Die Einbindung in ein gemeinsames Wärmenetz widerspricht diesem Gedanken aber grundsätzlich nicht.

Aus dem Bereich der öffentlichen Einrichtungen steht eine thermische Leistung von ca. 870 kW_{th} zur Verfügung. Im Hinblick auf eine sinnvolle Einbindung in ein Wärmenetz ist vor allem die Nutzung des BHKW an der Kläranlage mit einer potenziellen thermischen Leistung von 166 kW_{th} zu berücksichtigen.

Energiepotenziale

Neben den Potenzialen aus der Datenerhebung stehen weitere mögliche Energiequellen zur Verfügung, die im Abschnitt 5 behandelt werden.

Aus Abschnitt 3 kann festgehalten werden, dass mit biogenen Reststoffen aus der Umgebung der Stadt Marktredwitz nach derzeitigem Sachstand eine Biogasanlage mit einer Leistung von 250 kW_{el} und 280 kW_{th} betrieben werden kann.

In Abschnitt 5.3 wird das Potenzial einer Nutzung der Abwärme aus den Kompressoren der Belebungsbecken ermittelt. Dieses lässt sich mit ca. 60 kW_{th} quanitifizieren.

2.5 Energiebilanzierung

Als Zusammenfassung der Bestands- und Potenzialanalyse werden nun die energetischen Quellen und Senken bilanziert und anschließend als Grundlage für ein mögliches Wärmenetz genutzt. Zusätzlich werden die Werte des Stromverbrauchs und der potenziellen Stromerzeugung angegeben, um einen umfassenden Überblick zur energetischen Ausgangssituation zu schaffen. Die Zusammenfassung ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Energiebilanzierung (Quelle: Eigene Auswertung)

Potenziale zur Energieerzeugung

BHKW Kläranlage		kW	h/d	kWh
Strom	Aktuell	60	20	438.000 kWh
	Potenzial	105	22	843.150 kWh
Wärme	Aktuell	95	20	692.457 kWh
	Potenzial	166	22	1.332.980 kWh
	abzüglich Faulturmheizung (15 %)			199.947 kWh
	Verfügbares Potenzial			**1.133.033 kWh**

Kompressoren		kW	h/d	kWh
Abwärme	Potenzial	60	20	438.000 kWh

Biogasanlage		kW	h/d	kWh
Strom	Potenzial	250	24	2.190.000 kWh
Wärme	Potenzial	280	24	2.452.800 kWh
	abzüglich Fermenterheizung (15 %)			367.920 kWh
	Hygienisierung (überschlägig)			700.000 kWh
	Verfügbares Potenzial			**1.384.880 kWh**

Stromerzeugung	Potenzial	3.033.150 kWh
Wärmeerzeugung	Potenzial	2.955.913 kWh

Stromverbrauch	2.404.744 kWh
Wärmeverbrauch	2.002.182 kWh

Deckung Strom	126%	Überschuss	628.406 kWh
Deckung Wärme	148%	Überschuss	953.731 kWh

In dieser Darstellung wird ersichtlich, dass unter den gegebenen Annahmen sowohl ein Strom-, als auch ein Wärmeüberschuss im Untersuchungsgebiet erreicht werden kann. Diese Werte werden nun in die weiteren Betrachtungen übernommen.

2.6 Technische Konzeption

Im Anschluss an die Bestands- und Potenzialanalyse wird die technische Konzeption eines möglichen Wärmenetzes untersucht. Hierbei gilt es zunächst verschiedene Möglichkeiten in Betracht zu ziehen. Diese ergeben sich durch Einschränkungen hinsichtlich des potenziellen Standorts einer neuen Biogasanlage mit Wärmezentrale bzw. durch Variationen auf Seite der Wärmeabnehmer. Im Rahmen der örtlichen Begehung des Kläranlagengeländes wurden zwei mögliche Optionsflächen als Standorte für eine Wärmezentrale besprochen (vgl. Abbildung 5). Die beiden Optionsflächen befinden sich im Eigentum des KUM.

Abbildung 5: Mögliche Standorte einer Biogasanlage mit Wärmezentrale (Quelle: Geodaten)

Der Vorteil der Optionsfläche 1 liegt darin, dass man mit einer Fläche von insgesamt ca. 31.800 m² einen großen räumlichen Freiraum besitzt. Anlagen zur Anlieferung und Lagerung sowie weitere mögliche Anlagenkomponenten, wie z.B. eine Klärschlammtrocknung, können sehr gut zusammengefügt und aufeinander abgestimmt errichtet werden. Ferner können die Rahmenbedingungen für die Zufahrt zur Anlage frei bestimmt werden. Ein Nachteil hinsichtlich einer effizienten Auslegung eines Wärmenetzes entsteht jedoch durch die größere Entfernung zu möglichen Wärmeabnehmern. So wäre dieser Standort zur reinen Wärmenutzung für die Kläranlage und mögliche Einrichtungen zur Trocknung von Klärschlamm oder weiteren biogenen Reststoffen zu bevorzugen.

Die Optionsfläche 2 hat den Vorteil einer nahtlosen Einbindung in die bestehende Peripherie der Kläranlage, wodurch ein zusätzlicher Flächenverbrauch im Umfeld vermieden werden kann. Zusätzlich sind die Nähe zu den potenziellen Wärmeabnehmern und ein möglicher Zusammenschluss von Biogas- und Klärgas-BHKW zu einer gemeinsamen Wärmezentrale optimale Voraussetzungen für einen sinnvollen Wärmeverbund. Ein Nachteil ist hierbei jedoch die zur Verfügung stehende Fläche von ca. 2.200 m², welche mit Restriktionen in der Ausgestaltung der Biogasanlage mit Wärmezentrale verbunden ist. Hinsichtlich einer Integration in ein möglichst effizient betriebenes Wärmenetz erweist sich dieser Standort allerdings als sehr sinnvoll.

Insgesamt liegen die möglichen Teilnehmer am Wärmeverbund relativ kompakt in der Nähe der Wärmeerzeugung. Einzig das Egerland-Kulturhaus liegt als Abnehmer mit einer notwendigen Leitungslänge von ca. 440 m relativ weit entfernt von der Hauptleitung. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die beiden größeren gewerblichen Gebäude zwischen dem E-Center Marktredwitz und dem Egerland-Kulturhaus nicht am Wärmeverbund beteiligt sind, wodurch sich eine große Lücke ergibt.

Basierend auf den erläuterten Rahmenbedingungen ergeben sich insgesamt zwei Varianten für den Standort einer Wärmezentrale sowie jeweils die Untervariante mit einer Reduktion der Abnehmer um das Egerland-Kulturhaus.

Hinsichtlich der technischen Komponenten der Wärmeerzeugung werden die Angaben aus Abschnitt 2.5 als Grundlage übernommen.

2.6.1 Variante 1

In Variante 1 wird der Standort der Wärmezentrale (WZ) auf dem Gebiet der Optionsfläche 2 innerhalb des Kläranlagengeländes angenommen. Die Zentrale ist somit in unmittelbarer Nähe zum bestehenden BHKW der Kläranlage. Zusätzlich werden die beiden Untervarianten 1A (alle potenziellen Abnehmer) und 1B (ohne Egerland-Kulturhaus) untersucht. Die Ausgangslage zur Betrachtung beider Varianten ist in Abbildung 6 dargestellt.
Zu sehen sind die Hauptleitung (orange) und die jeweiligen Anschlussleitungen (pink) sowie die einzelnen Abnehmer:

1 Fickert + Winterling Maschinenbau GmbH
2 bfz Marktredwitz
3 bfz Marktredwitz Neubau
4 E-Center Marktredwitz
5 Egerland-Kulturhaus
6 Kläranlage Marktredwitz

Abbildung 6: Wärmenetz - Variante 1

Ein erster Richtwert zur Bewertung der Umsetzbarkeit einer zentralen Wärmeversorgung ist die Betrachtung der sogenannten Wärmebedarfsdichte. Dieser Wert gibt an, wie der Wärmebedarf bezogen auf die Länge der gesamten Wärmeversorgungsleitung ist. Als Richtwert wird in der Literatur und in Förderprogrammen grundsätzlich der Wert 1,5 MWh je Trassenmeter angegeben. Auf dieser Grundlage wird die Anordnung nach Variante 1 bewertet.

Rahmenbedingungen Variante 1A:

Wärmebedarf:	2.002 MWh/a
Leitungslänge:	1.070 m
Wärmebedarfsdichte:	***1,87 MWh/m***

Rahmenbedingungen Variante 1B:

Wärmebedarf:	1.450 MWh/a
Leitungslänge:	630 m
Wärmebedarfsdichte:	***2,29 MWh/m***

Das Ergebnis zeigt, dass beide Untervarianten 1A und 1B den Wert von 1,5 MWh/m überschreiten. Daher ist es durchaus denkbar, auch das Egerland-Kulturhaus in den Wärmeverbund zu integrieren. Auch vor dem Hintergrund, dass eine mögliche neue Nutzung für das leer stehende Gewerbegebäude eines ehemaligen Baumarktes ein weiteres Potenzial zur Wärmelieferung darstellt. Es wird jedoch auch deutlich, dass die Variante 1B mit ca. 2,3 MWh/m eine überaus effiziente Lösung anbietet.

In Abbildung 7 und Abbildung 8 sind die geordneten Jahresdauerlinien für die beiden Untervarianten dargestellt.

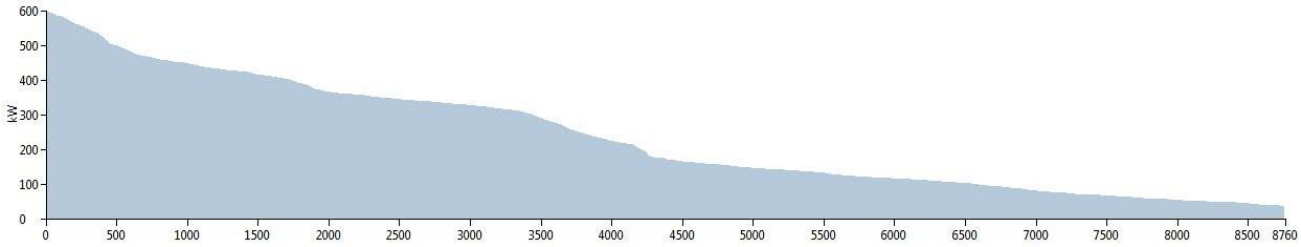

Abbildung 7: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 1A (Quelle: SOPHENA)

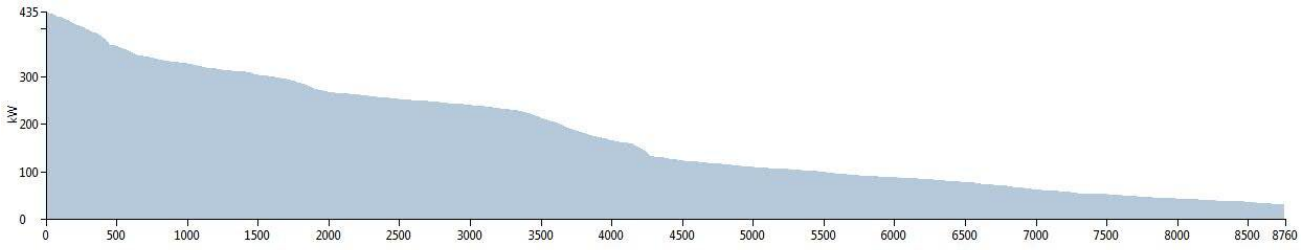

Abbildung 8: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 1B (Quelle: Sophena)

2.6.2 Variante 2

In Variante 2 wird der Standort der Wärmezentrale (WZ) auf dem Gebiet der Optionsfläche 1 angenommen. Hier ist es sinnvoll die Zentrale möglichst weit im Westen der Fläche anzusiedeln. Zusätzlich werden die beiden Untervariante 2A (alle potenziellen Abnehmer) und 2B (ohne Egerland-Kulturhaus) untersucht.

Die Ausgangslage zur Betrachtung beider Varianten ist in Abbildung 9 dargestellt. Die Bezeichnungen sind analog zu Variante 1.

Abbildung 9: Wärmenetz - Variante 2

Rahmenbedingungen Variante 2A:

Wärmebedarf:	2.002 MWh/a
Leitungslänge:	1.384 m
Wärmebedarfsdichte:	***1,45 MWh/m***

Rahmenbedingungen Variante 2B:

Wärmebedarf:	1.450 MWh/a
Leitungslänge:	948 m
Wärmebedarfsdichte:	***1,53 MWh/m***

In Abbildung 10 und Abbildung 11 sind die geordneten Jahresdauerlinien für die beiden Untervarianten dargestellt.

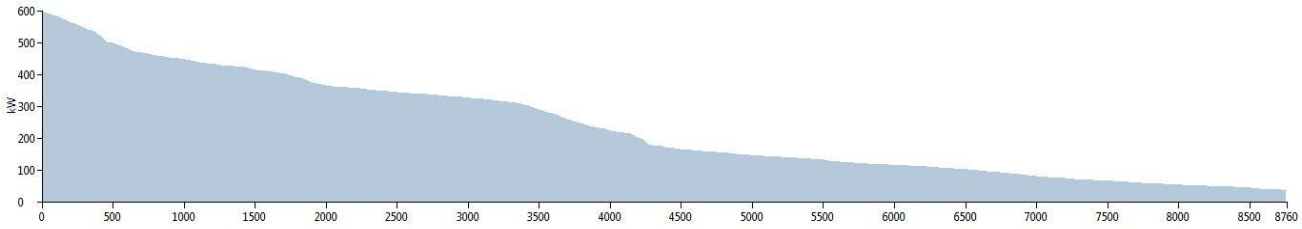

Abbildung 10: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 2A (Quelle: Sophena)

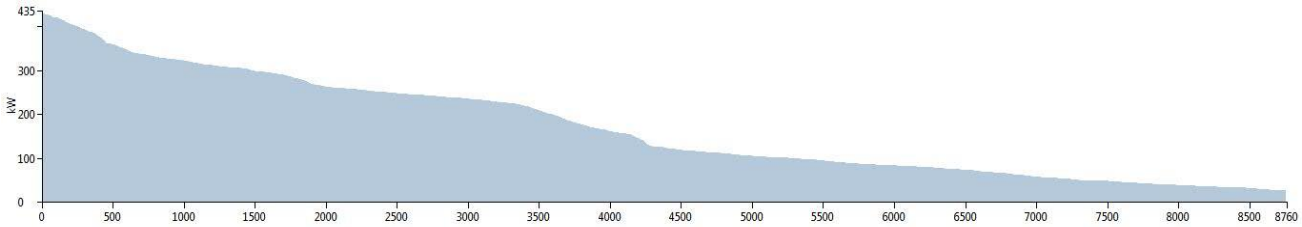

Abbildung 11: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 2B (Quelle: Sophena)

Im Vergleich zu Variante 1 bewegen sich beide Untervarianten 2A und 2B um den Grenzwert von 1,5 MWh/m. Diese Erkenntnis zeigt, dass der Anlagenstandort in Optionsfläche 2 für die Planung eines Nahwärmeverbundes die sinnvollere Variante darstellt.

2.6.3 Zusammenfassung Nahwärmenetz

Basierend auf der Untersuchung der Varianten wurde eine detailliertere Betrachtung für die Varianten 1A und 1B durchgeführt. Mit Hilfe des neuen Software-Tools SOPHENA (Quelle: C.A.R.M.E.N. e.V.) können dabei alle notwendigen Angaben ausgewertet werden, um die Auslastung der potenziellen Wärmeerzeuger darstellen zu können. Insgesamt ist in Variante 1A eine Heizlast von 1.125 kW zu decken, während sich in Variante 1B die Heizlast auf 818 kW beläuft. In Abbildung 12 ist die geordnete Jahresdauerlinie mit der Auslastung der einzelnen Wärmeerzeuger für Variante 1A dargestellt.

Es sind folgende Rahmenbedingungen zu beachten:

-	Blauer Bereich:	Biogas-BHKW	250 kW_{el}	280 kW_{th}
-	Gelber Bereich:	Klärgas-BHKW	105 kW_{el}	166 kW_{th}
		Schraubenkompressoren		60 kW_{th}
-	Grüner Bereich:	Spitzenlastkessel	620 kW_{th} bzw. 320 kW_{th}	
-	Violetter Bereich:	Pufferspeicher	Volumen ca. 18.000 Liter	

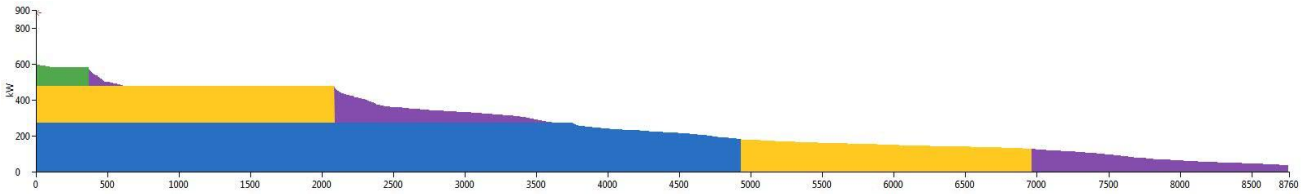

Abbildung 12: Geordnete Jahresdauerlinie für Variante 1A (Quelle: SOPHENA)

Als Grundlast fungieren die beiden Blockheizkraftwerke der Biogasanlage und der Kläranlage. Als mögliche Spitzenlastkessel bieten sich bestehende Erdgas-Kessel der Kläranlage oder des E-Center Marktredwitz an. Die Integration bestehender Anlagen ist einerseits mit den Inhabern abzuklären, andererseits ist eine detaillierte technische Planung notwendig. Vor allem hinsichtlich des geringeren Wärmebedarfs in den Sommermonaten ist an den beiden BHKW der Bau eines saisonalen Wärmespeichers zu empfehlen. Hierin kann die überschüssige Wärmeenergie über den Sommer gespeichert und im Winter wieder verbraucht werden. Die Effizienz der BHKW wird dadurch gesteigert.
Als zusätzliche Alternative kann auch über einen Einsatz der vorhandenen thermischen Energie zum Betrieb der Kühlungsanlagen im E-Center Marktredwitz mit Hilfe einer Adsorptionskältemaschine nachgedacht werden. Dadurch könnte der Strombedarf zur Kühlung minimiert werden.
Eine Betrachtung der möglichen CO_2 Einsparungen erfolgt zum Ende des Berichtes unter Pkt. 6.1.

2.7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist aufgrund der unklaren Rahmenbedingungen relativ schwer darzustellen. Die Betrachtung wird unter der Annahme der in den Ausführungen beschriebenen Grundlagen durchgeführt. Wichtige Faktoren sind dabei die wegfallenden Kosten für den Grunderwerb des Anlagenstandortes sowie die kostenlose Nutzung der Abwärme der beiden BHKW und der Schraubenkompressoren. Ebenso wird davon ausgegangen, dass ein bestehender Erdgaskessel als Spitzenlast genutzt werden kann.

Somit fließen im Bereich der Investitionskosten folgende Positionen ein:

- Wärmenetz
- Wärmeübergabestationen
- Netzpumpen, Steuerung, Visualisierung
- Neubau Biogasanlage
- Optimierung Klärgas-BHKW
- Neuanschaffung Schraubenkompressor
- Neubau Wärmespeicher
- Bauliche Anlagen und Planung

Die Kosten werden aufgeteilt in kapitalgebundene, verbrauchsgebundene, betriebsgebundene und sonstige Aufwendungen. Das Ergebnis der Untersuchung ist exemplarisch für Variante 1A in Abbildung 13 dargestellt. Es wird ersichtlich, dass die Wärmegestehungskosten unter den gegebenen Rahmenbedingungen bei ca. 105 - 115 € je MWh liegen können.
Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass auch der Erlös durch die Einspeisung ins öffentliche Stromnetz zu berücksichtigen ist. Werden diese Erträge von ca. 345.000 € jährlich in die Betrachtung mit einbezogen, verringern sich die Wärmegestehungskosten, je nach Art der Berücksichtigung, deutlich. Insgesamt ist der jährliche Ertrag aus der Stromeinspeisung sogar höher als die voraussichtlichen jährlichen Betriebskosten des Wärmenetzes.
Somit kann man festhalten, dass eine detaillierte Betrachtung der ökonomischen Rahmenbedingungen erst nach exakter Festlegung der Betriebsweise der Biogasanlage möglich ist.

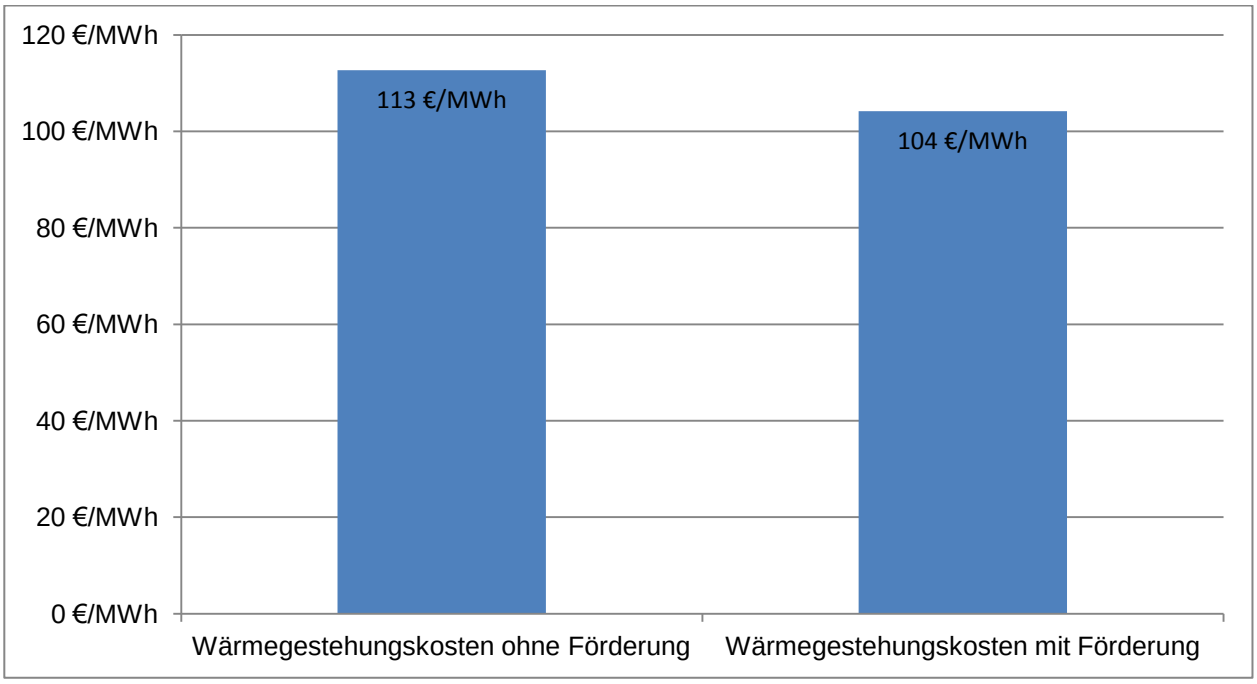

Abbildung 13: Wärmegestehungskosten der Variante 1A

3 POTENZIALANALYSE ORGANISCHER ABFÄLLE UND RESTSTOFFE AUS DER REGION

3.1 Intention

In der Stadt Marktredwitz fallen jährlich ca. 350 t Grünabfälle an, die zunächst kompostiert und anschließend in die landwirtschaftliche Verwertung verbracht werden. Ziel ist es, hier die anfallenden Grünabfälle vor ihrer landwirtschaftlichen Nutzung einer energetischen Verwertung zuzuführen. Da die anfallenden Grünabfälle für den Betrieb einer Vergärungsanlage nicht ausreichen, wurde im Rahmen der folgenden Untersuchung das Potenzial der organischen Reststoffe zur Vergärung erhoben.

Ein Bestandteil dieser Betrachtungen war die Erfassung sämtlicher regional anfallender organischer Abfälle und Reststoffe: Produkte aus der Lebensmittel- und Getränkeerzeugung, Milchprodukte und Produkte aus dem Lebensmittelhandel sowie der Landwirtschaft, Tierhaltung und Gartenbau. Für diese, aus der engeren und weiteren Region stammenden, organischen Reststoffe sollte geprüft werden, ob diese als Co-Fermente zur Vergärung in einer Biogasanlage energetisch und stofflich genutzt werden können.

Das dabei produzierte Biogas soll nach Kraft-Wärmekopplungsprinzip (KWK) durch BHKW-Module in Strom- und Wärmeenergie umgewandelt werden. Ein Ziel ist, den kompletten Eigenenergiebedarf an Strom der kommunalen Kläranlage und weiterer kommunaler Einrichtungen zu decken. Darüber hinaus könnte der komplette Energieüberschuss in Form von Wärme in ein mögliches Nahwärmenetz eingespeist und ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll genutzt werden.

3.2 Projektbeschreibung

Mit dem Bau einer Biogasanlage, welche regionale organische Abfälle und Rohstoffe umweltgerecht verarbeitet und als Endprodukte Strom und Wärme weitgehend CO_2-neutral erzeugt, könnte der gesamte Energieeigenbedarf der städtischen Kläranlage und weiterer öffentlicher und privater Unternehmen mit Überschuss versorgt werden. Überschussstrom kann in das öffentliche Stromnetz eingespeist und gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2014 / 2017) vergütet werden. Alternativ ist es möglich, dass die Biogasanlage selbst als Energieversorger (EVU) fungiert und neben der Eigenstromversorgung der Kläranlage, Überschussstrom an Dritte, ohne Nutzung des öffentlichen Netzes, liefert. Es handelt sich hierbei jedoch um eine bislang kaum gebräuchliche Betriebsweise. Für diesen Fall ist die rechtliche Unterstützung durch einen Fachjuristen dringend anzu-

raten. Unter anderem fällt dabei die volle EEG-Umlage an. Dazu muss die Anlage als Energieversorgungsunternehmen (EVU) beim Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB), an den die volle Umlage abgeführt wird, und an die Bundesnetzagentur (BNetzA) als Energieerzeuger gemeldet sein. Steuerrechtliche und sonstige gesetzliche Aspekte der Stromwirtschaft sind für diesen Fall individuell zu prüfen.

Mit dieser Teilstudie sollen in der Region möglichst alle Unternehmen der Lebensmittel- und Getränkeherstellung, Backwarenerzeugung, Metzgereien, Fleischfabriken und Wurstwarenhersteller, Getreideverarbeitungsbetriebe und Mühlen, Lagerhäuser, Lebensmittelhandelsketten und Einzelhandel, Betriebe aus dem Bereich Landschaftspflege und Gartenbau, Pferdehalter und Betriebe mit Sondertierhaltungen, wie auch landwirtwirtschaftliche Betriebe und branchentypische Organisationen wie Maschinenringe und Lohnunternehmen, die auch in der Abfallentsorgung tätig sind, erfasst werden.

3.3 Vorgehensweise (Akteursbeteiligung)

Das KUM stellte dem Büro b.r.e. balance in renewable als Grundlage zur Datenermittlung für die Studie eine schriftliche Auflistung von Unternehmen aus der Region zur Verfügung, die potenziell organische Reststoffe zur Verfügung stellen können.

Diese Betriebe wurden im Vorfeld durch das KUM mit Presseberichten in Tageszeitungen und in einem Anschreiben auf die Möglichkeiten und Durchführung der Studie zum Klimaschutzteilkonzept und die Beauftragung an b.r.e. balance in renewable energies informiert.

Im zweiten Schritt erfolgte durch b.r.e. eine Telefonaktion mit dem Ziel, Ansprechpartner in den Betrieben sowie die genauen Anschriften, sonstige Kontaktdaten und Emailadressen zu eruieren. Es wurde auf einen Frage- und Ermittlungsbogen hingewiesen, der dann an alle genannten Unternehmen per Post und per Email durch b.r.e. verschickt wurde.

Der Rücklauf der Ermittlungsbogen verlief sehr differenziert und nur sehr zögerlich. So wurden nach weiteren drei Wochen alle noch offenen Unternehmen erneut kontaktiert und auf das Projekt aufmerksam gemacht. Dabei musste ein Teil der Fragebögen nochmals verschickt werden.

In der Kalenderwoche 27/2016 wurde die Befragung abgeschlossen und mit der Auswertung begonnen.

3.3.1 Auswertungen der Befragung

Es wurden bisher insgesamt 48 Unternehmen, in denen organische Reststoffe anfallen können, in die Befragung mit einbezogen. Die Auswahl der Adressen erfolgte durch das KUM. Zusätzlich wurde der Kreis der Betriebe durch b.r.e. um den Pferdezuchtverband Franken in Ansbach erweitert.

Die teilweise sehr zögerliche Haltung verschiedener Unternehmen beruhte offensichtlich auf der Befürchtung, dass betriebliche Abfalldaten in die Öffentlichkeit gelangen könnten.

- 17 der Unternehmen beantworteten die Frage nach Co-Substraten für eine Biogasanlage positiv.

- 13 Betriebe können keine zur Vergärung geeigneten Co-Substrate zur Verfügung stellen.

- 18 Betriebe gaben keine Rückmeldung, trotz mehrfacher schriftlicher und telefonischer Nachfragen.

- Einige Pferdebetriebe stellen ihren Pferdemist bereits anderen Biogasanlagen zur Verfügung.

3.3.2 Ergebnis schriftliche Befragung der regionalen Unternehmen

Tabelle 5: Ergebnis schriftliche Befragung der regionalen Unternehmen (Quelle: b.r.e.)

Befragte regionale Unternehmen insgesamt	**48**
Positive Rückmeldungen Unternehmen	17
Rückmeldungen mit negativem Bescheid	13
Keine Rückmeldungen	18

3.3.3 Zusammenfassung der möglichen Co-Substrate nach Art (Fraktion) und Jahresanfall in Tonnen

Tabelle 6: Zusammenfassung der möglichen Co-Substrate nach Art (Fraktion) und Jahresanfall in Tonnen (Quelle: b.r.e.)

Arte der Co-Substrate	Anfall / Jahr	Anteil %
Backwaren, überlagert, Teigreste	40 t /Jahr	0,44 %
Speisereste	1.950 t / Jahr	21,61 %
Fettabscheider	2.502 t / Jahr	27,73 %
Trester/Kräuter/Beeren, Getränkeherstellung	200 t /Jahr	2,22 %
Treber, Brauerei	30 t / Jahr	0,34 %
Schlachtnebenprodukte verpackt, überlagert und K3 Material	581 t / Jahr	6,44 %
Grünschnitt, Landschafts-pflegeschnitt	170 t / Jahr	1,88 %
Bioabfall	3.550 t / Jahr	39,34 %
Gesamtanfall	**9.023 t / Jahr**	**100 %**

Anmerkungen

Der von einem Pferdehalter angebotene Pferdemist mit Sägemehlanteil und sonstigen Störstoffen versetzt, wurde noch nicht berücksichtigt. Sofern der Sägemehlanteil durch Strohpellets ersetzt würde, wäre Pferdemist als Co-Substrat gut geeignet.

Astmaterial und Gehölzschnitt ist ebenfalls aufgrund hoher Anteile von Störstoffen und Lignin ungeeignet zur Vergärung in Biogasanlagen und wurde nicht berücksichtigt.

Grundsätzlich sind alle aufgeführten Co-Substrate auf die Eignung zur Vergärung einschließlich der Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes (TS-Gehalt) und organischen Trockensubstanzgehalt (OTS-Gehalt) durch Analysen in einem akkreditierten Labor zu überprüfen. Für die einfache Beprobung eines Co-Substrates belaufen sich die Kosten auf rund 200 Euro.

3.3.4 Ermittlung der Energieinhalte nach Tabelle Bioabfallverordnung (BioAbfV)

Bioabfallanlagen haben keinen kontinuierlichen quantitativen und qualitativen Anfall der eingesetzten Co-Substrate. Unterschiede zu den verschiedenen Jahreszeiten sowie Zeiträume mit Feiertagen oder freien Tagen spielen dabei eine wesentliche Rolle.
Beispiele sind der Anfall von Grasschnitt und Rasenschnitt im Sommer sowie größere Speisereste-anfälle nach Feiertagen. Hieraus entstehen besondere organisatorische Anforderungen an die gesamte Verfahrenstechnik, wie bei der Annahme, Zwischenlagerung, Aufbereitungstechnik der Co-Substrate und insgesamt an das biologische Verfahren.

Nachfolgende, in der Tabelle 7 dargestellte Gasertragswerte aus den einzelnen Co-Substraten wurden durch eigene Berechnungen und Ermittlungen praktizierender Anlagen, sowie durch die Anwendung von Werten aus der Bioabfallverordnung (BioAbfV) ermittelt.

Tabelle 7: Gaswerte aus Co-Substraten nach BioAbfV (Quelle: b.r.e.)

Angebotene Co-Substrate	Anfall /Jahr	Anteil %	Methan-ertrag/ m³ / t FM	Gesamt Methan / m³/a
Backwaren, überlagert, Teigreste,	40 t /Jahr	0,44 %	344	13.760
Speisereste,	1.950 t / Jahr	21,61 %	57	111.150
Fettabscheider	2.502 t / Jahr	27,73 %	25	62.550
Trester/Kräuter/Beeren, Getränkeherstellung	200 t /Jahr	2,22 %	58	11.600
Treber, Brauerei	30 t / Jahr	0,34 %	61	1.830
Schlachtnebenprodukte verpackt überlagert und K3 Material	581 t / Jahr	6,44 %	110	63.910
Grünschnitt, Landschaftspflegeschnitt	170 t / Jahr	1,88 %	43	7.310
Bioabfall	3.550 t / Jahr	39,34 %	43	152.650
Gesamtanfall	**9.023 t /Jahr**	**100 %**		**424.760**

3.4 Grundlagen zur Bestimmung möglicher Anlagen-Leistungsdaten

Die Methanerträge von Bioabfällen sind größeren Schwankungen unterworfen. Dies beruht darauf, dass die Co-Substrate saisonal in unterschiedlicher Quantität und energetischer Qualität anfallen.

Die ermittelten Methanerträge sind bei konservativer Betrachtung geeignet, über die KWK-Technologie in einer Biogasanlage Leistungen im folgenden Rahmen zu erzeugen:

200 - 250 kW elektrische Leistung

und

220 - 280 kW thermische Energie

Um den Anlagenbetrieb flexibler zu gestalten, werden in nachfolgender Tabelle die höheren Werte verwendet.

Tabelle 8: Potenzielle elektrische und thermische Leistungserzeugung (Quelle: b.r.e.)

Leistung	Elektrisch kWh	Thermisch kWh
täglich	6000	6.700
jährlich	2.190.000	2.450.000

Anmerkung

Diese Angaben erfolgen unter der Annahme dass 1 m³ Methan einem Energiewert von 10 kWh entspricht und der unter Praxisbedingungen übliche elektrische Wirkungsgrad von BHKW Modulen bei 38 Prozent und thermisch bei 42 Prozent liegt.

3.5 Projektanforderungen durch behördliche Genehmigung und das gültige EEG (EEG 2014 / 2017)

Die Entscheidung zum Bau der Biogasanlage ist derzeit noch offen und wird frühestens zum Ende des Jahres 2016 erwartet. Grundsätzlich werden Projekte dieser Art durch wesentliche gesetzliche und genehmigungsrechtliche Grundlagen beeinflusst.

Bei Auftragserteilung war nicht bekannt, wann ein neues EEG novelliert wird. Zwischenzeitlich ist das EEG 2017 novelliert und wird zum 01.01.2017 in Kraft treten. Die Einhaltung des neuen EEG 2017 gilt als Grundlage aller weiteren Entscheidungen.

- Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG (aktuell EEG 2014 / neu 2017)

- Behördliche Genehmigung gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImschG)

- Gesetze, Anforderungen und Vorschriften der Stromwirtschaft

Als wesentliches Planungskriterium für dieses Projekt gilt das aktuell im Juli 2016 novellierte und zum 01.01.2017 in Kraft tretende EEG 2017 in Verbindung mit dem derzeit aktuell gültigen EEG 2014.

Die wesentlichen sich daraus ergebenden Rahmenbedingungen sind:

- Die Genehmigung der Biogasanlage muss gemäß BImSchG/Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen - 4. BImSchV erfolgen.

- Einhaltung gesetzlich vorgegebener Verweilzeiten des Substrates im gasdichten Raum (VDI 3475) Lagerkapazität Gärprodukte zukünftig AwSV.

- Abfall-Biogasanlagen müssen doppelwandig (Behälter und Rohrleitungen) und/oder mit einer Umwallung gegen Auslaufen ausgeführt sein.

- Jede neue Biogasanlage muss zukünftig an einem Ausschreibungsverfahren gemäß EEG 2017 teilnehmen.

- Die Anlage muss flexibel zur bedarfsgerechten Regelenergieerzeugung betrieben werden können. Strom soll möglichst bedarfsgerecht in das öffentliche Netz eingespeist werden. Dabei ist die individuelle Anforderung der Wärmenutzung entsprechend zu berücksichtigen.

- Die Leistung des BHKW Modules muss gemäß EEG 2014 / 2017 doppelt überbaut sein. Bei einer für Volllast ausgestatteten, installierten elektrischen Leistung von 250 kW muss aus diesem Grund zusätzlich mindestens ein weiteres BHKW-Modul mit gleicher Leistung installiert sein.

- Die jährliche Laufzeit jedes der beiden BHKW-Module entspricht dann nicht - wie bisher üblich - 8.760 sondern je 4.380 Betriebsstunden. Damit ist es möglich, die Anlage flexibel im Regelenergiebetrieb, im Bereich von 0 - 500 kW, je nach Bedarf und speziell nach den Erfordernissen einer vollständigen Wärmenutzung, zu betreiben.

- Für den Regelenergiebetrieb ist ein Gasspeicher mit entsprechend großem Speichervolumen für 6 -12 Stunden sinnvoll.

- Der Biogasprozess muss aus biologischen Gründen möglichst konstant betrieben werden, bei stets gleichmäßiger Fütterung der Biogasanlage. Bei Bioabfallanlagen gestaltet sich dies aufgrund der unterschiedlichen anfallenden Co-Substrate zu verschiedenen Zeiten schwieriger und erfordert erhöhte verfahrenstechnische und biologische Anforderungen.

- Sinnvollerweise werden zwei gleiche BHKW-Module mit je 250 kW Leistung installiert. Diese können beispielsweise regelbar von 0 - 500 kW betrieben werden. Daraus ergeben sich wesentliche Synergieeffekte im Falle notwendiger Servicearbeiten und bei auftretenden Störungen.

- In Abfallbiogasanlagen ist es zwingend erforderlich, gemäß Hygieneverordnung über tierische Nebenprodukte, Verordnung (EG) 1069 / 2009, die Co-Substrate zu hygienisieren, das bedeutet auf 50°C für 24 Stunden zu erhitzen. Alle Co-Substrate aus dem Bereich tierischer Nebenprodukte müssen pasteurisiert werden. Dies bedeutet Erhitzung auf mindestens 70 °C für eine Stunde.

- Die Hygienisierung/Pasteurisierung kann als einstufiges oder zweistufiges Verfahren gesondert in Behältern erfolgen. Dabei ist aus wirtschaftlichen Gründen zu entscheiden, ob die gesamte Menge an Co-Substraten oder nur der laut Gesetz dafür vorgesehene Anteil tierischer Nebenprodukte als Teilstrom pasteurisiert wird.

- Aufgrund der relativ hohen Stickstofffrachten bei Co-Substraten aus Abfällen ist es unabdingbar, die Gärtemperatur im Fermenter unter 40°C zu betreiben. Je höher die Gärtemperatur, desto höher ist der NH_3/NH_4-Anteil. Dieser hemmt die Methanbakterien und damit den Gärprozess empfindlich.

- Entsprechende behördliche Auflagen für den Transport der Co- Substrate, Transportpapiere, Lieferschein-Nachweise, Flächennachweise und Bodenproben bei landwirtschaftlicher Nutzung der Gärprodukte und Gütesicherung sind zu beachten.

- Zusätzlich sind alle im Genehmigungsverfahren behördlich bestimmten Auflagen des Genehmigungsbescheides einzuhalten.

- Im Sinne der optimierten Wärmenutzung ist ein entsprechender Wärmepufferspeicher für den bedarfsgerechten Regelenergiebetrieb erforderlich, um die Wärme ebenfalls bedarfsgerecht in den angeforderten Zeitabschnitten zur Verfügung zu stellen.

- Bei der Trocknung von Gärresten oder Klärschlamm ist darauf zu achten, dass neben dem Kühlwasserwärme-Kreislauf mit einer durchschnittlichen Temperatur von rund 90° C auch die Abgastemperatur der BHKW-Module mit bis zu 500° C Temperatur am wirtschaftlichsten eingesetzt wird.

3.6 Vereinfachte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Unter der Annahme, dass die Abfall-Biogasanlage eine durchschnittliche elektrische Leistung von 250 kW und thermisch 280 kW erbringt, ergeben sich auf der Grundlage des EEG 2017 folgende Jahressituationen (vgl. Tabelle 8).

	Strom kWh	Wärme kWh
täglich	6000	6.700
jährlich	2.190.000	2.450.000

Strom:

2.190.000 kWh ∗ 14,88 Cent/kWh = **325.872 Euro/Jahr**

Flexibilitätszuschlag:

500 kW installierte Leistung ∗ 40 Euro/kW = **20.000 Euro/Jahr**

Gesamt Stromerlös = 345.872 Euro/Jahr

Wärme:

2.450.000 kWh ∗ 5,0 Cent/kWh = **122.500 Euro/Jahr**

(Anmerkung: Der Erlös der Wärme entspricht branchenüblichen Wärmelieferverträgen)

Diese Kosten für die Errichtung einer Abfallvergärungsanlage sind individuell nach dem gewählten Anlagensystem zu ermitteln. Bei Abfallanlagen sind insbesondere die Kosten für die Zwischenlagerung der Co-Substrate, die Aufbereitung der unterschiedlichen Fraktion, wie verpackte Ware, Flaschen, Glas und Kunststoffe, die Anforderungen der Pasteurisierung sowie der Gärproduktaufbereitung und der doppelten Überbauung der BHKW-Leistung zu beachten (siehe Abbildung 14: Verfahrensschema einer Abfallanlage).

Bei landwirtschaftlichen Standard-Biogasanlagen betragen die überschlägigen Investitionskosten pro kW elektrische Leistung rund 4.000 bis 5.000 Euro.
Überschlägig wird pro Tonne organischer Abfall in der Praxis eine Rohgasproduktion von 100 - 120 m³ angenommen. Die Schwankungsbreiten sind jedoch extrem groß und liegen zwischen 50 m³ bis 500 m³ Rohbiogas pro Tonne Frischmasse.
Beim Einsatz neuer Co-Substrate ist deshalb in jedem Fall vorab eine Ermittlung des Gasertrages durchzuführen.

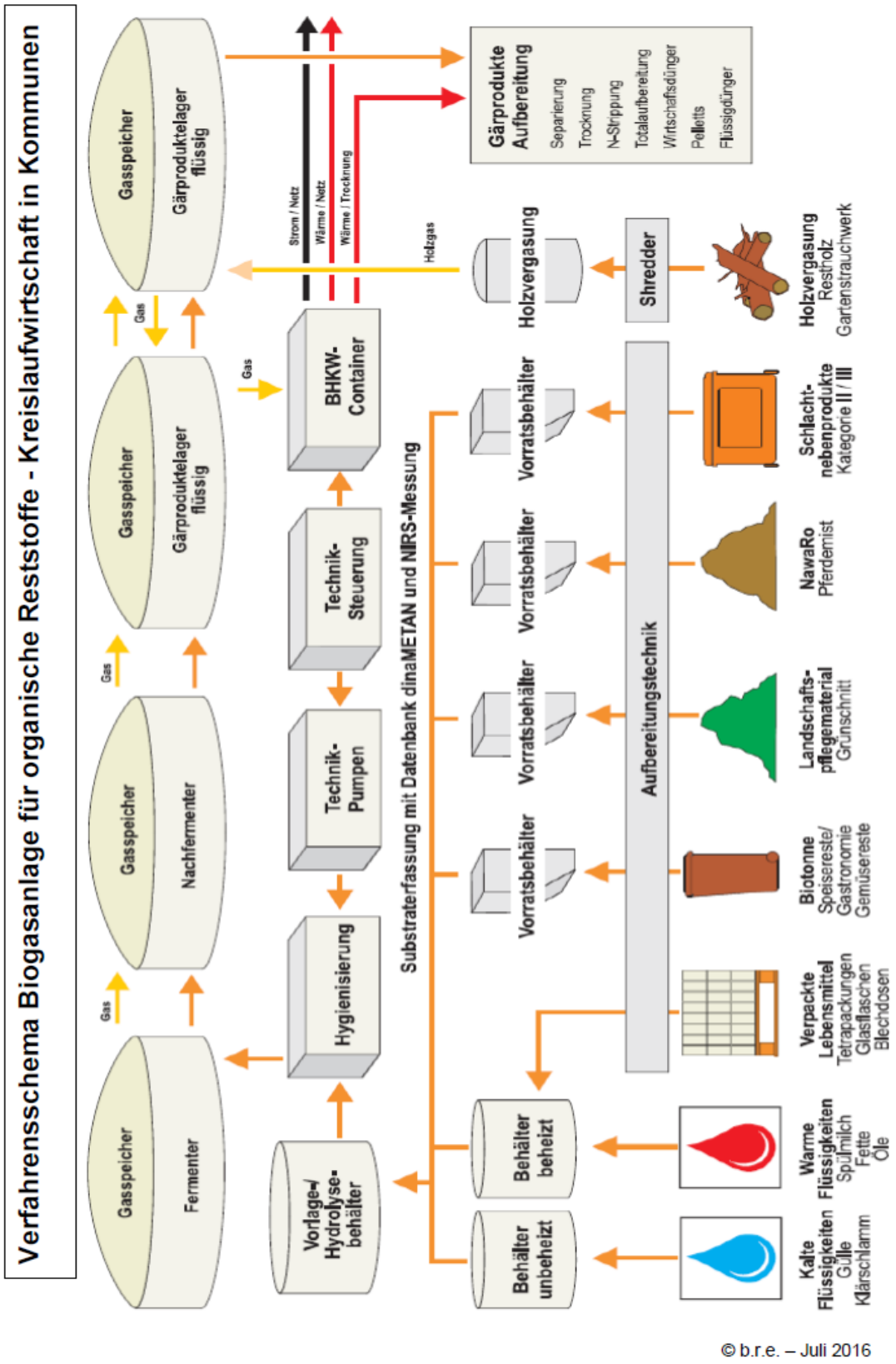

Abbildung 14: Verfahrensschema Biogasanlage für organische Reststoffe (Quelle: b.r.e.)

3.7 Klimaschutz durch Biogas – Treibhausgas-Bilanz

Mit dem Konzept einer Biogasanlage kann mittels KWK-Technik sichergestellt werden, dass die gesamt erzeugte Energie in Form von Strom und Wärme einer nachhaltigen und umweltschonenden Nutzung zugeführt wird. Fossile Energien in Form von Erdöl und Erdgas können substituiert werden.

Die in der nachfolgenden Abbildung 15 im Beispiel dargestellte Biogasanlage für nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) mit 190 kW elektrischer Leistung erzeugt eine Jahresmenge von rund 1.750.000 kWh Strom und eine Jahresmenge Wärme von 1.900.000 kWh.

Somit werden gegenüber fossil erzeugter Energie eingespart:

rund 650 Tonnen CO_2

Bei reinen Abfall-Biogasanlagen ergibt sich im Gegensatz zu einer, wie in der Grafik aufgezeigten Anlage für NawaRo, eine nahezu neutrale Treibhausgasbilanz, da keine für die Vergärung extra angebauten Substrate eingesetzt werden.

Somit ergibt sich eine umweltrelevante Einsparung von CO_2-Äquivalenten von

mehr als 1.000 Tonnen pro Jahr.

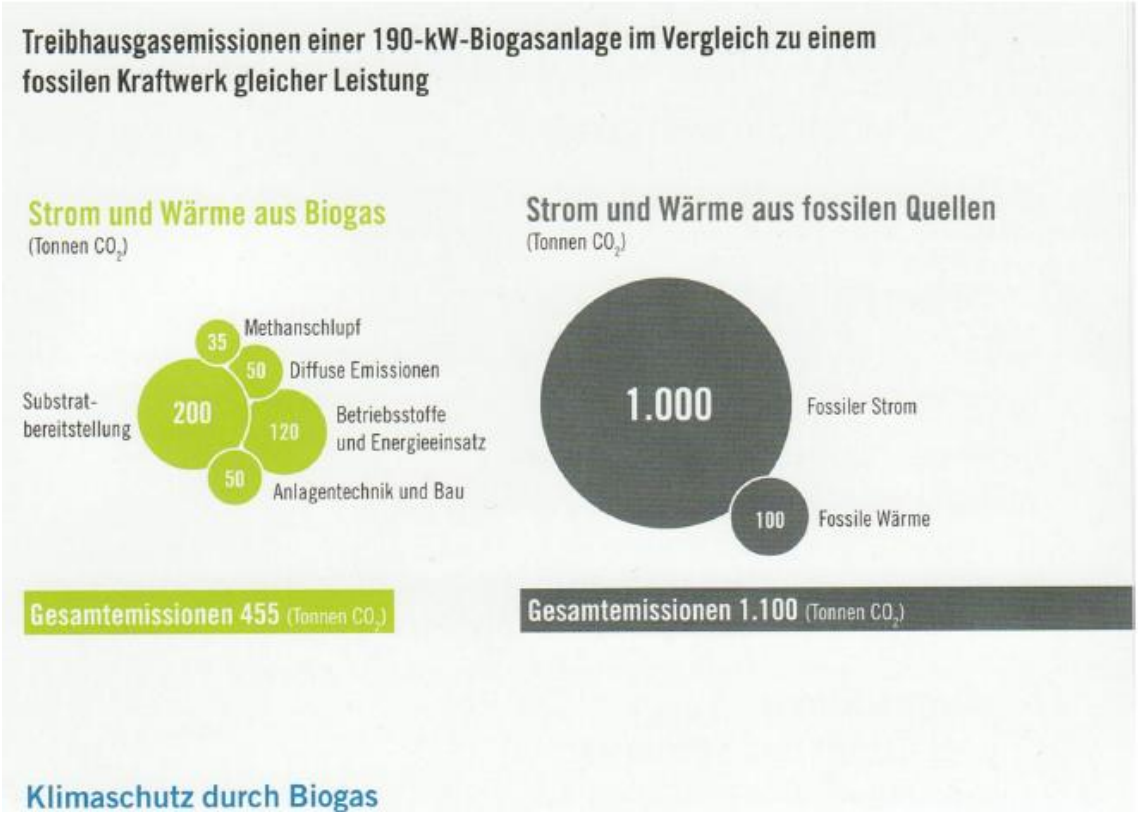

Abbildung 15: THG-Emissionen: Vergleich Biogasanlage - fossiles Kraftwerk (Quelle: Fachverband Biogas)

Darüber hinaus entstehen bei der Vergärung Gärprodukte, die als Düngemittel in landwirtschaftlichen Betrieben und im Landschaftsbau den kostenintensiven Handelsdünger substituieren können. Bei Nutzung nach guter fachlicher Praxis können weitere rund 2.000 Tonnen CO_2-Emissionen pro Jahr durch Handelsdünger eingespart werden. Hier ist zu unterscheiden, ob die flüssigen Gärprodukte eingedickt/getrocknet oder in flüssiger Form genutzt werden.

Eine Entscheidung wird je nach Verwendung der Überschusswärme möglich.

Die Biogasanlage kann sinnvollerweise auf dem Gelände neben der Kläranlage errichtet werden. Dabei ergeben sich eine Reihe von Synergieeffekten, wie beispielsweise durch die vorhandene Erschließung von Straßen, Strom, IT-Technik, Abwasser, Frischwasser, Gebäuden sowie teils vorhandenem Fahrzeug- und Maschinenpark und Personalressourcen.

3.8 Zusammenfassung und Ergebnisbetrachtung Biogas

3.8.1 Hemmnisse

Wie schon erwähnt, gestaltete sich die Ermittlung der zur Verfügung stehenden Co-Substrate von regionalen Unternehmen teilweise schwierig.

Gründe hierfür können sein:

- Unternehmen befürchten, dass interne Abfalldaten in die Öffentlichkeit gelangen.
- Entsorgungsunternehmen, die bereits organische Reststoffe annehmen und verarbeiten, befürchten Konkurrenz.
- Ein Teil der organischen Reststoffe wird bereits vorhandenen, landwirtschaftlichen Biogasanlagen angedient.
- Biogas findet in der Öffentlichkeit nicht flächendeckend eine positive Resonanz.
- Der positive umweltrelevante Hintergrund der geplanten Maßnahme Klimaschutzteilkonzept konnte eventuell trotz der schriftlichen Information durch das KUM und mehrmaliger Anschreiben und telefonischer Nachfragen durch b.r.e. noch nicht allen Unternehmen bewusst gemacht werden.
- Die in den Unternehmen zuständigen Ansprechpartner, wie z.B. Energiebeauftragte, haben sich nicht im Detail mit dem Konzept des KUM befasst.

3.8.2 Ergebnisse

Durch den Einsatz der bisher festgestellten Co-Substrate kann eine Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von

rund 250 kW

betrieben werden. Dies entspricht einer **jährlich erzeugbaren Strommenge** von rund

2.190.000 kWh/Jahr.

Bei einem durchschnittlich praxisrelevanten, elektrischen Wirkungsgrad von 38 Prozent und einem realen thermischen Wirkungsgrad von 42 Prozent entspricht dies einer **nutzbaren thermischen Energie** von

2.450.000 kWh/Jahr

Der bisherige Eigenbedarf an Strom für die Kläranlage wird vom KUM MAK mit rund 900.000 kWh angegeben. Bei einer erzeugbaren Strommenge von rund 2.190.000 kWh können somit in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden:

1.290.000 kWh (Einspeisung in das Stromnetz)

Bei einer gesetzlich möglichen Vergütung gemäß EEG 2017 von **14,88 Cent/Wh** ergibt dies einen möglichen

Erlös von 191.952 Euro/Jahr für Strom.

Die Auswertung der Wärmenutzung muss spezifisch betrachtet werden. Für die Prozessbeheizung (Fermenter) werden im Regelfall rund 15 Prozent Wärme benötigt. Nicht bekannt ist, wie viel Wärme für die Pasteurisierung bzw. Hygienisierung der Co-Substrate erforderlich sein wird, dies ist verfahrensabhängig. Überschlägig auf Basis der Gesamtjahresmenge an Co-Substraten von rund 9.000 Tonnen werden dafür rund 700.000 kWh/Jahr angesetzt.

Aus dieser unverbindlichen Annahme ergibt sich, dass von 2.450.000 kWh thermisch erzeugter Energie rund 700.000 kWh für die Hygienisierung/Pasteurisierung benötigt werden.

Somit stehen rund 1.400.000 kWh thermisch zur freien Nutzung zur Verfügung.

3.8.3 Maßnahmenkatalog Biogas

1. Voraussetzung für die sinnvolle Anlagenplanung und eine reibungslose Verfahrenstechnik ist vorab eine **biologische Beprobung** aller zur Verfügung stehenden Co-Substrate auf Energieinhalte und generelle Eignung zur Vergärung
    - vor Beginn der Maßnahme und
    - während des fortlaufenden Betriebes einer Biogasanlage.

2. Voraussetzung für eine Biogasanlage mit einer Anlagenleistung von rund 250 kW Bemessungsleistung ist es, die Verfügbarkeit der Co-Substrate langfristig für einen Zeitraum von mindestens 5 - 10 Jahre zu sichern.

3. Durch die doppelte Überbauung und eine Erweiterung um mindestens ein zusätzliches BHKW, ist eine flexible, bedarfsgerechte Betriebsweise, verpflichtend im Sinne der bedarfsgerechten Regelenergie und Direktvermarktung (EEG 2014 / 2017) möglich. Die Biogasanlage kann damit in einem bedarfsgerechten Tagesrhythmus oder saisonalem Jahresfahrplan Sommer/Winter betrieben werden. Schwankungen im jahreszeitlichen Anfall der Co-Substrate können somit leichter ausgeglichen werden.

4. In einem weiteren Anlauf des Projektes können zusätzliche Aufklärungskampagnen erfolgen, um weitere Lieferanten von Co-Fermenten zu akquirieren.

5. Sofern mindestens 1.400.000 kWh thermische Energie als Überschusswärme zur Verfügung stehen, ist es mit praxisüblichen Gärreste- und Schlammtrocknungsanlagen möglich, rund 1.000 t/Jahr Flüssigkeit umweltgerecht zu verdampfen.

Auf die mögliche technische Ausführung einer Abfall-Biogasanlage kann in diesem Bericht nicht eingegangen werden. Dies kann erst erfolgen, wenn die grundsätzliche Entscheidung über die Umsetzung des Projektes gefallen ist.

3.8.4 Ausblicke - Wesentliche Entscheidungen zum Projektbeginn

Wesentliche Bedeutung für die Verfahrenstechnik einer Anlage sind neben den gesetzlichen und behördlichen Auflagen, Anforderungen, wie:

- Annahme und Anlieferung der Co-Substrate
- Zwischenlagerung der Co-Substrate an der Anlage
- Aufbereitung der Co-Substrate, z. B. verpackte Waren, Kunststoffe, offene Flüssigkeiten, Säfte, Milchprodukte, in Flaschen verpackt aus Kunststoff, Glas, Blechdosen, Küchenabfälle, Grünschnitt
- Aufbereitung Grasschnitt, Garten- und Küchenabfälle, Sortierung verholzter Teile
- Wahl der Hygienisierungs- und Pasteurisierungsverfahren aller Co-Substrate oder im Teilstromverfahren
- Auswahl Hydrolyseverfahren
- Vergärung mesophil oder thermophil
- Ermittlung notwendiges Gasspeichervolumen
- Wahl der BHKW-Module
- Gärproduktelagerung und -aufbereitung.
- Aufbereitung, Verwertung und Nutzung der Gärprodukte
- Wahl einer flexiblen Betriebsweise als Eigenversorger und Netzbetreiber mit Stromvermarkter
- Wärmekonzept unter Berücksichtigung eines flexiblen Anlagenbetriebes

3.8.5 Teilresumee Biogas

Aus praktischen Erfahrungen mit flexibler Regelenergie gemäß EEG 2014 sind die dafür notwendigen, vorgenannten Punkte genau abzuarbeiten und einzuhalten. Diese Punkte stellen den aktuellen Stand der Technik und die Einhaltung des EEG 2014/2017 dar.

4 POTENZIALANALYSE KLÄRSCHLAMMTROCKNUNG

Auf der Kläranlage der Stadt Marktredwitz fallen jährlich ca. 7.000 m³ Klärschlamm bei einem TS von 5% an. Der Schlamm wird derzeit mit einer mobilen Presse auf einen TS von 25% (1400 t/a) entwässert und in die Rekultivierung verbracht. Die hierfür anfallenden Kosten betragen überschlägig 120.000 € pro Jahr. Neben den nicht unerheblichen Kosten fallen für den Transport jährlich ca. 60 Tonnen CO_2-Äquivalente an.

Zur Reduzierung der Emissionen und Kosten soll der vorentwässerte Klärschlamm in einer eigenen Anlage getrocknet werden. Hierzu werden im Folgenden die unterschiedlichen Systeme zur Klärschlammtrocknung betrachtet. Grundlage für die jeweilige Auslegung der Anlage sind die oben genannten Eingangsparameter des Klärschlamms (1400 t/a bei 25% TS) sowie das ermittelte WärmePotenzial aus dem Nahwärmenetz (siehe Energiebilanzierung Pkt. 2.5) in Höhe von 2.955.913 kWh bei einer durchschnittlichen Temperatur im Kühlwasserwärmekreislauf von ca. 90°C. Die Abgastemperatur der BHKW-Module wurde mit 500°C angenommen. Die Festlegung eines Zieltrockensubstanzgehaltes gestaltet sich auf Grund des noch unklaren zukünftigen Entsorgungswegs schwierig. Die Verwertung im Landschaftsbau bzw. Landwirtschaft stellt hier keinen zukunftsfähigen Entsorgungsweg dar. Vielmehr geht der Trend in Richtung thermische Behandlung. Hier ist die Mitverbrennung in Kohle-, Mühlheizkraftwerk oder Zementwerk bereits gängige Praxis. Bei diesen Verfahren sind Trockensubstanzgehalte von ca. 90 % TS anzustreben.

Als derzeit zukunftsweisendes Verfahren ist die Monoverbrennung zu nennen, da hier im Gegensatz zur Mitverbrennung der im Klärschlamm gebundene Phosphor in entsprechenden Prozessen rückgewonnen werden kann. In Abhängigkeit der eingesetzten Monoverbrennungstechnik können hier Trockensubstanzgehalte zwischen 40 – 50 % TS bei Wirbelschichtverbrennungen und 60 – 70 % TS bei Rostfeuerungen behandelt werden. Um sich alle Entsorgungswege offen zu halten, wurde als Zieltrockensubstanzgehalt ein TS zwischen 80 - 90 % festgelegt.

Ein weiterer Aspekt der unter diesem Punkt betrachtet wird, ist die Trocknung anderer Substrate, wie Hackschnitzel, Sägespäne oder Gärreste. Bei dem theoretischen Wärmeüberschuss aus dem Nahwärmenetz ist es unter Berücksichtigung einer angenommenen Trocknungsleistung von ca. 1 kWh/kg Trocknungsleistung möglich, neben dem Klärschlamm noch weitere Substrate zu trocknen. Hier wäre es möglich, die im Rahmen der Baupflege anfallenden Hackschnitzel zu trocknen und in der vorhandenen Hackschnitzelheizung des Bauhofs zu verfeuern. Bisher werden die Hackschnitzel aus der Baupflege in nassem Zustand abgegeben und dafür Trockengut zugekauft.

Der Kreislauf könnte durch eine eigene Trocknungsmöglichkeit geschlossen werden und so zu einer weiteren Einsparung von CO_2-Äquivalenten beitragen.
Nachfolgend werden die derzeit gängigen Trocknungsverfahren kurz betrachtet und hinsichtlich ihrer projektspezifischen Eignung beurteilt. Bei den „Thermischen Trocknern“ wird hier grundsätzlich zwischen Konvektionstrockner und Kontakttrockner unterschieden. Abschließend soll noch auf das HTC-Verfahren eingegangen werden.

4.1 Anlagen zur Klärschlammtrocknung

4.1.1 Konvektionstrockner

Bei den erprobten Verfahren der Konvektionstrocknung sind der Trommel-, Band- und der Wirbelschichttrockner zu nennen. Die Systeme unterscheiden sich grundsätzlich in ihrer Verfahrenstechnik und arbeiten am effizientesten im Hochtemperaturbetrieb. Unter den gegebenen Projektvoraussetzungen sollten die Trockner jedoch im Niedertemperatur- bzw. Kaltluftbereich arbeiten können, um sie in das Nahwärmenetz zu integrieren. Der Bandtrockner kann in modifizierter Bauweise auch als Niedertemperatur- oder Kaltlufttrockner betrieben werden. In dieser Betriebsweise entstehen sehr große Abluftmengen und eine Abluftreinigung wird zwingend erforderlich. Das Aufgabeverfahren des Klärschlammes auf das Trocknungsband macht eine Pelletierung des Klärschlammes zwingend erforderlich. Es ist daher nicht möglich, neben Klärschlamm andere Co-Substrate wie z.B. Hackschnitzel zu trocknen.
Wirbelschichttrockner können mit Temperaturen um die 85°C betrieben werden und können theoretisch auch andere Co-Substrate trocknen Dies setzt jedoch eine homogene und beschränkte Korngröße der Substrate voraus. Da in diesem Verfahren sehr hohe Energiemengen zur Erzeugung der Wirbelschicht erforderlich sind, und nur Substrate mit einer maximalen Korngröße getrocknet werden können, entfällt eine weitere Betrachtung.

4.1.2 Kontakttrockner

Ähnlich wie die Konvektionstrockner sind die Kontakttrockner für den Hochtemperaturbereich konzipiert. Bei den gängigen Verfahren, wie Dünnschicht- oder Scheibentrockner, ist hier eine Trocknung von Co-Substraten nicht möglich. Daher entfällt auch hier eine nähere Betrachtung.

4.1.3 Multifunktionstrockner

Der betrachtete Multifunktionstrockner ist, wie in nachfolgender Abbildung dargestellt, aufgebaut. Das zu trocknende Material wird flüssig oder in fester Konsistenz dem Trockner zugeführt. Das Trocknungsverfahren ist kontinuierlich. In dem Trocknungsbehälter verbleibt stets eine Mindest-

menge des Trockengutes. Durch das stetige Mischen, bei der Zugabe von kleinen Mengen frischen Trockengutes, entsteht eine homogene Trocknungsmasse, die nicht klebt und eine große Oberfläche zur Verdunstung der Flüssigkeit schafft.
Der Wärmetauscher kann mit Warmwasser aus dem Nahwärmenetz versorgt werden. Zwei Rührwerke vermischen kontinuierlich das zu trocknende Material. Somit ist gewährleistet, dass die Warmluft von unten das zu trocknende Material gleichmäßig durchströmt und diesem das Wasser entzieht. Die entstehende Abluft wird in einem aufgesetzten Filter gereinigt. Anfallender Staub fällt zurück in den Trocknungsbehälter und wird hier durch das feuchte Trocknungsgut gebunden.

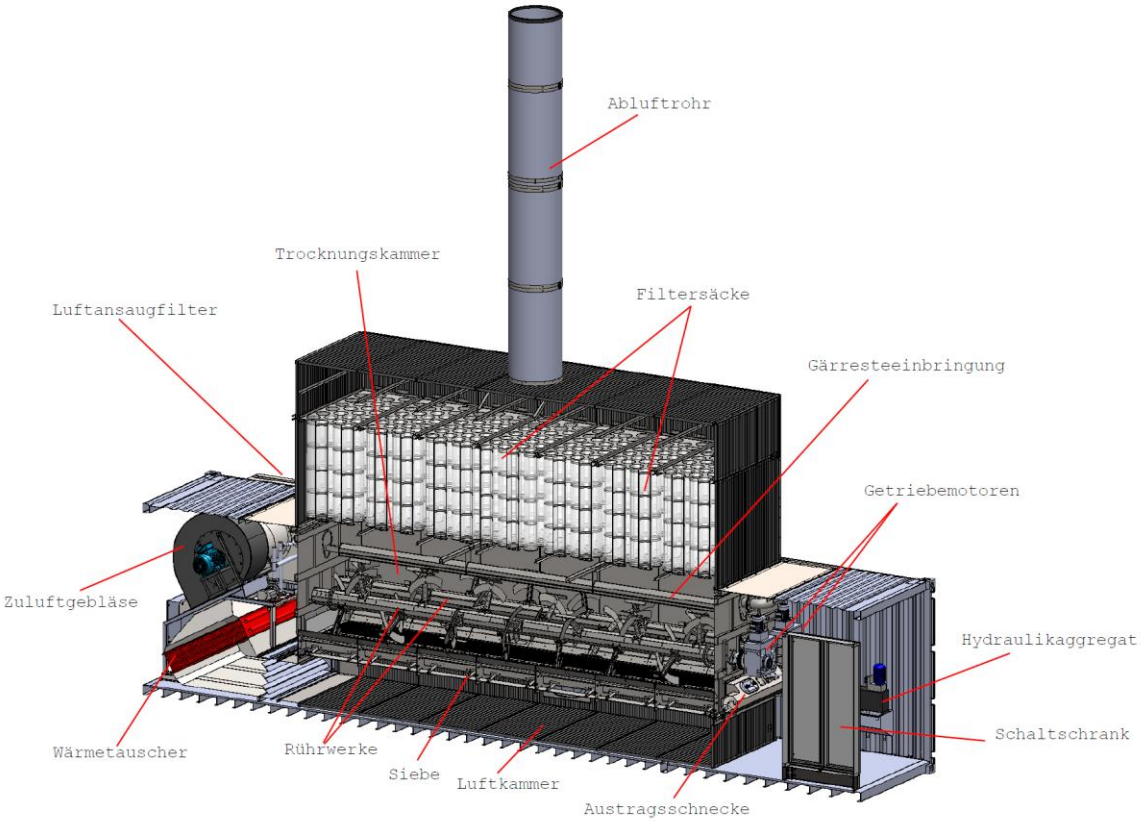

Abbildung 16: Aufbau Multifunktionstrockner (Quelle: RHS Tech)

Ein großer Vorteil des Multifunktionstrockners liegt in seiner konstruktionsbedingten Flexibilität. Nach einer kurzen Reinigung können hier auch Gärreste, Hackschnitzel, Sägespäne oder ähnliches im Intervallbetrieb getrocknet werden. Inhomogenes Trocknungsgut und die stückigen Hackschnitzel können durch die robuste Mechanik problemlos umgewälzt und so ein gleichmäßiges Abtrocknen erzielt werden.

Die durchschnittliche Verdunstungsleistung eines solchen Trockners liegt bei 1,06 kg/kWh. Die Leistungsaufnahme des Systems ist von der Umgebungslufttemperatur und Luftfeuchte abhängig. Nachstehendes Diagramm zeigt den Jahresverlauf der Leistungsaufnahme.

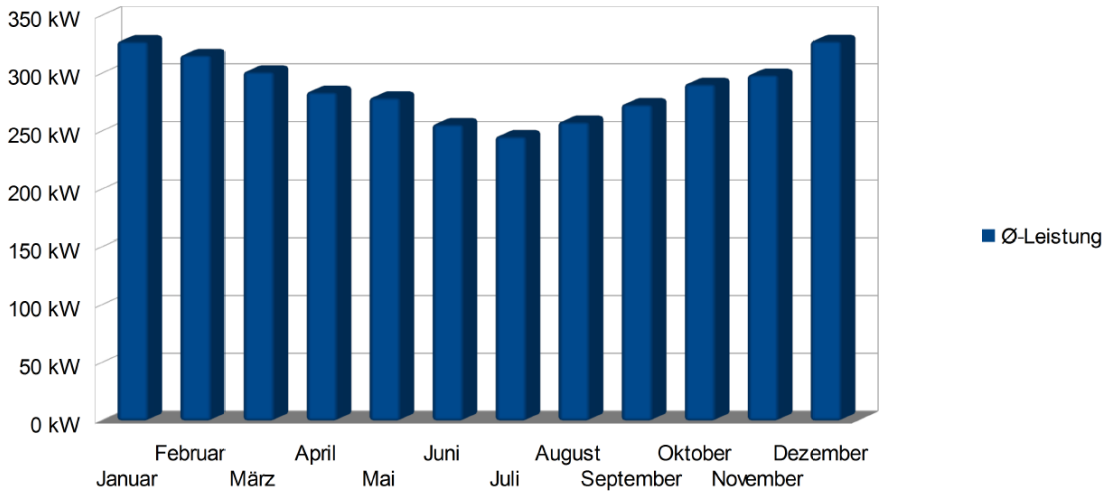

Abbildung 17: Jahresverlauf der Leistungsaufnahme

Es ergibt sich eine Jahresdurchschnittsleistung von ca. 288 kW. Bei einer Jahreslaufzeit von ca. 8.500 h entspricht das einer Energiemenge von 2.446 MWh. Mit dieser Anlagenkonfiguration könnten insgesamt ca. 3.700 t Klärschlamm von 25 % TS auf 80 % TS getrocknet werden. Eine Anhebung des TS-Gehaltes ist ohne weiteres möglich. Dadurch reduziert sich jedoch die Durchsatzmenge an Klärschlamm oder alternativem Trocknungssubstrat. Hier gilt es in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Substrates die Durchsatzleistungen zu bestimmen. Ohne Kenntnis möglicher zusätzlicher Trocknungsgüter im Einzugsbereich der Anlage, ist eine realistische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nur schwer möglich. Eine Anlage in dieser Größenordnung incl. Aufgabe und Luftwäscher kostet ca. 420.000 €. Die kompakte Bauweise lässt eine Errichtung im Bereich der Schlammstapelbehälter zu.

4.2 Solarunterstützte Klärschlammtrocknung

Bei der solarunterstützten Trocknung wird die eintreffende Solarstrahlung über eine transparente Gebäudehülle eingefangen und zur Wasserverdampfung genutzt (Gewächshauseffekt). Zusätzlich kann hier die überschüssige Wärme aus dem Nahwärmenetz über eine Luft-und/oder Bodenheizung eingetragen werden. Die Schlammzufuhr erfolgt entweder per Radlader, durch automatische Zuführung (z.B. Pumpen) oder durch Abkippen auf der Trockenfläche.
Die Effektivität der Wärmenutzung ist bei der solaren Trocknung gegenüber Konvektions- und Kontakttrocknern nicht optimiert. Der spezifische Wärmebedarf ist daher etwas höher und liegt bei ca. 1,20 kWh/kg Wasser. Berücksichtigt man einen Solarenergieanteil von 20 %, so ergibt sich ein spezifischer Wärmebedarf von 0,96 kWh/kg. Die nachfolgende Darstellung verdeutlicht das Wirkprinzip der solarunterstützten Trocknung.

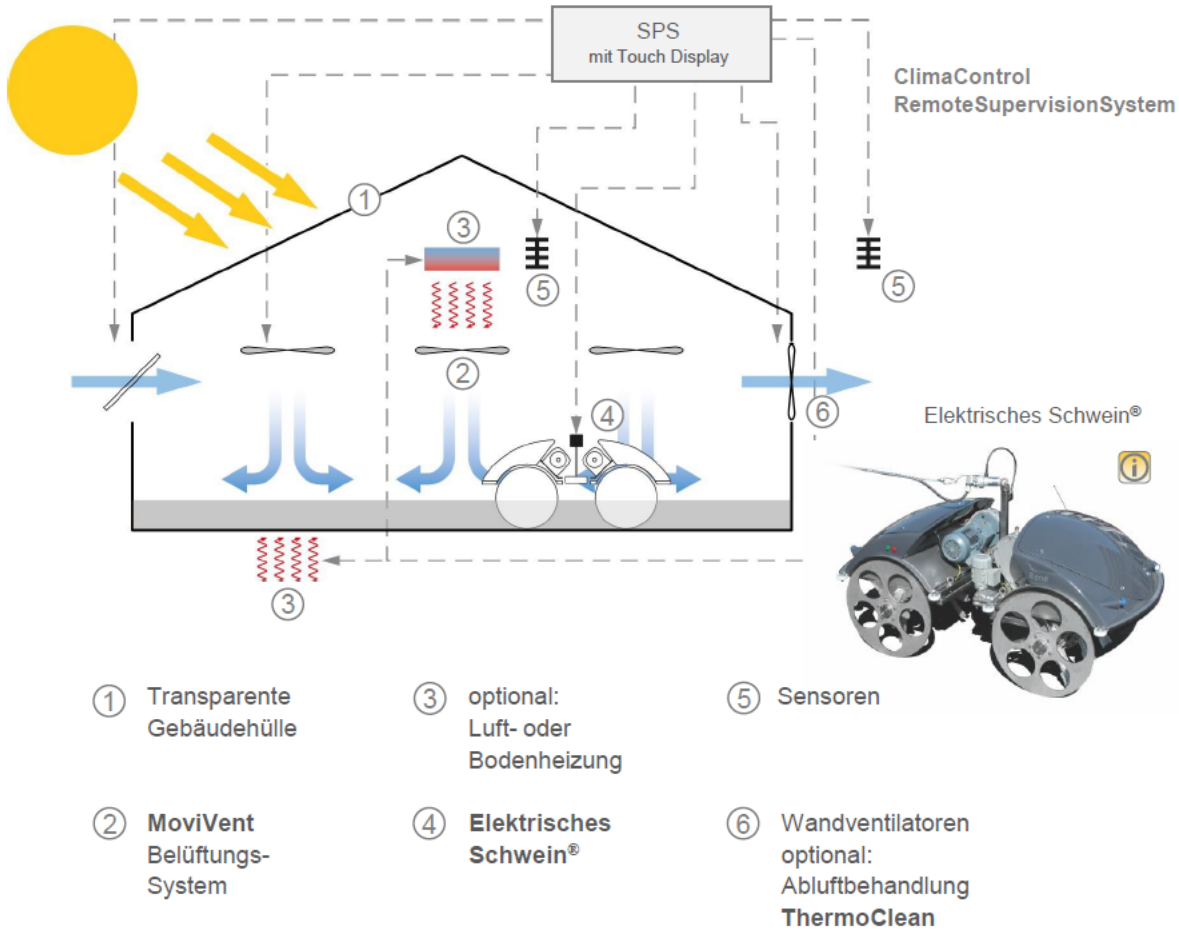

Abbildung 18: Vereinfachte Darstellung der Solaren Trocknung (Quelle: Thermo-System)

Die saisonalen Schwankungen und Witterungsbedingungen haben einen deutlichen Einfluss auf den zu erzielenden Trockensubstanzgehalt. Die hier vorliegende Kalkulation legt einen TS-Gehalt

von 90 % zu Grunde, der auf Grund des relativ hohen Wärmepotenzials aus dem Nahwärmenetz sicher überwiegend erreicht wird. Die reelle Schwankungsbreite wird aber sicher zwischen 70-90 % TS liegen.

Unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Wärmemenge aus dem Nahwärmenetz ist eine gesamte Trocknungsfläche von ca. 480 m² erforderlich. Bei einer Abmessung der Trocknungshalle von ca. 40 x 12 m (L x B) wäre eine Errichtung auf der benachbarten Optionsfläche der Kläranlage möglich. Überschlägig ist mit Kosten von ca. 485.000 € für die Trocknungshalle incl. Technik und Heizung zu rechnen. Hinzu kommen - wie auch beim nachfolgend beschriebenen Multifunktionstrockner - die Kosten für ein mögliches Entwässerungsaggregat (ca. 185.000 €) und die Kosten für die Transportlösung für den Klärschlamm zwischen Schlammstapelbehälter und Entwässerung.

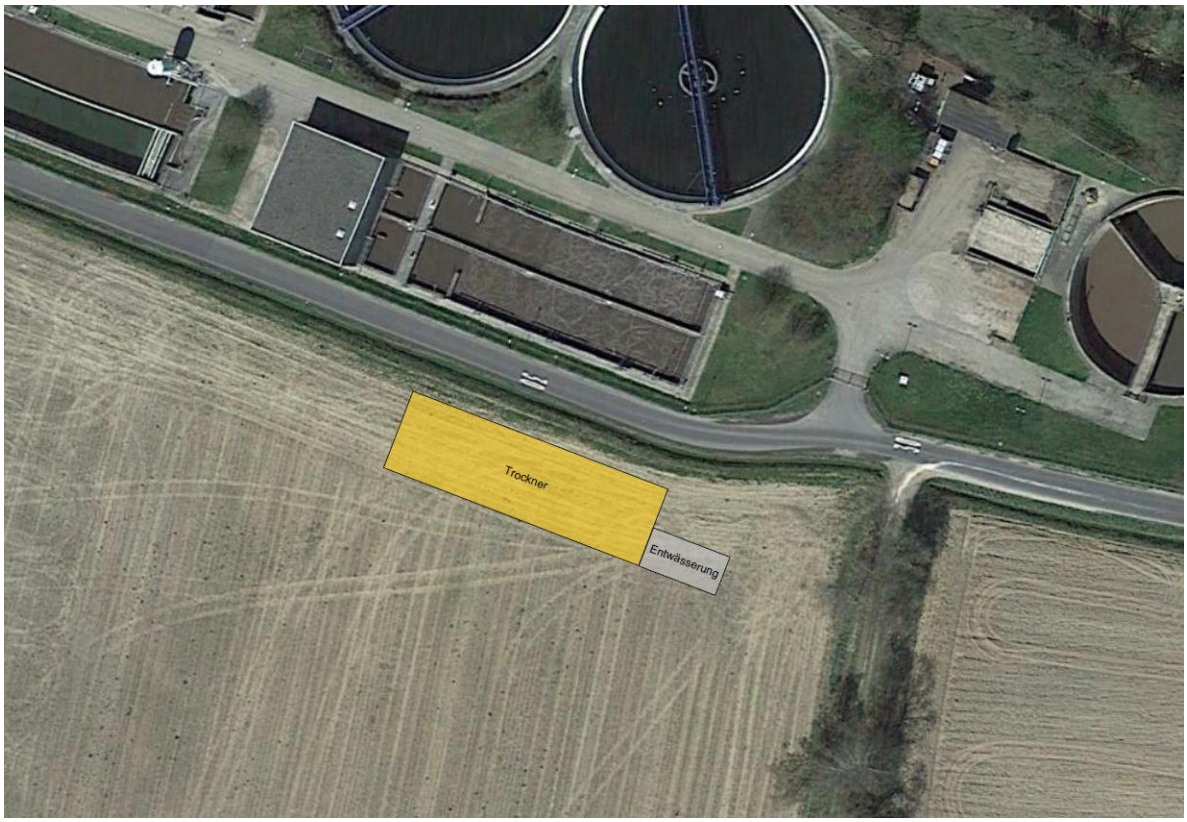

Abbildung 19: Möglicher Standort der solaren Trocknung incl. Entwässerung

Theoretisch können in der solarunterstützten Trocknung auch Co-Substrate getrocknet werden. Der Wärmeübergangskoeffizient und die Trocknungsleistung bei eher stückigen Hackschnitzeln sind allerdings niedrig.

4.3 Hydrothermale Carbonisierung

Bei der hydrothermalen Carbonisierung werden die thermischen und physikalisch-chemischen Produkteigenschaften von Klärschlamm in einem thermischen Aufschlussverfahren unter Druck verändert. Dies führt dazu, dass zum einen die energetische Gesamtausbeute im Klärschlamm um bis zu 30% gesteigert werden kann und die adsorptiven Potenziale und Beständigkeit in wässrigen Medien zu einer Steigerung der biologischen Leistungsfähigkeit führen kann. Interessant für die vorliegende Studie ist vor allem die Tatsache, dass durch die hydrothermalen Carbonisierung die mechanische Entwässerbarkeit des Klärschlammes deutlich gesteigert wird. Mit den derzeit gängigen mechanischen Entwässerungsverfahren können Trockensubstanzgehalte > 35 % kaum erzielt werden. Durch eine hydrothermale Vorbehandlung kann der Klärschlamm mit mechanischer Verfahrenstechnik auf bis zu über 50 % TS entwässert werden. Somit wäre in einem letzten Schritt die Verbrennung in einer Monoverbrennungsanlage möglich. Wie bereits in der Einleitung des Abschnitts 4 erwähnt, können in Abhängigkeit von der eingesetzten Monoverbrennungstechnik, Trockensubstanzgehalte zwischen 40 – 50 % TS bei Wirbelschichtverbrennungen behandelt werden.

Der Einsatz der hydrothermalen Carbonisierung wurde von der Artec Biotechnologie GmbH geprüft und auf Grund der Informationslage mit einer vorläufigen, sehr groben Kostenbetrachtung hinterlegt. Die nachfolgenden Erläuterungen und die Kostenbetrachtung im Anhang dieser Studie wurden ungeprüft von der Artec Biotechnologie GmbH übernommen.

Anmerkungen zur Kalkulation HTC-Anlage zur Klärschlammaufbereitung Marktredwitz (Quelle: Artec Biotechnologie GmbH)

Auf Grund der Informationslage handelt es sich bei der Kalkulation nur um eine sehr grobe erste Abschätzung mit unverbindlichen Annahmen. Dies trifft besonders auf die Investitionskosten zu.
Der mögliche Durchsatz durch die Anlage wird wesentlich von der angenommenen Verweildauer beeinflusst. Je niedriger die Verweildauer, desto höher der Durchsatz. Hier wurde eine Verweildauer von 3 Stunden angenommen, so dass sich ein jährlicher Durchsatz von 7.100 t Klärschlamm mit 5 % TS ergibt. In der Kalkulation wurde ein Entsorgungspreis für diesen nassen Klärschlamm angesetzt, der durch die Behandlung mit HTC vermieden werden kann. Der Entsorgungspreis wurde aus den Angaben in der Projektbeschreibung abgeleitet:
Aktuell wird der Klärschlamm von einem externen Dienstleister entwässert. Zur Entsorgung bleiben nach der Entwässerung 1.385 t übrig. Annahmegemäß betragen die Entsorgungskosten 60 €/t. Bezogen auf den jährlichen Durchsatz von 7.100 t ergibt sich ein Entsorgungspreis von 1.385∗60/7.100 = 11,70 € je t nicht entwässerter Klärschlamm. Als Produkt entstehen ca. 380 t ent-

wässerter HTC-Klärschlamm mit 65 % TS. Dieser muss annahmegemäß zu einem Preis von 60 €/t entsorgt werden. Bei der HTC sind die individuellen Rahmenbedingungen eines Standorts oder eines Verwendungszwecks ausschlaggebend für das wirtschaftliche Ergebnis.
Sollte dieses Verfahren weiter betrachtet werden, gilt es, die nachfolgenden Fragestellungen zu prüfen:

- Sollte eine HTC-Anlage vor oder nach dem Faulturm installiert sein? Vor dem Faulturm könnte die Anlage das Material so weit aufschließen, dass die Gasausbeute gesteigert wird.
  → Ansatz eines monetären Vorteils in der Kalkulation
- Wie wird die flüssige Phase nach HTC behandelt? Ist sie als Rezirkulat nutzbar? Ist sie in der angedachten Vergärung von Abfallstoffen nutzbar? Oder muss sie entsorgt werden? (In der vorliegenden Kalkulation wird sie entsorgt.)
- Wie ist die Wärmebereitstellung für die HTC-Anlage? Ist es möglich, KWK-Bonus und Erlöse aus Wärmeverkauf aufgrund der Abwärmenutzung des bestehenden oder neu zu installierenden BHKWs zu generieren? (In der vorliegenden Kalkulation wurde dies so angenommen, die Konstellation muss aber abgeklärt werden.)

Betrachtet man nur die Kosten des Betriebs einer Anlage, so ergibt sich ein Preis von 47 €/t Klärschlamm. Diese Kosten reduzieren sich, je nachdem, welche Vorteile aus HTC angesetzt werden können.

4.4 Klimawirksame Einsparungen

Die Quantifizierung der aus der Klärschlammtrocknung resultierenden CO_2-Einsparungen gestaltet sich aufgrund des noch unklaren, zukünftigen Entsorgungs- bzw. Verwertungsweges schwierig. Zwar kommt es in der weiteren Behandlungskette durch die Gewichtsreduzierung zu einer Einsparung von CO_2-Äquivalenten im Transport, diese können hier jedoch nicht detailliert ermittelt werden. Ein viel größeres Einsparpotenzial liegt in der Substitution fossiler Brennstoffe. Der Heizwert von getrocknetem Klärschlamm ist im Mittel mit dem Heizwert von Braunkohle zu vergleichen. Durch eine Substitution wäre somit eine Einsparung von ca. 95 t CO_2/TJ erzeugter Endenergie möglich. Neben der CO_2-Einsparung erscheint die Möglichkeit der Phosphorrückgewinnung aus den Klärschlammaschen als gewichtiger. Phosphor als eine endliche Ressource könnte hier wertvollen Wirtschaftsdünger ersetzen. Wie schon erwähnt, ist eine belastbare Quantifizierung einer möglichen CO_2-Einsparung unter den noch offenen Rahmenbedingungen derzeit nicht möglich. Dies kann erst abgeschätzt werden wenn der weitere Weg der Verwertung und Entsorgung feststeht.

5 SONSTIGE POTENZIALE

Im Rahmen der vorliegenden Potenzialanalyse sollen neben den oben beschriebenen Haupthandlungsfeldern auch weitere Potenziale aus dem Bereich der erneuerbaren Energien, Abwärmepotenziale aus industriellen Anlagen und sonstige Niedertemperaturquellen untersucht werden.

5.1 Energie aus Abwasser

Abwasser ist auf Grund seines im Vergleich zu Grund- und Oberflächenwasser hohen Temperaturniveaus eine wertvolle Wärmequelle. Das Abwasser fällt an verschiedenen Stellen mit unterschiedlichen Temperaturen und variierenden Mengen an. Die Temperaturen des Abwassers nehmen vom Erzeuger hin zur Kläranlage ab, die zur Verfügung stehenden Volumenströme nehmen zur Kläranlage hin zu. Der Ort der sinnvollsten Wärmeentnahme ist daher stark von den äußeren Rahmenbedingungen abhängig.

Da bisher keine Wärmekartierung des Kanalnetzes vorliegt und sich dieses Klimaschutzteilkonzept auf das nähere Umfeld der Kläranlage bezieht, wird nachfolgend nur die Wärmenutzung im direkten Zulauf der Kläranlage untersucht. Als Abnahmestellen kommen hier der Kanaleinlauf zum Hebewerk, der Überlauf zum Rechen, der Überlauf Richtung Sandfang oder die Einleitstelle in die Vorflut in Frage.

Abbildung 20: Zulauf Hebewerk (links), Überlauf Rechen (rechts), Überlauf zum Sandfang (unten)

Für eine überschlägige Abschätzung zur Machbarkeit einer Wärmerückgewinnung aus dem Kläranlagenzulauf werden die mittleren Zulauftemperaturen und der mittlere minimale Zulauf der Kläranlage herangezogen. Nachfolgende Grafik zeigt den Zulauf und die Zulauftemperatur der Kläranlage in den Jahren 2013, 2014 und 2015. Für das Jahr 2013 liegen leider keine minimalen Abflüsse vor, auf eine Darstellung der mittleren Abflüsse wird hier verzichtet.

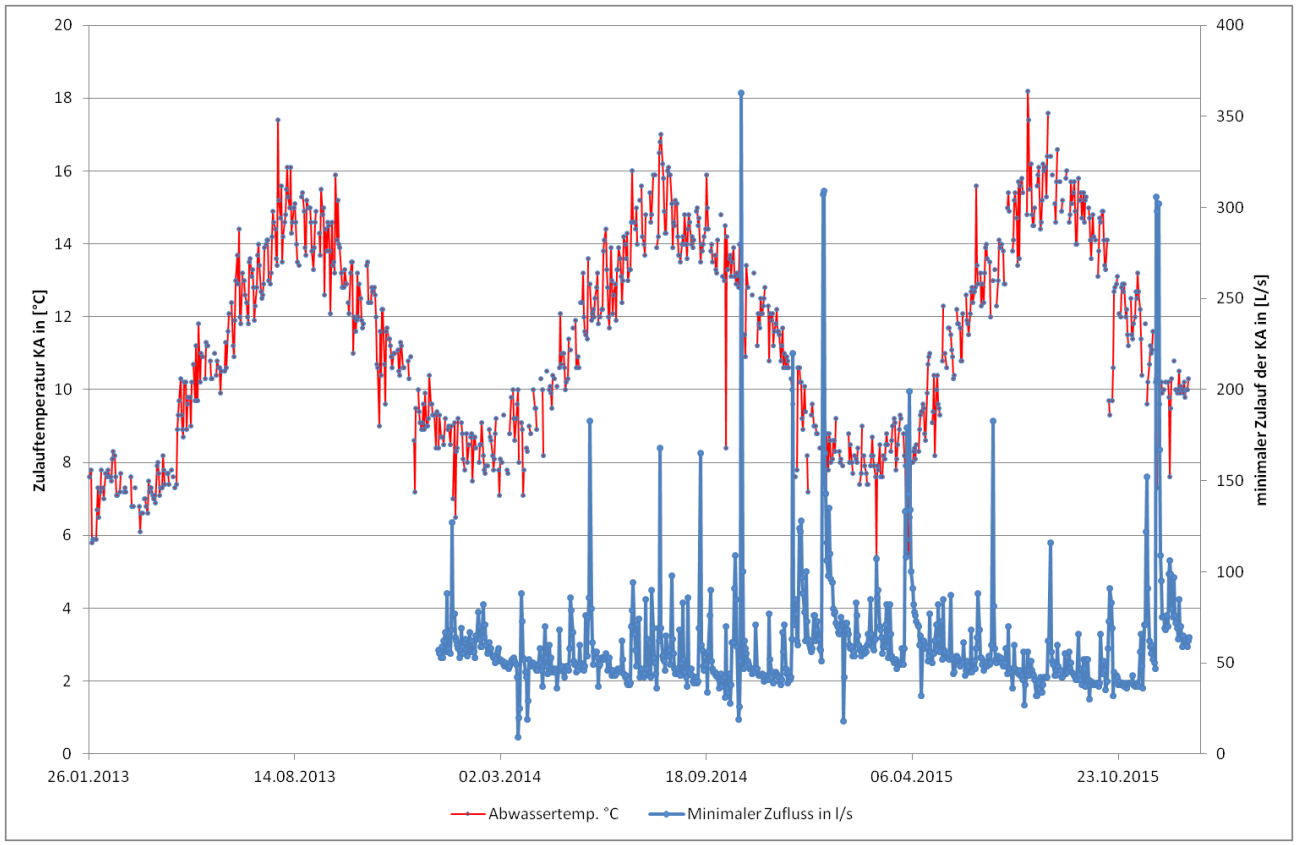

Abbildung 21: Zulauf und Zulauftemperatur der Kläranalage 2013 - 2015

Ein geforderter Mindesttrockenwetterabfluss (Tagesmittel) von > 15 l/s wird im dargestellten Verlauf bis auf wenige Ausnahmen eingehalten. Die Abwassertemperaturen liegen im Mittel zwischen 10 und 15° C. Während der Heizperiode fallen die Temperaturen jedoch deutlich unter 10° C. Ein geeigneter Wärmeabnehmer bzw. die Einbindung in das Gesamtsystem Nahwärmenetz wäre unter den örtlichen Gegebenheiten relativ einfach zu realisieren.

Für eine erste, überschlägige Abschätzung der Wärmeübertragungsmenge wird der mittlere minimale Abfluss der Kläranlage in den Jahren 2014 und 2015 mit ca. 60 l/s angesetzt. Da keine Angaben über Fließgeschwindigkeiten und stoßartige Abflüsse vorliegen, wird als Temperaturabkühlung ein ΔT von 3 K angenommen.

$$Wwt = c * \rho * Q * \Delta T$$

Aus vorstehender Formel ergibt sich somit eine theoretische Wärmeübertragungsmenge eines möglichen Wärmetauschers von ca. 750 kW.

Abschließend ist Folgendes festzustellen: Nach derzeitigem Kenntnisstand ist eine Wärmerückgewinnung im Kläranlagenzulauf grundsätzlich technisch möglich. Die minimalen Abflusswerte liegen jedoch an der unteren Grenze der Wirtschaftlichkeit. Desweiteren muss unbedingt berücksichtigt werden, dass eine weitere Temperaturabsenkung im Kläranlagenzulauf zu einer Verschlechterung der biologischen Reinigungsleistung führt. Darüber hinaus müssen Kläranlagen auch im Winterbetrieb bei geringen Temperaturen zumindest die Nitrifikation sicherstellen, d.h. die Einhaltung eines bestimmten Ammoniumstickstoffgrenzwertes, bei Temperaturen ≥ 8° C oder ≥ 10° C muss gewährleistet werden. Sollte die Wärmerückgewinnung aus Abwasser weiter verfolgt werden, gilt es, durch entsprechende Voruntersuchungen die Rahmenbedingungen im Detail zu prüfen, um eine negative Beeinflussung der Kläranlagenbiologie auszuschließen.

5.2 Kleine Wasserkraft

Das im Ablauf der Kläranlage an den Vorfluter abgegebene Wasser trägt auf Grund der topografischen Lage eine gewisse potentielle Energie in sich. Hier ist es möglich, durch den Einsatz der „kleinen“ Wasserkraft diese Energie nutzbar zu machen. Für den speziellen Anwendungsfall auf der Kläranlage Marktredwitz wäre eine Kleinanlage bis 5 kW in Form eines oberschlächtigen Wasserrades am zielführendsten.
Für eine überschlägige Annahme werden die nutzbare Höhendifferenz von ca. 5 m, ein durchschnittlicher Kläranlagendurchfluss von 125 l/s und ein Gesamtanlagenwirkungsgrad von 60 % angesetzt.

$$P = Q * H * g * 0{,}55$$

Auf Basis dieser einfachen Abschätzung ergibt sich eine durchschnittliche Anlagenleistung von knapp 2.950 W. Bei einer Anlagenverfügbarkeit >99 % können ca. 25.000 kWh abgegriffen werden.

5.3 Wärmerückgewinnung Verdichterstation

Die Kläranlage der Stadt Marktredwitz ist für eine Ausbaugröße von 60.000 EW (Einwohnergleichwerte) ausgelegt. Die mittlere Belastung der Anlage liegt aktuell bei ca. 35.000 EW und hat einen Verbrauch von 35 kWh/EW und Jahr. Der durchschnittliche Energieverbrauch liegt somit über dem bayerischen Durchschnitt. Die Anlage soll daher auf eine Größe von 50.000 EW verringert und die

biologische Reinigungsstufe optimiert werden. In einem ersten Schritt wurde hier bereits die Belüftung auf einen intermittierenden Betrieb umgestellt. Dadurch konnte der Stromverbrauch bereits um 30.000 kWh reduziert werden. Ein weiteres Einsparpotenzial im Bereich der Belebungsanlage liegt in den installierten Verdichtern (1 x 45 kW, 1 x 75 kW, 1 x 90 kW, 1 x 55 kW), die die nötige Prozessluft für die biologische Reinigungsstufe liefern.

Abbildung 22: Verdichterstation Belebung

Vorstehende Abbildung zeigt die installierten Verdichter zur Bereitstellung der Prozessluft. Durch eine Umrüstung auf Schraubenkompressoren neuster Bauart wäre in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen eine Einsparung von ca. 30 % möglich. Zusätzlich bieten die am Markt verfügbaren Systeme die Möglichkeit, die beim Betrieb der Kompressoren entstehende Wärme zurückzugewinnen. Beispielhaft bedarf es zur Erzeugung von ca. 60 m³/min Prozessluft bei einem Vordruck von 650 mbar einer Motorennennleistung von 75 kW. Je nach eingesetztem Wärmetauscher können somit ca. 60 kW maximale Wärmeleistung ausgekoppelt werden.
Dieses Potenzial sollte weiterverfolgt werden, wenn die Detailplanung der Umrüstung der Kläranlagenbiologie abgeschlossen ist und die benötigten Volumenströme und Vordrücke feststehen.

6 ABSCHLIESSENDE GESAMTBETRACHTUNG

6.1 Gesamt CO_2-Bilanzierung

Auf Grundlage der Berechnungen mit dem Software-Tool SOPHENA können für die beiden Varianten 1A und 1B die Treibhausgasemissionen einer zukünftigen Wärmeversorgung dargestellt werden. Zu beachten ist hierbei, dass die Betrachtung innerhalb der Software zunächst ohne Berücksichtigung des zukünftigen Spitzenlastkessels durchgeführt wurde und der Vergleich zu einer alternativen Wärmeerzeugung auf Basis fossiler Energieträger ermittelt wird.
Abbildung 23 zeigt die überschlägige Ermittlung als Ergebnis der Berechnung für Variante 1A innerhalb der Software.

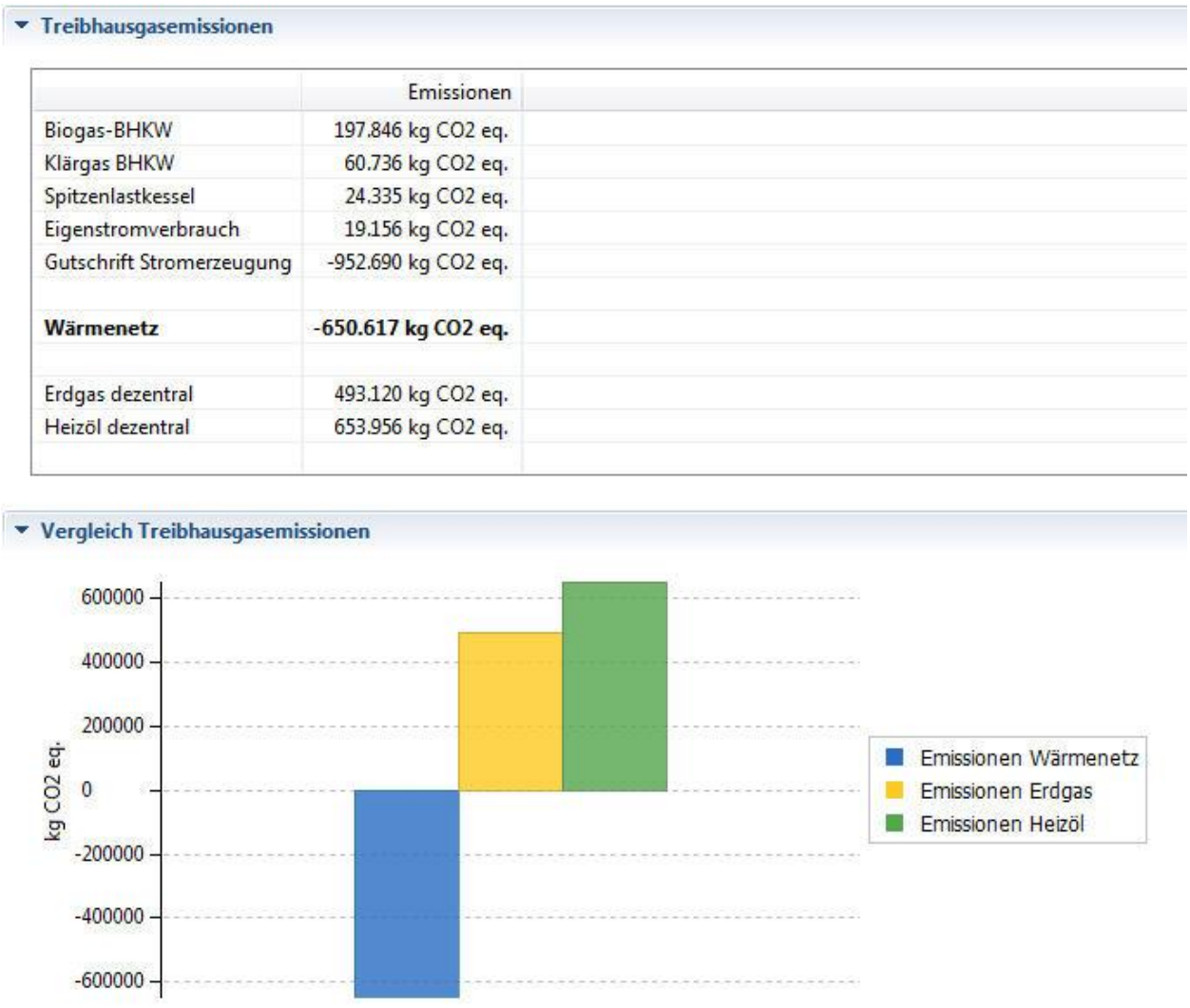

Abbildung 23: Darstellung der Treibhausgasemissionen für Variante 1A (Quelle: SOPHENA)

Um einen detaillierten und nachvollziehbaren Vergleich zwischen den aktuellen und zukünftigen CO_2-Emissionen in den Bereichen Wärme und Strom zu schaffen, werden folgende Annahmen getroffen (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Emissionsfaktoren unterschiedlicher Energieträger (Quelle: KEA Baden-Württemberg, Umweltbundesamt)

Energieträger / Technologie	Emissionsfaktoren [$g/kWh_{Endenergie}$]
Heizöl	320
Flüssiggas	267
Erdgas	250
Scheitholz	19
Holzpellets	27
Holzhackschnitzel	24
Bundesstrommix 2015	535
Klärgas	26
Biogas (Bioabfall)	205
Photovoltaik	69

Aus diesen Grundlagen ergeben sich für den aktuellen und zukünftigen Zustand folgende CO_2-Emissionen. Tabelle 10 zeigt einen Vergleich der Emission von Treibhausgasen im aktuellen Zustand und im möglichen Ausbauzustand eines Wärmenetzes nach Variante 1A.

Tabelle 10: CO_2-Emissionen im Ausgangszustand und im Zustand Wärmenetz (Quelle: Eigene Berechnungen)

	Ausgangszustand t CO_2	**Zustand Wärmenetz t CO_2**
Stromerzeugung	1.020	803
Wärmeerzeugung	554	75

Es wird deutlich, dass sich die Emissionen nach der Errichtung des Wärmenetzes deutlich reduzieren. Durch die Nutzung von Klärgas und biogenen Reststoffen als Energieträger können die CO2-Emissionen deutlich reduziert werden. Zusätzlich führt die Tatsache, dass eine neue Biogasanlage im Vergleich zum Bundesstrommix deutlich umweltfreundlichere Energie erzeugt, dazu, dass weitere ca. 723 t CO_2 eingespart werden können.

6.2 Umsetzungs- und Controlling-Konzept

Die im Rahmen des Klimaschutz-Teilkonzepts ausgearbeiteten Maßnahmenempfehlungen dienen als Grundlage für ein weiteres Engagement des der Stadt Marktredwitz im Bereich der nachhaltigen Wärmeerzeugung und -nutzung. Wichtig ist, neben der Schaffung von Verantwortlichkeiten bei der Umsetzung, die kontinuierliche sowie beharrliche Überwachung der Umsetzungserfolge sowie eine Weiterentwicklung der Maßnahmen. Dies fordert kurz- und mittelfristig einen intensiven Einsatz von Ressourcen, da es sich teilweise um äußerst komplexe Aufgabestellungen handelt.

Der Aufbau einer umfassenden Controlling-Struktur in der, neben Kommunikation und Koordination, auch rechtliche und technische Fähigkeiten zur Bewertung der Umsetzungserfolge ineinander greifen, ist deshalb unerlässlich. Im Folgenden wird ein Überblick zu entscheidenden Handlungsfeldern gegeben, die innerhalb der Stadtverwaltung auf mehrere Schultern verteilt werden sollten.
Hier werden in den Maßnahmenempfehlungen zwei zentrale Aufgaben vorgeschlagen, um dieses Monitoring gewährleisten zu können. Hier können die Einführung eines interkommunalen Energiemanagementsystems und ein Datenmonitoring, wie es bereits im Bereich der Kläranlage betrieben wird, sinnvoll sein.

Das Energiemanagement dient dazu, die Energieverbrauchswerte der Liegenschaften regelmäßig zu dokumentieren. Darauf basierend können weitere konkrete Maßnahmen zur Energieeinsparung und zur Steigerung der Energieeffizienz identifiziert werden. Nach der Umsetzung von Projekten kann anschließend deren Erfolg durch die Weiterführung der Messungen zum Energieverbrauch bewertet werden.

Unter dem Monitoring der Energieverbrauchsdaten versteht sich der umfassende Blick auf das Projektumfeld. Hierbei gilt es, die Angaben für die leistungsgebundenen Energieträger jährlich bei den Energieversorgungsunternehmen zu erfragen und auszuwerten. Zusätzlich sind die Angaben der BHKW und Wärmeverbräuche über Wärmemengenzähler zu dokumentieren.
Wichtig sind die regelmäßige Kontrolle der durchgeführten Maßnahmen anhand der aufgenommenen Daten und die stetige Analyse hinsichtlich der Identifizierung möglicher neuer Handlungsansätze. Die Grundlage dafür bildet der PDCA-Zyklus (plan-do-check-act; siehe Abbildung 24). Nachdem ein Projekt geplant und durchgeführt wurde, gilt es, basierend auf den gesammelten Daten, die Umsetzung zu bewerten und mögliche Handlungsschritte zur Anpassung zu ermitteln. Durch ein kontinuierliches Controlling können Maßnahmen mit hoher Umsetzungsstärke identifiziert werden.

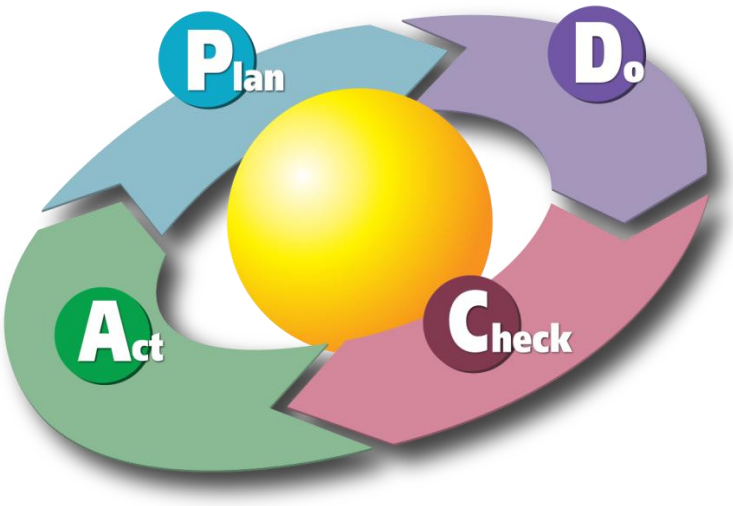

Abbildung 24: Darstellung des PDCA-Zyklus

6.3 Controlling zum Nahwärmekonzept

Im konkreten Fall könnte ein Controlling-Konzept wie folgt aussehen.

Durch die Installation von Wärmemengenzählern bei allen Abnehmern und Lieferanten ist es möglich, den thermischen Energieverbrauch jeweils genau aufzunehmen und zu dokumentieren. Es ist zu beachten, dass die Anschaffungskosten bei ca. 300-400 € für einen Wärmemengenzähler liegen. Für eine kontinuierliche Überprüfung einer funktionierenden Wärmeversorgung ist diese Investition jedoch unabdingbar. Abbildung 25 zeigt, wie ein Wärmemengenzähler in das Gesamtsystem eines Nahwärmenetzes eingebunden ist.

Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten die Daten zu erfassen. Dazu werden, abhängig von der installierten Leistung der Wärmeerzeugungsanlage, folgende Intervalle empfohlen:

- Bis 200 kW monatlich
- Bis 3.000 kW wöchentlich
- Über 3.000 kW täglich

In dieser Studie wurden Wärmenetze untersucht, die in den Leistungsbereich bis 3.000 kW fallen. Daher wird eine wöchentliche Dokumentation der Wärmeverbräuche aller Abnehmer empfohlen. Die einfachste und kostengünstigste Lösung ist die direkte Ablesung des Zählerstands in regelmäßigen Abständen.

Der Betreiber der Wärmeerzeugungsanlage muss hierzu eine verantwortliche Person bestimmen, die alle Angaben sammelt und zusammenträgt. Dies kann beispielsweise durch die Eintragung in eine Excel-Tabelle geschehen. Es muss vorab vereinbart werden, ob die verantwortliche Person

alle Zählerstände persönlich abliest oder die jeweiligen Abnehmer den aktuellen Zählerstand regelmäßig übermitteln.

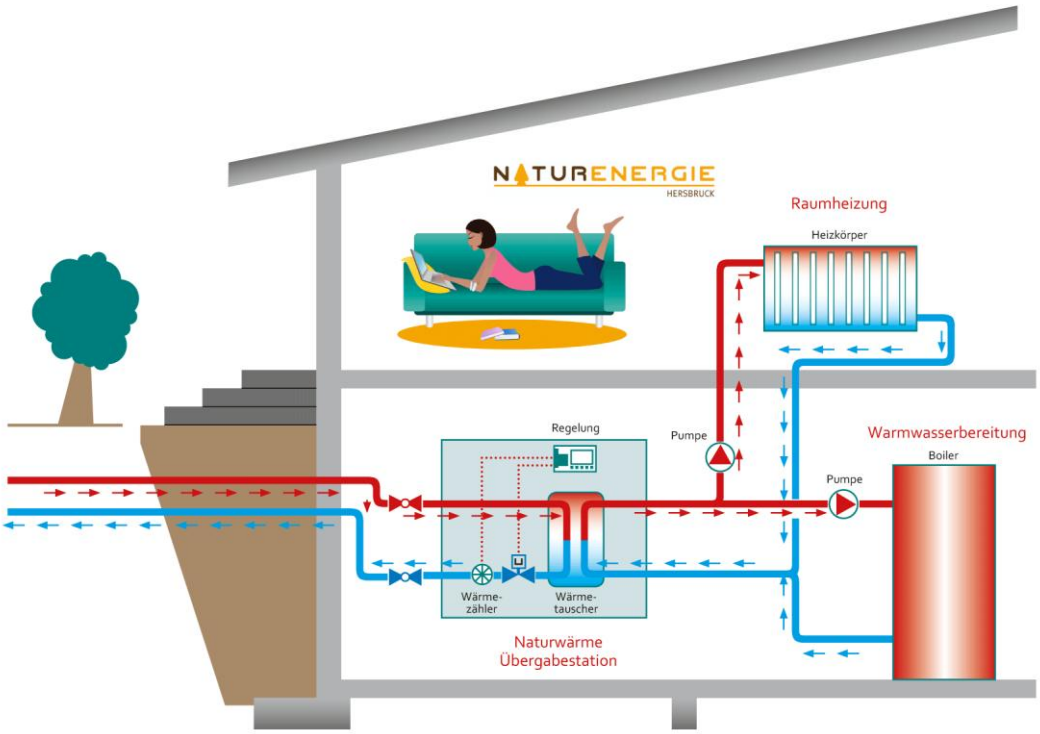

Abbildung 25: Exemplarische Darstellung der Integration eines Wärmemengenzählers (Quelle: Naturenergie Hersbruck)

Neben dieser kostengünstigen Variante gibt es auch die Möglichkeit die Datenerfassung zu automatisieren. Dies ist jedoch mit hohen Investitionen in Messtechnik und Software verbunden. Im Normalfall sollte man bei einem Wärmenetz mit vielen Abnehmern über einen sinnvollen Einsatz dieser Technik nachdenken. Bei einer kompakten Abnehmerstruktur auf engem Raum ist die kostengünstige Variante zu bevorzugen.

Der Arbeitsaufwand sollte sich insgesamt auf ca. 2 Arbeitsstunden je Woche begrenzen lassen, in denen die Werte abgelesen bzw. abgefragt und eingetragen werden. Zusätzlich ist jährlich eine Auswertung wichtiger Kennzahlen durchzuführen, damit man den Erfolg der umgesetzten Maßnahme überprüfen kann. Die Vorbereitung dieser Kennzahlen, auch zur öffentlichen Präsentation in relevanten Gremien, kann 1 - 3 Arbeitstage in Anspruch nehmen.
Hinsichtlich des zeitlichen Ablaufs ist es sinnvoll, die Verbrauchswerte an festen Wochentagen, beispielsweise Montag oder Freitag, abzulesen und einzutragen. Dadurch erhält man eine bessere Vergleichbarkeit der Werte. Eine Präsentation mit Auswertung wichtiger Kennzahlen sollte mög-

lichst zu Beginn des Folgejahres stattfinden. So kann ein Fazit zu einem festen Zeitraum über 12 Monate gezogen werden.

In diesem jährlichen Bericht sollen aktuelle Kennzahlen zum Wärmenetz angegeben werden:

- Angaben zu Wärmeerzeugern (Brennstoffbedarf, Leistung, Auslastung, Zustand)
- Länge des Wärmenetzes
- Anzahl der Wärmeabnehmer
- Verbrauchswerte des Gesamtnetzes und der Abnehmer

Hinsichtlich der Überprüfung der gesetzten Klimaschutzziele und somit der ökologischen Wirksamkeit der Maßnahme sind die vermiedenen Treibhausgas-Emissionen zu ermitteln. Hierzu dienen die im Rahmen dieser Studie ermittelten Ausgangswerte als Referenz. Aktuelle Referenzwerte können beispielsweise über das Umweltbundesamt abgefragt werden.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass der Erfolg von Wärmeversorgungskonzepten durch geeignete Maßnahmen sehr gut kontrolliert werden kann. Es ist wichtig, geeignete Strukturen und Verantwortlichkeiten zu schaffen, damit ein regelmäßiges Controlling stattfinden kann.

6.4 Kommunikationsstrategie

Bereits in Abschnitt 1.2 wurde auf die Vorgehensweise hinsichtlich der Beteiligung von Öffentlichkeit und wichtigen Akteuren im Verlauf der Konzepterstellung eingegangen. Wichtig für die Umsetzung von Maßnahmen ist die Bekanntmachung in der Öffentlichkeit. Einerseits dient dies dem Zweck, dass durch intensive und detaillierte Informationen zu möglichen Projekten ein positiver Eindruck in der Bevölkerung geschaffen wird. Andererseits ist es wichtig, die Projekte der Stadt Marktredwitz so darzustellen, dass den Bürgern der positive Mehrwert vermittelt wird. Der Leitspruch „Tue Gutes und rede darüber“ ist hierbei ein sinnvoller Gedanke. Dadurch ist es möglich den Projekten zur nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung in Marktredwitz ein positives Image zu geben. Weitere Projekte können somit möglicherweise mit einer breiten Unterstützung aus der Bevölkerung und wichtigen Akteuren auf den Weg der Umsetzung gebracht werden.
Nach der Fertigstellung dieses Klimaschutzteilkonzepts sollen die Ergebnisse öffentlichkeitswirksam präsentiert werden. Ein wichtiges Instrument ist dabei der Internetauftritt der Stadt Marktredwitz. Die Webseite enthält bereits eine Navigation zu aktuellen Themen aus dem Bereich Klimaschutz und Energie. Hierin wurde bereits auf die Erstellung des Konzepts und die Zielstellung hingewiesen (vgl. Abbildung 26).

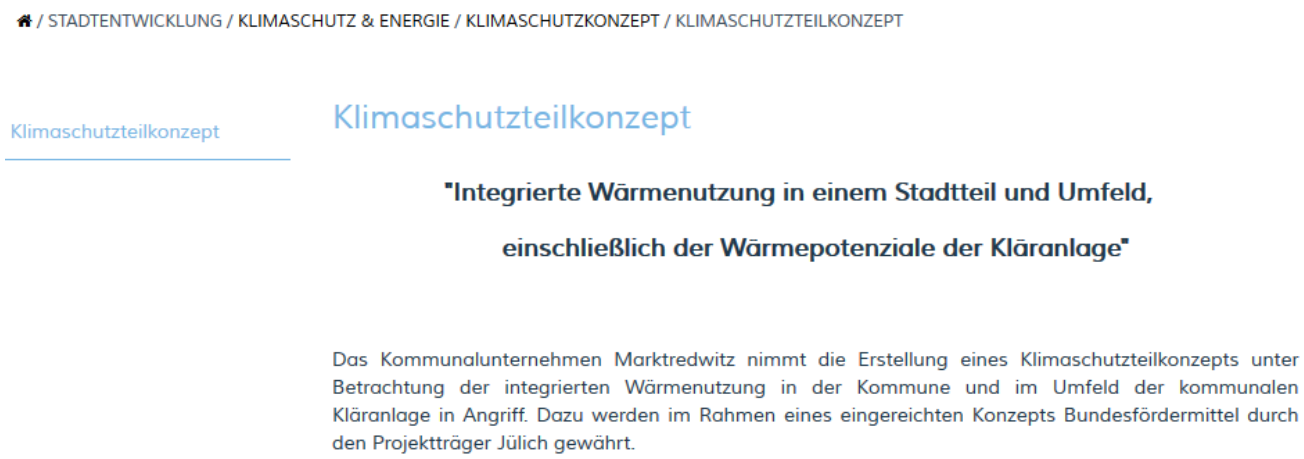

Abbildung 26: Bekanntmachung zum Klimschutzteilkonzept auf der Homepage der Stadt Marktredwitz (Quelle: www.marktredwitz.de)

Im nächsten Schritt ist es sinnvoll und auch gefordert die Ergebnisse dieser Studie im Internet der breiten Bevölkerung zur Verfügung zu stellen. Ein Hinweis in der Presse in Form eines kurzen Berichts bzw. einer Pressemitteilung kann hierzu ein wirksames Instrument sein.

Sollte es zu einer Umsetzung eines Nahwärmeverbund-Projekts kommen, so ist es sinnvoll hierüber eine öffentlichkeitswirksame Informationsveranstaltung durchzuführen. Ein solches Projekt fördert das Image aller Projektbeteiligten und sollte daher auch von allen mitgetragen werden. Beispielsweise können bereits in der Planungsphase mögliche Schritte der Konzeptionierung und ein zeitlicher Rahmen zur Umsetzung bekannt gemacht werden.
Wichtig ist ebenfalls die Kommunikationsstrategie nach Umsetzung einer Maßnahme. Das Kommunalunternehmen Marktredwitz kann hier beispielsweise eine öffentliche Einweihungsfeier mit der Möglichkeit zur Besichtigung relevanter Anlagenteile organisieren. So erhält jeder interessierte Bürger einen Eindruck, wie seine Stadt als Vorbild bei der Umsetzung der Energiewende vorangeht.
Als Repräsentantin des Klimaschutzes der Stadt Marktredwitz ist es sinnvoll, dass die Klimaschutzmanagerin Tina Aldinger bei der Organisation und Umsetzung der Öffentlichkeitsbeteiligung eine wichtige Rolle einnimmt.
Neben der Möglichkeit der direkten Information durch eine Veranstaltung, ist es zusätzlich empfehlenswert, mit Hilfe einer Visualisierung an einem oder mehreren betroffenen Gebäuden z.B. die Einsparung an CO_2-Emissionen durch die veränderte Heiztechnik darzustellen. Des Weiteren kann das Anbringen einer Informationstafel, auf der die wichtigsten Aspekte des Projektes dargestellt werden einen wichtigen Beitrag zur Schaffung von öffentlichem Interesse schaffen. Beispiele hierzu sind im Landkreis Straubing-Bogen in Niederbayern mit einer CO_2-Uhr und mit Informationstafeln an Biogasanlagen umgesetzt worden (vgl. Abbildung 27).

Abbildung 27: Beispiel für eine Informationstafel (Quelle: Bioenergie-Region Straubing-Bogen)

Zusätzlich zu den vorgeschlagenen Maßnahmen ist es wichtig, die interne Verwaltung und die Vertreter des Stadtrats regelmäßig über den aktuellen Stand bzw. den Erfolg des umgesetzten Projekts zu unterrichten. Hierbei ist die bereits dargestellte Controlling-Struktur zu beachten (vgl. Abschnitt 6.2 und 6.3). Empfehlenswert ist die jährliche Veröffentlichung relevanter Kennzahlen in Form eines Energieberichts. Hierbei muss vorab der Inhalt des Berichts festgelegt werden. Neben der Zielsetzung zur Einsparung von Energie und CO_2-Emissionen, können auch die Amortisationszeit sowie vermiedene Kosten für fossile Energieträger visualisiert werden.

6.5 Zusammenfassende Maßnahmenempfehlung

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Aufbau einer Nahwärmeversorgung im Umfeld der Kläranlage in Marktredwitz sowohl aus ökonomischer, als auch in ökologischer Sicht eine sinnvolle Maßnahme zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei der Energieversorgung im näheren Umfeld der Kläranlage der Stadt Marktredwitz darstellt.

Durch eine intensive Datenerhebung konnten die Energieverbräuche im Untersuchungsgebiet aufgenommen und ausgewertet werden. In persönlichen Gesprächen mit potenziellen Wärmeabnehmern wurde zusätzlich deutlich, dass zumindest im industriellen Umfeld ein großes Interesse an der Lösung eines Nahwärmeverbundsystems besteht. Diese Fakten bieten eine sehr gute Grundlage für die weiteren Planungsschritte zur Errichtung eines Nähwärmenetzes im direkten Umfeld der Kläranlage.
In weiteren Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass hinsichtlich der Netzauslegung eine ausreichend hohe Wärmebedarfsdichte für die möglichen Varianten gegeben ist. Betrachtet man einen reinen Nahwärmebetrieb, so ist der Standort innerhalb der Kläranlage zu bevorzugen.

Eine umfassende Bewertung der Wirtschaftlichkeit ist aufgrund einiger offener Fragestellungen hinsichtlich der Ausgestaltung schwierig. Sehr positiv zu bewerten sind die vorhandenen Rahmenbedingungen. Es ist bereits ein Klärgas-BHKW vorhanden, dessen Leistungsfähigkeit in Zukunft erhöht werden kann. Vorhandene Erdgas-Heizungen können aufgrund ihrer Größe als Spitzenlastkessel für das Wärmenetz genutzt werden. Die Anordnung der Anlagen an der Kläranlage führt zu einer Einbindung in die bestehende Struktur der Anlagenwartung- und betreuung durch die Mitarbeiter des KUM.

Neuanschaffungen in diesem Szenario sind eine Biogasanlage mit BHKW und die Schaffung der infrastrukturellen Voraussetzungen. Zusätzlich ist der Bau eines Leitungsnetzes ein großer Kostenpunkt. Die Erweiterung um einen Pufferspeicher ist zwar mit Kosten verbunden, steigert die Effizienz der Wärmenutzung jedoch immens.
Hinsichtlich der CO_2-Emissionen kann ebenfalls eine deutliche Reduktion festgestellt werden.

Letztendlich ist festzustellen, dass eine Umsetzung von Variante 1A oder 1B im nahen Umfeld der Kläranlage als am sinnvollsten erachtet wird. Mit diesen „kleinen“ Varianten können die Bioabfallvergärung, Klärschlammtrocknung und die benachbarten Industriebetriebe energetisch optimal vernetzt werden. Seitens des Auftraggebers ist jedoch abzuwägen, ob die Integration des Egerland-Kulturhauses, v. a. im Hinblick auf die zukünftige Erschließung neuer Wärmeabnehmer, gewollt ist.

Als abschließende Zusammenfassung der möglichen Maßnahmen folgen nun konkrete Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise:

Nahwärme

- Grundsatzentscheidung: Nahwärmenetz oder komplette Eigenversorgung im Umfeld der Kläranlage?
- Bei Beschluss einer Umsetzung:
    - Endgültige Auslegung des Netzes erst nach abschließender Dimensionierung der Abfallvergärung und Klärschlammtrocknung sinnvoll
    - Vertragliche Bindung der potenziellen Teilnehmer
    - Detailplanung mit Kostenermittlung
    - Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen

Abfallvergärung

- Grundsatzentscheidung: Soll die Abfallvergärungsanlage mit der potenziellen Leistung von 250 kW_{el} unter den Rahmenbedingungen des EEG 2017 umgesetzt werden?
    - Wird das Projekt im Hinblick auf die anstehende Sanierung der Kläranlage beeinflusst?
- Bei Beschluss einer Umsetzung:
    - Sicherung der möglichen Reststofflieferanten über vertragliche Vereinbarungen
    - Prüfung möglicher Anlagenkonzepte, vor allem hinsichtlich der Aufbereitung der organischen Abfälle
    - Detailplanung auf Basis der zur Verfügung stehenden Abfallmengen in Art und Zusammensetzung
    - Betrachtung der rechtlichen Rahmenbedingungen auf Basis des EEG 2017

Klärschlammtrocknung

- Grundsatzentscheidung: Festlegung eines Zieltrockensubstanzgehaltes in Abhängigkeit vom zukünftigen Entsorgungsweg
- Nach Festlegung
    - Abwägung der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Varianten
    - Bei Entscheidung für den Multifunktionstrockner, Vertragliche Sicherung der zu trocknenden Co-Substrate

Aus Sicht der Verfasser stellt das untersuchte Nahwärmekonzept eine zukunftsorientierte Lösung dar. Um das Projekt zeitnah umsetzen zu können, sollten die aufgegriffenen Ansätze strikt weiter verfolgt werden.