







# Technische und ökonomische Machbarkeit Energetischer Nachbarschaften

gefördert von:





### Herausgeber:

### Carl von Ossietzky Universität Oldenburg:

Prof. Dr. Sebastian Lehnhoff Dipl.-Inform. Arno Claassen

#### Hochschule Osnabrück:

Prof. Dr.-Ing. Matthias Reckzügel Melanie Meyer B.Sc.

### iro GmbH Oldenburg /Institut für Rohrleitungsbau:

Dipl.-Landschaftsökol. Jürgen Knies M.Sc. (GIS)

#### Kontakt:

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg Energieinformatik Escherweg 2 26121 Oldenburg

Tel.: 0441/9722-0 Email: energie@offis.de

### Förderung:

Gefördert von der Metropolregion Nordwest

Förderkennzeichen: 23-14-01 Laufzeit: 01.09.2014 – 31.07.2015

<sup>©</sup> Copyright liegt bei den Herausgebern. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung der Herausgeber unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Herstellerangaben wird keine Gewähr übernommen.

► Inhaltsverzeichnis	
1. Zusammenfassung	1
2. Motivation	1
3. Ausgangslage	1
4. Bestehende Projekte und Aktivitäten mit verwandten Ansätzen	2
5. Untersuchungsgebiete	3
5.1. Oldenburg: Drielake /Stau / Wehdestraße – Gebietscharakteristik	3
5.2. Bad Zwischenahn: Kayhauserfeld – Gebietscharakteristik	4
6. Energetische Nachbarschaften: Der lokale Hybridnetzansatz	5
6.1. Definition	5
6.2. Beispiele für eine Energetische Nachbarschaft	5
6.2.1. Die EWE-Gasexpansionsanlagen im Gewerbegebiet Drielake (Oldenburg)	
6.2.2. Weitere Positivbeispiele im Bereich Wärme	8
7. Energetische Kopplungsmöglichkeiten auf Gebietsebene	10
7.1. Direkte Kopplungsmöglichkeit Strom	10
7.2. Direkte Kopplungsmöglichkeit Wärme / Kälte	11
7.3. Indirekte Kopplungsmöglichkeit Strom	11
7.4. Indirekte Kopplungsmöglichkeit Wärme/Kälte	12
7.4.1. Wärmenetze	12
7.4.2. Tiefengeothermie	18
7.4.3. Wärme aus Abwasser	18
7.4.4. Speicherung von Wärme und Kälte	21
7.5. Indirekte Kopplung von Strom und Wärme/Kälte mit Hilfe Virtueller Kraftwerke	22
7.6. Kopplung von Strom und Wärme / Kälte mit Hilfe von Power to Gas	23
8. Vorgehen und Ergebnisse	24
8.1. Datenlage in den Kommunen	24
8.2. Energiemodellierung auf Gebietsebene	25
8.2.1. Datenerhebung über Fragebögen und Interviews	25
8.2.2. Datenaufbereitung und -visualisierung	26
8.2.3. Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis statistischer Daten	26
8.2.4. Ermittlung des Abwärmepotenzials auf Basis statistischer Daten	28
8.2.5. Methodik zur Datenauswertung/Potenzialbewertung	29
8.2.6. Vergleich der statistischen und realen Datengrundlage	32
8.3. Workshops	33
8.4. Befragung weiterer Stakeholder aus Verbänden	33
9. Umsetzungsmöglichkeiten in den betrachteten Gebieten	34
9.1. Bewertung der Kopplungsmöglichkeiten in Bereich Wärme	34

9.1.1. Gewerbe- und Industriegebiet Drielake	34
9.1.2. Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld	36
9.2. Bewertung der Kopplungsmöglichkeiten in Bereich Strom	37
10. Übertragbarkeit und Handlungsempfehlungen	37
11. Ausblick	39
12. Literatur	40
13. Anhang	43
13.1. Energiemodellierung auf Gebietsebene	43
13.1.1. Fragebogen im Rahmen der Studie "Technische und ökonomische	
Machbarkeit Energetischer Nachbarschaften"	43
13.1.2. Leitfaden zur Durchführung von Interviews im Rahmen der Identifiz	ierung
Energetischer Nachbarschaften	49
13.1.3. Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis statistischer Daten	50
13.1.4. Ermittlung des Abwärmepotenzials auf Basis statistischer Daten	51

► Tabellenverzeichnis	
Tab. 1: Kurzübersicht ausgewählter Studien und Projekte in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten	2
Tab. 2: Vergleich der Heizsysteme (Heizöl, Erdgas, Fernwärme) (Enercity Hannover 2015)	13
Tab. 3: Kostenaufstellung (Bau) für Modellwärmenetze	17
Tab. 4: Potenzialermittlung für Wärme aus Abwasser Oldenburg	19
Tab. 5: Anzahl der angeschriebenen Unternehmen und Rücklaufquote	25
Tab. 6: Zusammenfassung der unterschiedlichen Wärmebedarfe in Abhängigkeit	
der Berechnungsmethode	27
Tab. 7: Zusammenfassung der Abwärmemenge und deren Anteil am gesamten Wärmebedarf	28
Tab. 8: Zuordnung der Wertigkeit zu den jeweiligen Ziffern	29
Tab. 9: Technische Kriterien der Abwärmequelle (saena 2012)	29
Tab. 10: Technische Kriterien der Abwärmesenke (saena 2012)	30
Tab. 11: Kategorisierung des zeitlichen Anfalls / Bedarfs an Wärme (COPLAN AG 2012	) 31
Tab. 12: Gewichtung der Kategorien (COPLAN AG 2012)	32
Tab. 13: Energieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland im Jahr 2008 (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2014)	50
Tab. 14: spezifischer Wärmebedarf in Abhängigkeit der Gebäudetypen (Blesl Wärmeatlas Baden-Württemberg, S. 23)	50
Tab. 15: Vergleich der Abwärmepotenziale der Studien aus Österreich, Norwegen und Deutschland	51

	Ab	bi	ld	ungsverzeichni	S
--	----	----	----	----------------	---

Abb. 1: Übersicht Drielake – Weh destraße/ Stau (Oldenburg)	3
Abb. 2: Übersicht Kayhauserfeld (Bad Zwischenahn)	4
Abb. 3: Funktionsweise Gasexpansionsanlage (EWE 2014)	6
Abb. 4: Energieflüsse EWE Gasexpansionsanlage im Juni 2013 (exemplarisch)	7
Abb. 5: Energieflüsse EWE Gasexpansionsanlage im Oktober 2013 (exemplarisch)	7
Abb. 6: Schematische Darstellung der Stoffströme im Portland-Zementwerk Gebr. Wiesböck & Co. GmbH	8
Abb. 7: Schemat. Darstellung der Stoffströme im Innovativen Energieprojekt Ladbergen	9
Abb. 8: Erweiterung der Eigenversorgung; Fall A: Unternehmen betreibt anteilig eine PV-Anlage auf dem Dach / Gelände des Nachbarn; Fall B: Unternehmen betreibt vollständig eine PV-Anlage auf dem Dach / Gelände des Nachbarn	t 10
Abb. 9: Möglichkeiten der direkten Wärmenutzung; Fall A: Eigen- und Fremdversorgung durch BHKW oder Abwärme, Fall B: Unternehmen betreiben anteilig ein BHKW	
auf dem Gelände des Nachbarn	11
Abb. 10: Möglichkeiten der indirekten Wärmenutzung; gemeinsam betriebenes Wärmenetz mit unterschiedlichen Quellen und Senken	12
Abb. 11: Vergleich der jährlichen Gesamtkosten zwischen Nahwärme und Mikrogas-	12
netz (Konrad et al. 2011)	14
Abb. 12: Beispielhafte Kostenpfadanalyse eines Wärmenetzes	15
Abb. 13: Entwurf eines Wärmenetzes im Gewerbegebiet Drielake	16
Abb. 14: Entwurf eines Wärmenetzes im Industriepark Kayhauserfeld	16
Abb. 15: Potentielle Standorte für die Nutzung von Wärme aus Abwasser	
(Wärmepotenzial des Abwassers)	19
Abb. 16: Potentielle Kopplungsstellen Wärme aus Abwasser in Bad Zwischenahn	20
Abb. 17: Hierarchische, agentenbasierte Virtuelle Hybridkraftwerke	23
Abb. 18: Darstellung der Datenlage (rot: nicht in Listen erfasste Unternehmensgebäude)	24
Abb. 19: Vergleich von theoretisch ermitteltem und tatsächlich vorliegendem Wärmebedarf	32
Abb. 20: "Kümmerer" für Gewerbe- und Industriegebiete	38

# 1. Zusammenfassung

In der vorliegenden, von der Metropolregion Nordwest geförderten Machbarkeitsstudie wurde untersucht, ob und wie sich die einzelnen Unternehmen in jeweiligen Industrie- und Gewerbegebieten zusammenschließen können, um gemeinsam eine höhere Energieeffizienz zu erreichen. Der Fokus liegt dabei auf der möglichen Nutzung der Abwärme eines einzelnen Unternehmens durch benachbarte Unternehmen, dem Aufbau einer gemeinsamen Infrastruktur (Nahwärmenetze) und der gemeinsamen Nutzung von Stromerzeugungsanlagen. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass Effizienzpotenziale vorhanden und die identifizierten Konzepte praktisch realisierbar sind, sofern den Unternehmen eines geeigneten Gebiets ein zentraler Ansprechpartner zur Seite gestellt werden kann, der erforderliche Energieverbrauchsdaten zur Verfügung gestellt bekommt, mit denen entsprechende Potenziale erkannt und gehoben werden können.

### 2. Motivation

Im Rahmen der Energiewende zeichnet sich eine Konvergenz bislang weitestgehend getrennter Energiesysteme ab. Das Zusammenwachsen praktisch noch getrennter Energiedomänen (Strom, Wärme, Gas) ermöglicht den Ausgleich von Schwankungen im Energiedargebot und -bedarf, was einen kostengünstigen Einsatz von Energie zum Ziel hat. In diesem Projekt soll ein lokaler Ansatz vorgestellt werden, dessen Ausgangspunkt sogenannte "Energetische Nachbarschaften" (EN) sind. Unter einer Energetischen Nachbarschaft wird ein Verbund

an Unternehmen verstanden, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden und die die zur Durchführung ihrer üblichen Prozesse benötigte Energie als Seiteneffekt in andere Energieformen umwandeln, wobei ein jeweils anderes Unternehmen aus dem Verbund die produzierte Energie wiederum als Input für die eigenen Prozesse nutzen kann. Das in diesem Projekt entwickelte Konzept dient somit als Leitfaden für eine schrittweise Umsetzung Energetischer Nachbarschaften am Beispiel von Industrie- und Gewerbegebieten.

# 3. Ausgangslage

Mit der Transformation des Energieversorgungssystems und der vereinbarten CO2-Reduzierung ergeben sich in den kommenden Jahren einige Veränderungen in der heutigen Struktur der Energiebeschaffung und -versorgung. Hier ist einerseits die Zunahme der dezentralen Einspeisung und somit auch ein erhöhtes Aufkommen an Speicher- und Transportbedarfen zu nennen. Andererseits wird die gesteuerte Flexibilisierung der Erzeugung und des Verbrauchs, sogenannte Smart Grids, einen immer größer werdenden Stellenwert einnehmen. Ziel von Smart Grids ist eine zeitliche und räumliche Kopplung von Verbrauchs- an dargebotsabhängige Erzeugungsprozesse sowie die Realisierung von Eigenverbrauchskonzepten. Hieraus folgend ist die Modellierung und Automatisierung geeigneter domänenübergreifender Kopplungsprozesse (Wärme/Strom/Kälte) und die Verknüpfung von bestehenden und neu aufzubauenden Infrastrukturen erforderlich. Auf genau diese Ziele fokussiert die Machbarkeitsstudie "Technische und wirtschaftliche Machbarkeit Energetischer Nachbarschaften".

Der Fokus liegt auf den drei nachfolgenden Schwerpunkten:

- 1. Automatisierung von Prozessen: Schauplatz Gewerbegebiet Drielake (Oldenburg)
- 2. Energiemodellierung: Schauplatz Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld (Bad Zwischenahn)
- 3. Potenziale energieeffizienter Gewerbegebietsentwicklung Metropolregion Bremen-Oldenburg

Um die Durchführung der vorliegenden Studie zu ermöglichen, haben sich zusätzlich zu den direkt beteiligten Institutionen (Universität Oldenburg, Hochschule Osnabrück und iro GmbH Oldenburg / Institut für Rohrleitungsbau) weitere, nachfolgend genannte Partner inhaltlich an dem Projekt beteiligt sowie dieses finanziell unterstützt:

#### Antragsteller (und somit auch Kofinanzierer):

Stadt Oldenburg

#### Kofinanzierer:

- AGRAVIS Kraftfutterwerk Oldenburg GmbH
- EWE AG
- Gemeinde Bad Zwischenahn
- ► Hüppe GmbH
- ► Landkreis Osnabrück
- Metropolregion Nordwest
- OFFIS e.V.
- ► OLEC e.V.
- ▶ OOWV
- Rügenwalder Mühle Carl Müller GmbH & Co. KG
- ► Stadtwerke Osnabrück
- ► Strategierat Weser Ems im Rahmen des Projekts "Wissensvernetzung" in Weser-Ems

#### Weitere Projektpartner:

- Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
- ► Hochschule Osnabrück
- Kommunale Umwelt-AktioN U.A.N., Hannover
- ► Kompetenzzentrum Energie (Osnabrück)
- ▶ Oldenburgische IHK

# 4. Bestehende Projekte und Aktivitäten mit verwandten Ansätzen

Immer mehr Unternehmen und Privathaushalte entschließen sich zur Nutzung anderweitiger Energieressourcen. Unter diesen Aspekt fällt auch die Nutzung vorhandener Abwärme. Einerseits stellt dies für die Unternehmen eine Möglichkeit zur Senkung ihrer Energiekosten, aber andererseits auch einen Imagegewinn dar. Zusätzlich zur Nutzung von Abwärme bestehen Möglichkeiten wie der Aufbau von Blockheizkraftwerken (BHKW) mit angeschlossenem Wärmenetz oder auch von Photovoltaikanlagen. So ergeben sich auch anderweitige Quellen für die Erzeugung von Wärme und Strom als fossile Brennstoffe. Auf diese Weise haben sich innerhalb Deutschlands, aber auch weltweit, in den vergangenen Jahren eine Vielzahl von Projekten zur Erzeugung und Nutzung regenerativer Energieträger entwickelt. Viele hiervon

beziehen sich aufgrund der erleichterten technischen Voraussetzungen auf den Bereich der Abwärmenutzung.

Das Unterscheidungsmerkmal dieser aktuell durchgeführten oder bereits abgeschlossenen Projekte und Aktivitäten liegt vor allem in der Differenzierung zwischen konkreten Umsetzungsprojekten, meist zwischen mehreren Unternehmen oder aber zwischen Unternehmen und Wärmeabnehmern im Bereich der Hausenergieversorgung, sowie Studien hinsichtlich der theoretischen Machbarkeit. Auf Basis dieser Unterscheidung sind in der nachfolgenden Tabelle 1 einige ausgewählte Projekte aus der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten dargestellt.

Tabelle 1: Kurzübersicht ausgewählter Studien und Projekte in der Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten

Projekte	Standort	Kurzbeschreibung	Quelle
PInA – Informations- und Planungsportal Industrielle Abwärme	LK Osnabrück	Kartierung der Wärmeange- bote und -bedarfe anhand von Erhebungen in den Unter- nehmen. Erstellung eines Online-Planungsportals	(Reckzügel et al. 2015)
Klimaschutz-Teilkonzept "Überseestadt"	Freie Hansestadt Bremen	Untersuchung des Energiever- brauchs und CO2-Ausstoßes mit anschließender Entwicklung von Maßnahmen zur Verringerung dieser Größen	(WFB Wirtschafts- förderung Bremen GmbH 2014a)
ReWIn – Regionales Wärme- kataster Industrie	LK Osnabrück	Analyse der technischen Möglichkeiten und Darlegung einer Handlungsstrategie für die Umsetzung eines industriellen Abwärmekatasters	(Reckzügel & Waldhoff 2014)
Erstellung eines Wärme-Kälteatlas für die Metropolregion Bremen- Oldenburg im Nordwesten	LK Verden	Ermittlung der Wärmebedarfe von Wohngebäuden anhand statistischer Daten. Anschließende räumliche Darstellung mittels GIS	(Gößling-Reise- mann et al. 2014)
Lorenz Kunststofftechnik	49134 Hollage	Erdgas-BHKW versorgt Indust- rie mit Strom und nahgelegene Siedlung sowie öffentliche Einrichtungen mit Wärme	(Dorn 2014)
Waffelfabrik Meyer zu Venne	fabrik Meyer zu Venne 49179 Venne		(Westendorf 2014b)
B. Feldhaus GmbH & Co. Klinkerwerk	49196 Bad Laer	Einspeisung der Abwärme aus der Klinkerproduktion in das örtliche Wärmenetz	(Deutsche Bundesstiftung Umwelt 2003)
Projekt Stadthafen Oldenburg	26121 Oldenburg	Nutzung von Wärme aus Abwas- ser für Wohngebäude	(Hövel 2015)

Im Vergleich der vier dargestellten Studien zeigen sich unterschiedliche Herangehensweisen. So werden bei PInA und dem Klimaschutz-Teilkonzept "Überseestadt" konkrete Daten auf Unternehmensebene erhoben und diese für weitere Auswertungen herangezogen. Da beide Projekte aktuell (Juni 2015) noch nicht abgeschlossen sind, kann hier nur ein grober Überblick gegeben werden.

Im Gegensatz zu den in der vorliegenden Studie untersuchten Gebieten ist die Herangehensweise bei PInA eine leicht veränderte. In dem vorgeschalteten Strategiekonzept ReWIn wurden neben der Darstellung möglicher Techniken und Methoden zur Nutzung industrieller Abwärme auch die theoretischen Wärmebedarfe und -überschüsse im Landkreis Osnabrück ermittelt und ausfindig gemacht. In der PInA-Studie wird nunmehr auf diese Auswertung zurückgegriffen und die Hotspots durch direkte Unternehmensbefragungen genauer betrachtet. Anhand einer Vielzahl zur Verfügung stehender Unternehmen ist ein breites

Spektrum an Energiedaten zu erwarten. Abschließend soll ein webbasiertes Informations- und Planungsportal zur Nutzbarmachung industrieller Abwärme für den Landkreis Osnabrück gestellt werden. Nach Kartierung der Wärmeangebote und -bedarfe der einzelnen Unternehmen soll so eine Möglichkeit zur Initiierung möglicher Abwärmekooperationen geschaffen werden. (Reckzügel & Waldhoff 2014) (Reckzügel et al. 2015)

Die Studie zur Erstellung eines Wärme-Kälteatlas für die Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten zeigt verschiedene Methoden zur Datenermittlung auf. Unterschiede zwischen den Methoden sind jeweils in dem Genauigkeitsgrad der Ergebnisse auszumachen. Abschließend werden mit Hilfe dieser Methoden exemplarisch Ergebnisse ermittelt und ausgewertet. (Gößling-Reisemann et al. 2014)

Die ausführliche Darstellung der genannten Umsetzungsbeispiele erfolgt im Kapitel 6.2.2.

# 5. Untersuchungsgebiete

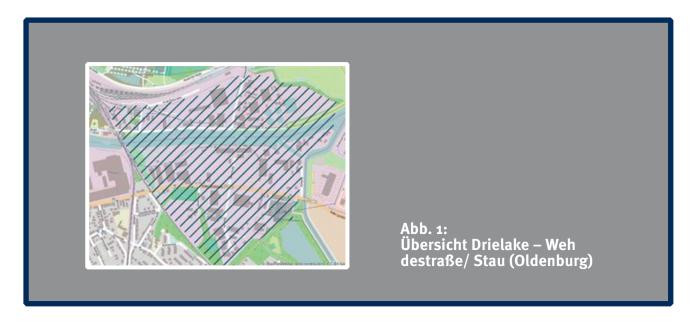
Die Vorauswahl der Untersuchungsgebiete beschränkte sich auf Gewerbegebiete, in denen auf Grund der Unternehmenszusammensetzung ein hoher Energiebedarf und hohe Abwärmepotenziale zu erwarten waren. Der Ansatz der Energetischen Nachbarschaften kann jedoch auch auf Siedlungsstrukturen wie Wohn-, Mischgebiete etc. übertragen werden. Gerade eine energetische Interaktion zwischen

Gewerbe- und Industriegebieten auf der einen sowie Wohn- und Mischgebieten auf der anderen Seite wird als hochinteressant angesehen und auch exemplarisch demonstriert (BINE 2014).

Aufgrund unterschiedlicher Strukturen und Einbettungen in den Siedlungskontext sind die zwei folgenden Gewerbe- bzw. Industriegebiete in der Weser-Ems-Region ausgewählt worden.

# 5.1. Oldenburg: Drielake /Stau / Wehdestraße - Gebietscharakteristik

Das Untersuchungsgebiet umfasst den Bereich des Gewerbe- und Industriegebietes Drielake, das im Osten vom Hemmelsbäker Kanal begrenzt wird, sowie Bereiche der Wehdestraße/Stau in Oldenburg. Das Gebiet zeichnet sich zum einen durch eine zentrumsnahe Lage links und rechts der Hunte aus, welche teilweise durch Hafenbetrieb geprägt wird. Vor allem rechts der Hunte befinden sich verteilt Brachflächen und eine lockere Bebauung.



Insgesamt sind im Gebiet 76 Unternehmen ansässig (Auszug aus dem Gewerberegister MIGEWA vom 17.03.2014, von der Stadt Oldenburg am 08.12.2014 überarbeitet), die sich sehr heterogen zusammensetzen. Das Spektrum reicht von Bürogemeinschaften, über Handwerksbetriebe, Logistikunternehmen, Fahrzeugbau und -lackierung bis hin zu industrieller Tierfutterverarbeitung sowie dem Klärwerk Oldenburg, wobei sich die Tierfutterverarbeitung und das Klärwerk rechts der Hunte befinden. Das Gebiet wird auch weiterhin von besonderer wirtschaftlicher Bedeutung für Oldenburg sein

("Die emittierenden Gewerbebetriebe im Dreieck Hunte – Bahn – Drielaker See werden auch in Zukunft als wichtiger Teil der Wirtschaftslandschaft erhalten", In: Bachmann, Isenberg, Pesch, & Schönweitz, 2014, S.33), die Anbindung an die Schifffahrt wird weiter gestärkt. Seit Januar 2015 ist der Planfeststellungsbeschluss für das geplante Wendebecken rechtskräftig. Die Wendestelle ist rechts der Hunte nahe der Eisenbahnbrücke vorgesehen, wodurch das Löschen größerer Binnenschiffe ermöglicht werden soll.

# 5.2. Bad Zwischenahn: Kayhauserfeld – Gebietscharakteristik

Der Industriepark Kayhauserfeld liegt östlich von Bad Zwischenahn und ist im Zuge einer Industrieauslagerung aus der Ortschaft Anfang der 1990er-Jahre entstanden. Er weist eine Fläche von ca. 40 ha auf und die Nähe zur BAB 28 sowie die Lage an der L 815 ermöglichen einen guten Verkehrsanschluss.

In den letzten Jahren wurden angrenzende Gewerbegebiete entwickelt ("Haarenstroth", "Ostseite Feldlinie", "Westseite Feldlinie"), so dass insgesamt 70 ha für Gewerbe und Industrie zur Verfügung stehen. Eine weitere Gewerbegebietsentwicklung "Östlich Industriestraße" wurde planerisch abgeschlossen, sodass

noch weitere ca. 6 ha Gewerbegebiet entwickelt werden können (s.a. http://www.bad-zwischenahn. de/de/wirtschaft/gewerbegebiete/gewerbegebiete.php).

Das betrachtete Untersuchungsgebiet bezieht sich in erster Linie auf den Industriepark. Die umliegenden Gewerbegebiete und Entwicklungsflächen werden v.a. bei konzeptionellen Überlegungen berücksichtigt. Im Industriepark befinden sich international tätige Großunternehmen aus unterschiedlichen Branchen (Rügenwalder Mühle, Oldenburger Kartonagefabrik,



Abb. 2: Übersicht Kayhauserfeld (Bad Zwischenahn)

Aalräucherei etc.) aber auch Bürogemeinschaften, Handwerksbetriebe und weitere kleinere Unternehmen.

Insgesamt sind dort 63 Unternehmen ansässig (Auszug aus dem Gewerberegister MIGEWA vom 14.01.2015, von der Gemeinde Bad Zwischenahn am 22.01.2015 überarbeitet).

Ein kartografischer Vergleich der erfassten Unternehmen mit der Realbebauung zeigte allerdings, dass ca. 30 % der Unternehmen im Gesamtgebiet nicht in der kommunalen Liste enthalten waren.

Die Unternehmensliste weist eine textliche Ausführung zum Wirtschafts- und Tätigkeitszweig auf.

# 6. Energetische Nachbarschaften: Der lokale Hybridnetzansatz

### 6.1. Definition

Das Konzept der Energetischen Nachbarschaften basiert auf dem Prinzip, dass im zukünftigen Energiesystem Energiedomänen-übergreifend ein Austausch und Verbrauch von Energie stattfindet und somit mehrere Energiedomänen parallel in einem sog. Hybridnetz zur Auswahl stehen.

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech) versteht ein Hybridnetz als "[...] ein energiedomänenübergreifendes (oder auch intersektorielles) Energiesystem, in dem Energie jeweils in ihrer aktuellen Form verbraucht, gespeichert oder transportiert oder aber über eine Konversion in eine andere Energieform gewandelt werden kann, in der sie wiederum verbraucht, gespeichert oder transportiert werden kann." (Appelrath et al. 2012). Der Hybridnetzgedanke wurde bisher auf großräumiger Ebene diskutiert und steht meist in Verbindung mit Power-to-Gas Ansätzen (Stademann 2014), wobei verstärkt kleinräumige Ansätze mit einer Vielzahl von Energiequellen, Kopplungsmöglichkeiten und Transformationen erforscht und erprobt werden (Hinterberger 2014). Im urbanen Kontext können noch weitere, bisher nachrangig betrachtete Energiequellen erschlossen werden, wie z. B. Wärme aus Abwasser, um mittels Wärmepumpen Heizungsanlagen zu betreiben (Knies 2015).

Ausgehend vom Hybridnetzkonzept wird unter Energetischen Nachbarschaften (EN) im vorliegenden Kontext folgendes verstanden: "EN ermöglichen aus Sicht von Unternehmen, dass solche, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden, zur Durchführung ihrer üblichen Prozesse benötigte Energie und Energieüberschüsse so untereinander austauschen, dass insgesamt weniger Primärenergie verbraucht wird. Das Koppeln der Energiedomänen (z.B. Strom, Wärme, Kälte) ermöglicht den Ausgleich von Energiedargebot (Erzeugung und Bezug) und Energiebedarf, was einen kostengünstigen Einsatz von Energie zum Ziel hat. Eine Vorgabe ist, dass die Produktionsprozesse nicht beeinträchtigt werden dürfen. Gleichzeitig kann der Ansatz auch herangezogen werden, um Unternehmen gezielt für eine Ansiedlung zu werben und sie in ein energetisches Gesamtportfolio eines Gebietes einzubinden. Darüber hinaus kann der Ansatz der EN durchaus auch auf weitere Siedlungsbereiche und Siedlungsverzahnungen (z.B. Wohn- und Gewerbegebiete in unmittelbarer Nähe) ausgedehnt werden. Unter einer EN wird somit ein Verbund von Akteuren verstanden, die sich in räumlicher Nähe zueinander befinden und die die zur Durchführung ihrer üblichen Prozesse benötigte Energie als Seiteneffekt in andere Energieformen umwandeln, wobei ein jeweils anderer Akteur aus dem Verbund die produzierte Energie wiederum als Input für die eigenen Prozesse nutzen kann.

Energieeffizienzmaßnahmen werden somit auf Gebietsebene behandelt und nicht mehr allein den einzelnen Akteuren überlassen."(Knies et al. 2014)

# 6.2. Beispiele für eine Energetische Nachbarschaft

# 6.2.1. Die EWE- Gasexpansionsanlagen im Gewerbegebiet Drielake (Oldenburg)

### Funktionsweise von Gasexpansionsanlagen

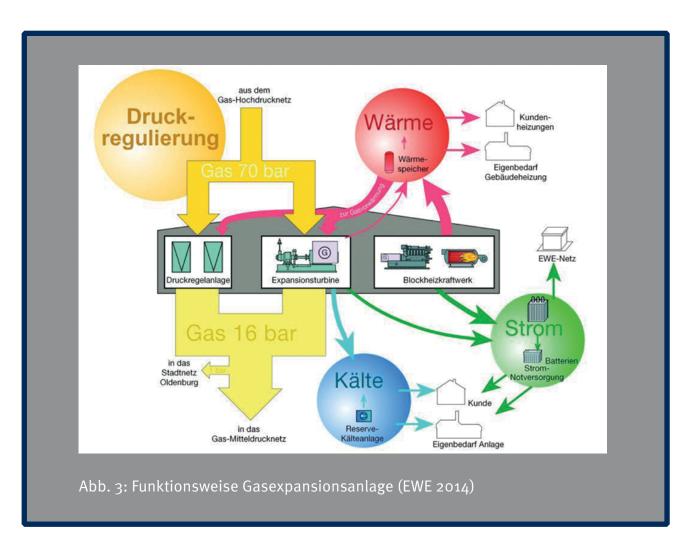
Erdgas wird über Hochdrucknetze weiträumig mit einem Druck von 70 bar transportiert. Um das Gas einer Nutzung zuzuführen, wird an sogenannten Gasexpansionsanlagen der Gasdruck vermindert und in die Verteilernetze eingespeist, die in dieser Region mit einem Druck von 16 bar betrieben werden. Die Druckminderung wird in der Regel mit einer Druckregelanlage bewerkstelligt. Bei ausreichender Durchflussmenge, die saisonal bzw. auch regional bedingt ist, kann zur Druckminderung eine Expansionsturbine eingesetzt werden, die als Nebenprodukt Strom erzeugt. Expansionsturbinen kommen in Deutschland verbreitet zum Einsatz, neben der EWE setzt z.B. auch die RWE Expansionsturbinen ein.

Bei der Druckreduktion kommt es zu einer Abkühlung, dem sog. Joule-Thomson-Effekt. Dabei sinkt die Temperatur pro bar Druckreduktion um 0,4 bis 0,5 Kelvin, was in diesem Fall eine Abkühlung von ca. 21 – 27 Kelvin bedeuten kann. Bei einer Gastemperatur von ca. 10 Grad Celsius würde es zu einer starken Vereisung kommen. Um einer Vereisung und einer Kondensat- sowie Gashydratbildung entgegenzuwirken, wird eine Vorwärmung des Gases durchgeführt. Je nach Ausrichtung kann dies mit Hilfe einer Gaskesselanlage oder auch eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) bewerkstelligt werden, das wie die Expansionsturbine Strom ins Netz speist.

#### Situation in Drielake

Die Gasexpansionsanlage der EWE Gasspeicher GmbH im Gewerbegebiet befindet sich in unmittelbarer Nachbarschaft zu weiteren Einrichtungen des EWE-Konzerns. Direkt an der Holler Landstraße befindet sich die Vermittlungsstelle für Kommunikationsinfrastrukturen der EWE Tel GmbH. Die Einrichtung weist einen relativ kontinuierlichen Kühlbedarf auf, der durch den Serverbetrieb verursacht wird. Außerdem müssen die Arbeitsräume beheizt bzw. klimatisiert werden. Die bei der Gasexpansion entstehende Kälte wird teilweise direkt hierfür genutzt (Klimatisierung, Prozesskühlung etc.), was die Effizienz der Gesamtanlage steigert. Im Sommer ist die Gasdurchflussmenge allerdings so gering, dass die Kühlung über einen sog. Kaltwassersatz erfolgt. Die Abwärme

der insgesamt zwei BHKW wird nicht nur zur Vorwärmung des Gases sondern auch zum Heizen der Arbeitsräume in der Gasexpansionsanlage und der Vermittlungsstelle genutzt. Die BHKW sind nach 14 Jahren Betriebszeit abgängig und werden durch einen Heizkessel unterstützt. Ein Wärmespeicher sorgt für eine Verstetigung des Wärmedargebots. Der in der Expansionsturbine und in den Blockheizkraftwerken erzeugte Strom wird zum größten Teil in das öffentliche Netz eingespeist, aber auch für den Eigenbedarf und zur Versorgung der Vermittlungsstelle genutzt. Die folgende Abbildung verdeutlicht die Funktionsweise der Gasexpansionsanlage in Drielake, wobei mit "Kunde" in diesem Fall die Vermittlungsstelle gemeint ist.



Zu beachten sind die saisonal bedingt unterschiedlichen Durchflussmengen. Im Sommer ist der Durchfluss so gering, dass sich der Betrieb der Expansionsturbine nicht lohnt und nur ein BHKW bzw. der Heizkessel im Betrieb ist, um die Gasvorwärmung zu gewährleisten.

Der saisonale Unterschied wird durch die folgenden Energieflussdiagramme exemplarisch und unter Annahme von Normdurchflüssen dargestellt (Abb. 4 beispielhaft für Sommerdurchfluss und Abb. 5 beispielhaft für einen Winterdurchfluss). Die Anlagendimensionierungen sind auf einen optimalen und effizienten Betrieb der Gasexpansionsanlage ausgelegt, da dies als Kerngeschäft der Betriebsstelle Vorrang hat.

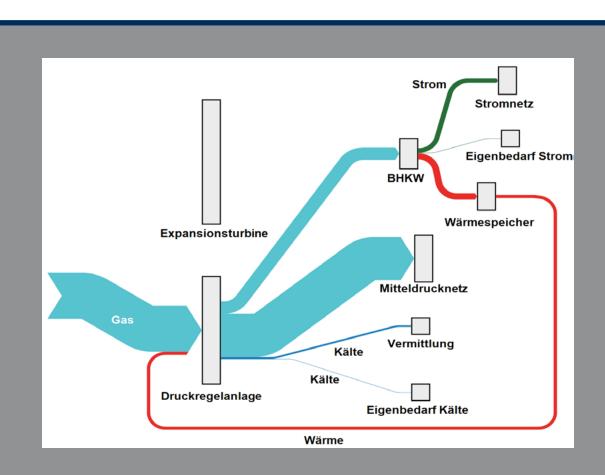


Abb. 4: Energieflüsse EWE Gasexpansionsanlage im Juni 2013 (exemplarisch)

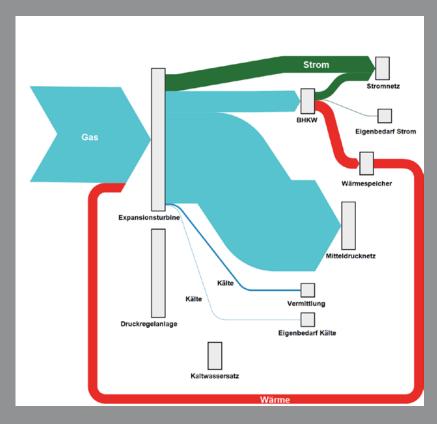


Abb. 5: Energieflüsse EWE Gasexpansionsanlage im Oktober 2013 (exemplarisch)

#### **Fazit**

Die energetische Kopplung der Gasexpansionsanlage mit der Vermittlungsstelle stellt ein gelungenes Beispiel einer Energetischen Nachbarschaft dar.

Aus Sicht der Gasexpansion bleibt der sichere Anlagenbetrieb das eigentliche Kerngeschäft. Mit Hilfe der Kopplung können Seiteneffekte genutzt werden, die einen gegenseitigen wirtschaftlichen Vorteil ermöglichen, ohne dass das Kerngeschäft unter Berücksichtigung der saisonalen Schwankungen des Kältedargebots leidet und eine Bringschuld seitens der Gasexpansionsanlage entsteht, der nur mit zusätzlichem Aufwand nachgegangen werden kann.

Mögliche temporär auftretende Kälte- bzw. Wärmeüberschüsse seitens der Gasexpansionsanlage sind unter den gegebenen Umständen nicht oder nur mit einem hohen Aufwand direkt in die Abläufe anderer Unternehmen einzubringen. Dieses Beispiel gibt Anlass, sich über weitere Möglichkeiten Gedanken zu machen:

- Nutzung von Expansionsturbinen in energieintensiven Betrieben mit einem hohen Gasdurchfluss
- ► Möglichkeit einer auch nur saisonalen Wärmeüberschusseinspeisung in ein potentielles Nahwärmenetz (gleiches für Kälte)
- Ausbau der Direktnutzung von selbsterzeugtem Strom (Unterstützung von Nahwärme mittels Hochleistungswärmepumpe)
- Nutzung der auch im Sommer anfallenden Kälte durch Gasexpansion

### 6.2.2. Weitere Positivbeispiele im Bereich Wärme

Zusätzlich zu den in Tabelle 1 dargestellten Umsetzungsbeispielen werden zur Zeit im gesamten Bundesgebiet Energetische Nachbarschaften in unterschiedlichen Ausprägungen initiiert und betrieben. Bei der nachfolgenden Erläuterung einiger Energetischer Nachbarschaften ist bewusst auf eine Trennung zwischen direkter und indirekter Kopplung Wert gelegt worden.

Die direkte Kopplung beschreibt eine Verbindung einzelner Akteure über eine der Energieform entsprechenden Infrastruktur. Eine genaue Zuordnung der Wärmeeinspeiser und -abnehmer ist jederzeit möglich. Dem entgegen bedient sich die indirekte Kopplung einer Infrastruktur, die von verschiedenen Einspeisern und Abnehmern gemeinsam genutzt wird, beispielsweise ein großflächiges Wärmenetz.

#### **Direkte Kopplung**

Eine Möglichkeit der direkten Wärmenutzung stellt die Portland-Zementwerk Gebr. Wiesböck & Co. GmbH im südbayrischen Rohrdorf dar. Dieses Unternehmen betreibt ein eigenes Kraftwerk, welches mittels der bei der Zementherstellung vorhandenen heißen Abgase Strom erzeugt. Durch diese Energieumwandlung wird 1/3 des Strombedarfs des Zementwerks gedeckt. In Zahlen entspricht dies einer elektrischen Energie

von 50.000 MWh/a bei einer Leistung von 6,8 MW. Allein hierdurch ergibt sich eine Reduzierung der CO2-Emmisionen um ungefähr 31.500 t/a. Mit dieser umweltfreundlich erzeugten Menge an Strom könnte vergleichsweise die Stromversorgung von rund 35.000 Menschen sichergestellt werden. (Siemens AG 2010)



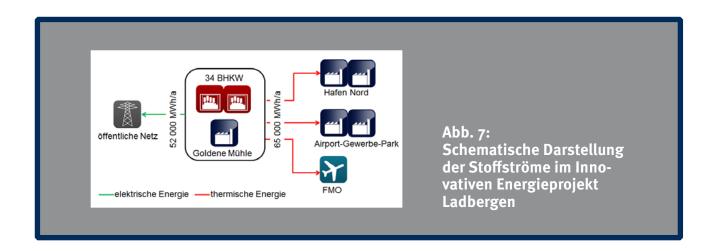
#### **Indirekte Kopplung**

Als ein Beispiel für eine indirekte Kopplung kann das "Nahwärmenetz Venne" in Ostercappeln (Landkreis Osnabrück) gesehen werden. Als Wärmelieferant fungiert in diesem Projekt die Waffelfabrik Meyer zu Venne GmbH & Co. KG. Die während der Backvorgänge der Waffeln von den Heizplatten abstrahlende diffuse Wärme wird mittels mehrerer Wärmeübertrager an ein Wärmenetz übergeben. Insgesamt stehen hierfür 23 Backstraßen, jeweils mit Wärmeübertragern ausgestattet, zur Verfügung. Durch diese enormen Mengen vorhandener Abwärme kann ca. 1/10 der nutzbaren Abwärme im eigenen Unternehmen wiederverwendet werden. Mittels der restlichen Abwärme werden 138 Anschlussnehmer des nahegelegenen Ortes mit Wärme versorgt. Hierfür wird mittels der Wärmeübertrager Wasser im Wärmenetz erwärmt und anschließend zu den Anschlussnehmern (private Haushalte und öffentliche Gebäude) transportiert und dort zur Wärmeauskopplung zur Verfügung gestellt. Für mögliche Ausfallzeiten der Waffelfabrik ist als Redundanz ein BHKW vorgesehen. Dieses kann bei einem Ausfall der Wärmelieferung die Ortschaft weiterhin vollständig versorgen. (Westendorf 2014a) (Westendorf 2014b) (Westendorf 2014c)

Das Nahwärmenetz Venne soll zur Heizperiode 2015/16 fertiggestellt und somit die Anschlussnehmer mit regenerativer Wärme versorgen können. (Venner Energie eG 2014)

Als weiteres Beispiel für eine indirekte Kopplung dient das "Innovative Energieprojekt Ladbergen der Goldene Mühle GmbH" im Landkreis Steinfurt. Bei 8.300 Betriebsstunden pro Jahr beliefern 34 BHKW der Goldene Mühle GmbH hierbei den in 5,5 km Entfernung befindlichen Flugplatz Münster/ Osnabrück (FMO) sowie den daran angrenzenden "AirportGewerbePark" und das Industriegebiet "Hafen Nord" in Ladbergen mit der benötigten Wärme. Innerhalb des FMO kann der komplette Wärmebedarf von ca. 5.000 MWh/a mit dieser Wärme gedeckt werden. Hierzu zählen unter anderem die Warmwasserversorgung, der Wärmebedarf und eine Absorptionskältemaschine für die Klimatisierung.

Insgesamt werden mittels dieser BHKW pro Jahr ca. 65.000 MWh Wärme erzeugt und geliefert. Der erzeugte Strom von ungefähr 52.000 MWh/a wird komplett in das öffentliche Stromnetz eingespeist. (Lennartz 2014)



Die Nutzung eines BHKWs ist auch in der Gemeinde Wallenhorst (Landkreis Osnabrück) vorzufinden. Dieses auf dem Gelände des Unternehmens Lorenz Kunststofftechnik GmbH stehende BHKW versorgt das Unternehmen sowie die nahgelegene Industrie mit Strom und die angrenzende Siedlung und die Nichtwohngebäude mit Wärme.

# 7. Energetische Kopplungsmöglichkeiten auf Gebietsebene

Kopplungsmöglichkeiten können zwischen Akteuren direkt oder auch indirekt realisiert werden. Direkte Kopplungen benötigen eine konkrete, Energieform-spezifische Infrastruktur, die die Akteure miteinander verbindet. Eine indirekte Kopplung bedient sich einer Infrastruktur, die von verschiedenen Akteuren gemeinsam als Abnehmer und Einspeiser genutzt wird. Die Infrastruktur wirkt wie ein Verteilsystem, das eine Puffer- und Speicherfunktion übernimmt (Wärme- und Kältenetze mit entsprechenden Speichern).

Eine energiedomänenübergreifende Kopplung (Power-to-Heat, Power-to-Gas, Gas-to-Power etc.) wird in diesem Kontext als indirekte Kopplung verstanden,

auch wenn die Kopplung nur zwischen zwei Akteuren stattfindet, da die Konversion und die damit einhergehenden Wirkungsgrade und Verluste wie ein Puffer bzw. Speicher wirken.

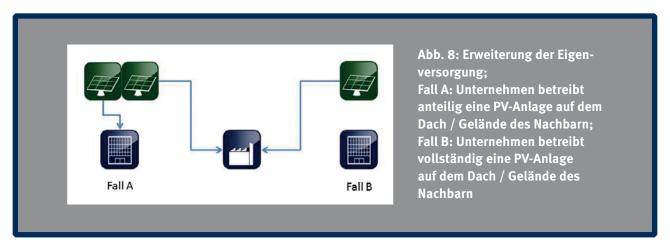
KWK(K)-Anlagen stellen, je nach Einbindung in die Betriebsabläufe eines Unternehmens, Kopplungsmöglichkeiten zwischen Energiedomänen und Unternehmen dar. Je nach Anforderungsprofil kann eine KWK(K)-Anlage bevorzugt Strom oder bevorzugt Wärme bzw. Kälte produzieren. Im Normalfall werden KWK-Anlagen meist nach dem Wärmebedarf gesteuert. Der Strom ist zumeist "Abfall", der in das öffentliche Netz eingespeist wird oder teilweise für die Eigenversorgung genutzt wird.

# 7.1. Direkte Kopplungsmöglichkeit Strom

Überschüssiger Strom aus Unternehmen (z.B. aus PV-Anlagen, BHKW etc.) kann auf unterschiedliche Weise von der Nachbarschaft genutzt werden. Wesentlich sind hierbei die Besitzverhältnisse, die Anlagenstandorte und die Grundstückszuordnung bzw. Anlagenzusammenfassung. Näheres kann dem "Gesetz zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts", kurz EEG entnommen werden (s.a. BGBl. 2014).

Der in der eigenen EEG-Anlage produzierte Strom wird selbst genutzt (Eigenverbrauch). Der Strom kann allerdings auch z.B. mit einer PV-Anlage auf dem Dach eines Nachbarn erzeugt werden, wenn der dort produzierte Strom direkt zum eigenen Unternehmen geleitet und die Anlage vom Stromabnehmer betrieben wird. Der Verbrauch des Stroms muss in einem "unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage" erfolgen. Diese räumlich erweiterte Versorgung bietet sich in der

unmittelbaren Nachbarschaft zwischen Betrieben an. Altanlagen erhalten allerdings eine so hohe EEG-Förderung, dass sich eine Umstellung auf Eigenverbrauch und eine Einbeziehung von Nachbarn nicht lohnt. Allerdings ist auch zu beachten, dass Anlagen maximal 20 Jahre eine derartige Einspeisevergütung erhalten. Bei langfristigen Überlegungen ist dieser Punkt daher zu beachten. Ggf. stellen die Betreiber sukzessive auf Eigenverbrauch um, so dass sich der externe Strombezug im Laufe der Zeit reduziert. Die PV-Anlagen im Gewerbegebiet Drielake (gesamt rund 720 kWp) sind von 2009 und 2010 und in Kayhauserfeld (gesamt rund 540 kWp) von Mitte 2000 bis Ende 2012 installiert worden. Je nach Anlagengröße und -alter liegt bei jüngeren Anlagen die Einspeisevergütung unterhalb der Bezugskosten für Strom, so dass sich der Eigenverbrauch, auch unter Einbeziehung der Nachbarn lohnt. Für neue Anlagen ist ein Eigenverbrauch gefordert und auf Grund der geringen Einspeisevergütung bei gleichzeitig fallenden Installationskosten sinnvoll.



Im Grundsatz besteht eine EEG-Umlagepflicht für jeden Energieverbrauch (BGBl. 2014). Ausnahmen für Eigenversorger beschränken sich auf wenige Fälle. Je nach Alter von Bestandsanlagen müssen unterschiedliche Gesetzesgrundlagen herangezogen werden, sollte ein Repowering oder eine Änderung der Vermarktung angestrebt werden. Autarke Anlagen, die nicht in das öffentliche Netz einspeisen, und Kleinanlagen (< 10kW; Stand 03/2015) sind generell von der Umlage befreit.

Die EEG-Umlage ist für größere Anlagen allerdings zu zahlen, bis 2017 beträgt sie bis zu 40 %. Gleichwohl entfallen Netzentgelte und in der Regel entfällt die Stromsteuerpflicht. Je nach Einbindung steuerbarer KWK-Anlagen bzw. Dimensionierung und Ausrichtung von PV-Anlagen kann die Eigenverbrauchsquote maßgeblich beeinflusst werden.

Weitere Hinweise werden in der Broschüre "Leitfaden Eigenverbrauch – Industrie und Gewerbe" (Solarpraxis AG n.d.) gegeben.

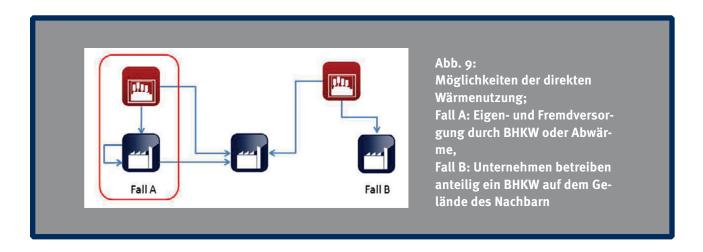
# 7.2. Direkte Kopplungsmöglichkeit Wärme / Kälte

Wie auch bei der direkten Stromversorgung kann eine Versorgung mit Wärme/Kälte auf unterschiedliche Weisen erfolgen.

Eigens erzeugte Wärme, beispielsweise aus einem BHKW, einer Solarthermieanlage, oder vorhandene Abwärme aus Industrieprozessen, kann nicht nur innerhalb des eigenen Unternehmens genutzt werden. Hierbei kann es wirtschaftlich sinnvoll sein, die überschüssige Wärme an ein anderes Unternehmen in der Nachbarschaft abzugeben. Alternativ kann auch gemeinsam ein BHKW oder eine

Solarthermieanlage betrieben und genutzt werden. Wie schon bei Wärmenetzen erläutert, kann auch die Bereitstellung von Kälte mit Hilfe von beispielsweise anteilig betriebenen Absorptionskältemaschinen oder aber überschüssiger Kälte aus Industrieprozessen erfolgen.

In allen Fällen wird kein großräumiges Wärme-/Kältenetz aufgebaut, sondern nur eine direkte Verbindung zwischen Quelle und Senke hergestellt, siehe Abb. 4 (beispielhaft für die Wärmeversorgung dargestellt).



# 7.3. Indirekte Kopplungsmöglichkeit Strom

Unter Nutzung des bestehenden Stromnetzes kann z.B. eine Direktvermarktung von Strom aus EEG-Anlagen erfolgen. Unter Direktvermarktung wird der Verkauf von Strom aus erneuerbaren Energiequellen an Großabnehmer (z.B. in einem Gewerbegebiet, in dem die Verlegung eines eigenen Kabels wirtschaftlich oder technisch nicht umsetzbar ist) oder an der Strombörse verstanden. Innerhalb eines Gewerbegebietes kann somit der Strom aus EEG-Anlagen aus

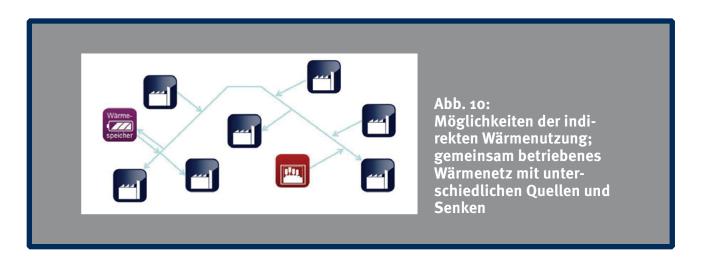
der Umgebung direkt an Großverbraucher vermarktet werden. Je nach Anlagengröße und Einkaufsmöglichkeiten des Abnehmers kann der Ertrag höher als die EEG-Umlage sein.

Darüber hinaus ist auch möglich, eine größere Anzahl von EEG-Anlagen virtuell zu bündeln (Virtuelle Kraftwerke) und damit die Abnehmer im Gewerbegebiet teilweise zu versorgen. Dies setzt allerdings einen Betreiber des Virtuellen Kraftwerks voraus.

# 7.4. Indirekte Kopplungsmöglichkeit Wärme/Kälte

Unter Nutzung eines bestehenden oder neu aufzubauenden Wärme-/Kältenetzes kann die im Vorfeld beschriebene direkte Nutzung auch um mehrere Wärme-, Kälteerzeuger und -abnehmer erweitert werden. In diesen Fällen wird von einer indirekten Kopplung gesprochen. Als Wärme-/Kältequellen können hierbei verschiedenste Quellen bereitstehen. Beispielhaft für ein Wärmenetz können einzelne Unternehmen mit überschüssiger Prozesswärme

genauso als Wärmelieferanten wie auch BHKWs oder sogar geothermische Energie dienen. Durch eine größere Anzahl an Wärmeabnehmern als bei der direkten Kopplung besteht eine größere Flexibilität innerhalb des gesamten Netzes. Weiterhin kann das gesamte Netz als kurzzeitiger Wärmespeicher genutzt werden. Eine zusätzliche Anbindung weiterer externer Speichermöglichkeiten ist nicht ausgeschlossen.



Nachfolgend wird einerseits auf die Wärmeverteilung über Wärmenetze und andererseits auf mögliche außerbetriebliche Wärmequellen eingegangen.

### 7.4.1. Wärmenetze

Nah- bzw. Fernwärmenetze stellen eine sehr effiziente Energieversorgung dar, da sich die Abnehmer eine Heizzentrale teilen. Die besondere Herausforderung besteht darin, dass über Fernwärme maximal 120 Grad Celsius bereitgestellt werden kann, was für einige Prozesse nicht ausreichend ist. Neben der Raumwärme können darüber allerdings auch Vorheizund Vortrocknungsprozesse unterstützt werden.

Ein Wärmenetz stellt eine langfristige Investition in eine gemeinsame Infrastruktur dar. Die Auslegung muss robust gegenüber Veränderungen im Wärmebezug sein, da sich Unternehmensprofile im Laufe der Zeit ändern werden. Die zentrale Einspeisung kann durch Verbrennungsanlagen, KWK(K) oder unkonventionelle Wärmeeinspeisung erfolgen, wie das Beispiel Waffelfabrik Venne in Ostercappeln (Landkreis Osnabrück) zeigt, siehe Kapitel 6.2.2. Mittels neu verbauten Abgaswärmeübertragern wird innerhalb der Fertigungsstraßen die Abwärme eingefangen. Selbst genutzt werden können hiervon nur weniger als 10 %. So kann mit einem Großteil der erzeugten Abwärme die Ortschaft (öffentliche Gebäude sowie interessierte Hauseigentümer) mit Wärme versorgt werden. (Westendorf 2014d)

Tabelle 2: Vergleich der Heizsysteme (Heizöl, Erdgas, Fernwärme)(Enercity Hannover 2015)

Eigenschaft	Heizöl	Erdgas	Fernwärme
Emissionsprüfung	ja	ja	nein
Betriebs- und Wartungsaufwand	gering	geringer	sehr gering
Vorfinanzierung des Brennstoffs	ja	nein	nein
Brennstofflagerung im Haus	ja	nein	nein
Geruchsfreiheit und Sauberkeit	hoch	höher	sehr hoch
Geruchs- und Schadstoffrisiko	vorhanden	weniger vorhanden	nicht vorhanden*
Versorgungssicherheit	hoch	hoch	sehr hoch
Platzbedarf	erhöht	niedrig	sehr niedrig
Energiesteuerbelastung	ja	ja	nein
Beitrag zur Energieeinsparung	gering	gering	hoch**

<sup>\*</sup>keine Brennstoffnutzung und -lagerung im Haus

Für die Ermittlung der Kosten auf der Abnehmerseite ist eine Vollkostenrechnung zu erstellen, um die unterschiedlichen Systeme miteinander vergleichen zu können.

Der Heizkostenvergleich nach VDI 2067 (Stichtag: 15.01.2015) gibt hierzu einen Überblick aus bundesweit bezogenen Daten, der an die regionalen Verhältnisse und objektbezogen angepasst werden muss (AGFW 2015). Der aktuelle Vergleich zeigt, dass auf Grund der aktuellen Preisentwicklung beim Energieträger Erdgas der Einsatz einer Gaskesselheizung günstiger ist. Das Berechnungsbeispiel bezieht sich allerdings auf ein Mehrfamilienhaus inkl. Brauchwasseraufbereitung.

Außerdem kann die Einspeisung von Überschusswärme und die Nutzung von Fördertöpfen nicht direkt berücksichtigt werden, da dies sehr objektspezifisch erfolgen muss. Über die langfristige Preisentwicklung von Energieträgern lässt sich nichts aussagen. Der Rückgang des Erdgaspreises wurde von kaum einer früheren Studie vorhergesehen.

Die Wärme wird mittels KWK-Anlagen bereitgestellt, so dass auch Stromerlöse zu berücksichtigen sind (Eigenverbrauch oder Verkauf).

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie kann vor diesem Hintergrund auch kein Kostenvergleich zwischen Gas und Fernwärme für die Wärmebereitstellung erfolgen, dafür aber Optionen für die Umgestaltung der Wärmeversorgung in Gewerbe- und Industriegebieten aufgezeigt werden.

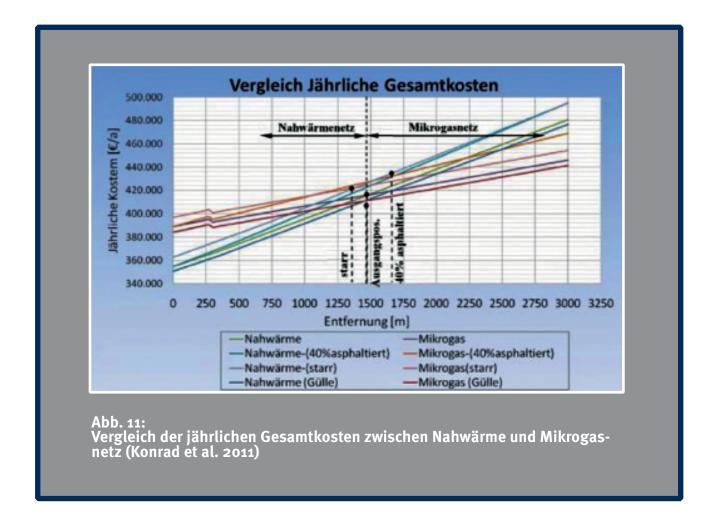
Das Konzept der zentral beheizten Wärmenetze unterliegt aktuell auch technisch einem Wandel. Ähnlich zum Strom werden Projekte mit einer dezentralen Einspeisung wie z.B. in Kombination mit Solarthermie diskutiert (Pauschinger 2011).

Im Gewerbe- und Industriesektor sind Objekt-KWK-Anlagen wirtschaftlich zu betreiben, wenn Prozesswärme benötigt und der Eigenverbrauch von Strom ermöglicht wird (Wünsch et al. 2014; Eikmeier 2015). Die Dimensionierung von Objektanlagen kann allerdings auch so vorgenommen werden, dass eine dezentrale Einspeisung in ein Wärmenetz ermöglicht wird. Überschussenergie kann ebenfalls dezentral in Wärmenetze eingespeist werden.

Wärmenetze in Gewerbe- und Industriegebieten weisen ein hohes wirtschaftliches Potenzial auf, wobei die Wirtschaftlichkeit vor dem Hintergrund der bestehenden Gasversorgung in den Untersuchungsgebieten zu sehen ist. Konkurrierende und redundant vorliegende Versorgungsstrukturen sind in der Regel wirtschaftlich problematisch, können allerdings u.U. je nach Lastgang ergänzend eingesetzt werden.

Bei einem Neubau eines Verteilnetzes (Gas bzw. Wärme) ist der Abstand von der Erzeugungsanlage bzw. vom Einspeisungspunkt und dem ersten Abnehmer aufgrund der Wärmeverluste entscheidend (Konrad et al. 2011). In den Untersuchungsgebieten liegt dieser Abstand jeweils unterhalb des Grenzwertes, siehe Abb. 11.

<sup>\*\*</sup>durch Kraft-Wärme-Koppelung



Dieser Vergleich basiert auf den Kosten bis 2011 und ist somit nur bedingt übertragbar. Sollte eine Sanierung des vorhandenen Gasnetzes anstehen, kann ein Vergleich zwischen Nahwärmeausbau und Gasnetzerneuerung vorgenommen werden.

Für die Untersuchungsgebiete wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit "Raumanalytische Untersuchung von Einflussfaktoren für eine effiziente Planung von Wärmenetzen" an der Jade Hochschule (s.a. Beckmann 2015) die Möglichkeiten und Grenzen einer Entwurfsplanung für Wärmenetze aufgezeigt.

Im Ergebnis werden Methoden für eine kostengünstige Leitungsführung unter Berücksichtigung von Raumwiderstand und Baukosten sowie Hinweise für eine bedarfsgerechte Dimensionierung der Leitung der Heizzentrale gegeben. Dabei wurde auch ein Ansatz entwickelt, um eine dezentrale Einspeisung von Abwärme in ein Wärmenetz zu berücksichtigen.



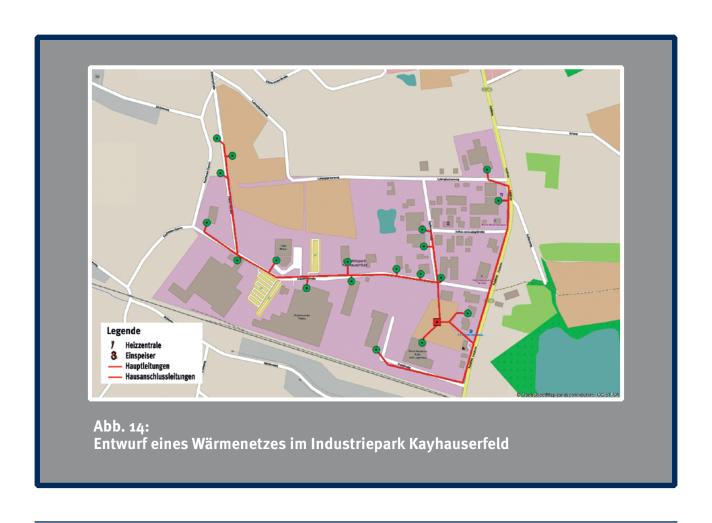
Die Kostenpfade wurden in einem weiteren Schritt zu einem topologischen Netz modelliert, das mit Hilfe der Erweiterung Wärmenetz Analyst WNA (Miksche 2014) im GIS analysiert wurde.

Aufgrund modellhafter Werte für Lasten und

dezentralen Einspeisungen konnten erste Dimensionierungen der Leitungen und der Heizzentrale vorgenommen werden.

Die folgenden Grafiken zeigen erste Entwürfe zukünftiger Wärmenetze in den Untersuchungsgebieten.





Auf Basis der Entwürfe kann eine erste Kostenabschätzung für den Bau der Wärmenetze erstellt werden. Die Kostenschätzung berücksichtigt empirische Daten (Wünsch et al. 2014) und wird um Erfahrungswerte der Stadtwerke Schwerin (Kennziffern aus 2013) ergänzt. In Kayhauserfeld betragen die Nennweiten der

Hauptleitungen je nach Lage und angenommener Temperaturspreizung zwischen 25 und 80 mm. In Drielake betragen die Nennweiten der Hauptleitungen je nach Lage und angenommener Temperaturspreizung zwischen 20 und 100 mm.

Tabelle 3: Kostenaufstellung (Bau) für Modellwärmenetze

	Drielake	Kayhauserfeld
Hauptleitungen (m)	2.150	2.440
Hausanschlussleitungen (m)	900	520
Leitungslänge gesamt (m)	3.050	2.960
Baukosten (€/m)	300	300
Gesamtkosten Leitung (€)	915.000	888.000
Kleinkompaktstationen mit Leittechnik (€)	10.500	10.500
Anzahl	26	19
Gesamtkosten Übergabestationen (€)	273.000	199.500
Heizzentrale (BHKW) (€)	20.000	20.000
Gesamtkosten Wärmenetz (€)	1.208.000	1.107.500

Bei einem Wärmebedarf, der eher einem Bürogebäude entspricht, sind einfache Übergabestationen ausreichend, die deutlich unterhalb der Kosten von Kleinkompaktstationen liegen (1.700 – 4.500 €, je nach Nennweite und Leistung).

Hinsichtlich Betrieb wurden als Wärmeverteilkosten je nach Region Werte zwischen 1,7 und 3,3 ct/kWh ermittelt (Konrad & Peter 2011).

Zusätzlich sind von dem Kunden einmalige Anschlusskosten zu übernehmen, die beim Anschluss im Zuge der Bauphase günstiger ausfallen, als bei einem nachträglichen Anschluss.

Die Preisgestaltung für den Abnehmer setzt sich zusammen aus:

- Wärmepreis (gestaffelt nach Bezug),
- ► Leistungspreis (gestaffelt nach Anschlussleistung),
- Messpreis (gestaffelt nach Anschlussleistung)
- einmaligen Anschlusskosten (gestaffelt nach Leistungsbedarf, inkl. Übergabestation, teilw. inkl. Anteil der erforderlichen Trassenmeter).

Einige Stadtwerke, wie z.B. die Stadtwerke Dingolfing, stellen eine sehr differenzierte Kostenaufstellung zur Verfügung .(Stadtwerke Dingolfing GmbH 2015)

Ein wirtschaftlicher Betrieb eines Wärmenetzes ist unter folgenden Prämissen möglich:

- ► Objekt- und Industrie-KWK-Anlagen werden dort errichtet, wo Prozesswärme unmittelbar gebraucht wird.
- ▶ Objekt- und Industrie-KWK-Anlagen werden so dimensioniert, dass sie anfallende Überschusswärme in ein Wärmenetz einspeisen können. Hierbei ist abzustimmen, ob die Anlagen strom- oder wärmegeführt betrieben werden.
- ► Unter Berücksichtigung der Flexibilität im Wärmeund Stromsektor müssen die Gleichzeitigkeitsfaktoren genau bestimmt werden, um eine kostengünstige und effiziente Dimensionierung des Wärmenetzes zu ermöglichen (Winter et al. 2001).
- ► Der Eigenverbrauch von Strom wird innerbetrieblich bzw. auf Gebietsebene optimiert.

- ► Es wird keine groß dimensionierte Fernwärmeversorgung favorisiert, da sich diese Form der Wärmeversorgung unter den derzeitigen und prognostizierten Preisentwicklungen und Förderbedingungen nicht rechnet (Wünsch et al. 2014)
- ► Kleinräumige Kopplungen sollten favorisiert werden, die im Laufe der Zeit weiter miteinander verbunden werden und so ein wachsendes Netz darstellen.

Der Bau eines Wärmenetzes stellt eine langfristige Investition dar, so dass das Konzept auch unter sich ändernden Bedingungen weiterhin tragfähig sein muss. Darunter fallen weitere innerbetriebliche Energieeffizienzmaßnahmen, die den Energieverbrauch weiter sinken lassen, aber auch neue Preissituationen bei z.B. Erdgas und die Nutzung weiterer Stellschrauben wie dem CO2-Zertifkatehandel.

### 7.4.2. Tiefengeothermie

Die Tiefengeothermie kommt als Energiequelle für Gewerbegebiete generell in Frage. Beide Untersuchungsgebiete befinden sich im Gebiet mit hydrogeothermalen Nutzungspotenzial (Norddeutsches Becken). Die Nutzbarkeit ist allerdings durch Salzlagerstätten in und um Bad Zwischenahn und der Nähe zur Hunte in Oldenburg eingeschränkt (GeotlS 2015). Ein geologisches Gutachten kann über den Einsatz von Tiefengeothermie weiter Aufschluss geben.

Eine Geothermische Nutzbarkeit für eine Tiefe von bis zu 100 m liegt in beiden Gebieten vor und wird durch Bohrungen belegt (LBEG 2015). Für beide Gewerbegebiete wird eine durchschnittliche spezifische Wärmeentzugsleistung von 45 bis 55 W/m bei 1.800 Betriebsstunden einer Wärmepumpe /Jahr nach (Kaltschmitt et al. 1999) angegeben.

### 7.4.3. Wärme aus Abwasser

Die Rückgewinnung von Wärme aus Abwasser stellt keine regenerative Energiequelle dar, sondern ist als Energieeffizienzmaßnahme zu verstehen. Bei energieintensiven Unternehmen mit einem hohen und warmen Abwasseraufkommen lohnt sich eine inhäusige Wärmerückführung. Meist ist jedoch der Aufwand zu hoch. Im Kanal kommt es zu einer Vermischung unterschiedlicher Abwässer und somit zu einer Verstetigung des Wärmedargebotes, welches mit unterschiedlichen Wärmeübertragersystemen dem Kanal entnommen und einer Wärmepumpe zugeführt werden kann.

Wenn dann noch eine stromgetriebene Wärmepumpe von der hauseigenen PV-Anlage versorgt werden und ein angepasstes Speichersystem die Volatilität des PV-Stroms ausgleichen kann, ist es möglich, den Eigenverbrauchsanteil von Solaranlagen stark zu erhöhen. Je nach Auslegung der Wärmeverteilung (warme bzw. kalte Nahwärme) können auch Nachbargebäude mit Wärme versorgt werden. Höhertemperierte Prozesswärme kann hierdurch nicht, wohl aber Raumwärme bereitgestellt bzw. eine Vortrocknung bzw. Vorerwärmung von Produktionsgütern vorgenommen werden.

Für das Stadtgebiet Oldenburg wurde eine Potenzialanalyse zur Nutzung von Wärme aus Abwasser durchgeführt und ein Gesamtpotenzial von rund 2,9 MW ungenutzter Wärme festgestellt (Knies 2015). Durch das Gewerbegebiet Drielake verläuft ein Sammelkanal, der das Abwasser aus dem Stadtsüden zum Klärwerk leitet, so dass ein verlässlicher Wärmetransport vorliegt. Links der Hunte kommt zusätzlich das Wasser aus dem Stadtwesten und der Innenstadt hinzu, so dass hier ein noch höheres Wärmepotenzial vorliegt. In unmittelbarer Nähe, im Quartier Stadthafen", wird das derzeit in Deutschland größte Projekt umgesetzt. Im ersten Bauabschnitt werden rund 7.500 qm Wohnfläche, nach Fertigstellung werden insgesamt 20.000 qm Wohnfläche mit Wärme aus Abwasser versorgt (Hövel 2015).

Bei einer Abkühlung um  $\Delta T$ =2 Kelvin beträgt die Wärmekapazität des Abwassers ca. 2,3 kWh/m3 (Hamann 2012). Bei einer angenommen Jahresarbeits zahl (JAZ) von 4 beim Betrieb einer Wärmepumpe kann die theoretische Gesamtheizleistung berechnet werden.

Drei Standorte wären für den Einsatz von Wärme aus Abwasser interessant:

Tabelle 4: Potenzialermittlung für Wärme aus Abwasser Oldenburg

Standort	Kanal / Haltung	Nennweite	Trockenwetter Durchfluss	Wärmepotenzial Abwasser (Durch- fluss x 2,3 kWh)	Theoretische Gesamtheizleis- tung (JAZ 4)
Agravis (Stau 199-203)	49905121	DN 1800	164 l/s (590,4 m³/h)	1.358 kW	1.811 kW
Maco-Hallen (Stedinger Str. 141)	49890181	DN 1500	310 l/s (1116 m³/h)	2.567 kW	3.423 kW
SMP (Rheinstraße 40, außerhalb des Gebietes)	48892561	DN 1000	138 l/s (496,8 m³/h)	1.143 kW	1.524 kW

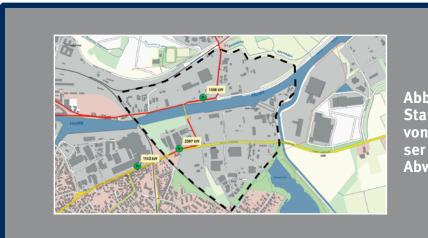
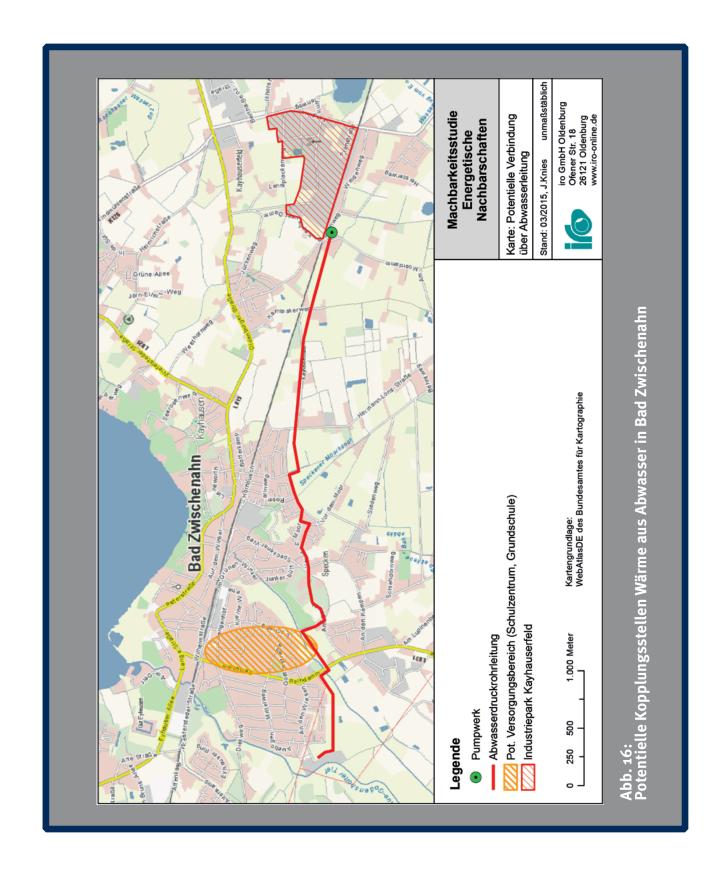


Abb. 15: Potentielle Standorte für die Nutzung von Wärme aus Abwasser (Wärmepotenzial des Abwassers)

Im Industriepark Kayhauserfeld verhält sich die Situation anders. Das Abwasser wird über Schmutzwasserkanäle gesammelt und in ein südlich der Bahnlinie befindliches Pumpwerk geleitet. Der wärmeintensivste ist zugleich auch der letzte Einleiter vor dem Pumpwerk (Rügenwalder Mühle). Vom Pumpwerk führt eine Druckrohrleitung zum Klärwerk der Gemeinde Bad Zwischenahn. Die Druckrohrleitung läuft an Siedlungslagen vorbei, u.a. relativ nah am Schulzentrum Bad Zwischenahn und der Grundschule entlang. Das Wärmepotenzial könnte hier mit Hilfe von sog. "Rohr in Rohr" – Wärmeübertragern nutzbar gemacht und dem Schulzentrum zugeführt werden. Ähnliche Lösungen gibt es z.B. in Berlin zur Beheizung und Kühlung eines IKEA-Marktes mit Hilfe des städtischen Abwassers in einer Druckrohrleitung (Waschnewski et al. 2013).

Die Situation in Bad Zwischenahn ist äußerst günstig. Die Rügenwalder Mühle GmbH expandiert und baut im Industriepark ein weiteres Werk nahe dem Hauptwerk, so dass die Abwassermengen sich noch erhöhen dürften. Die Abwassertemperaturen liegen derzeit bei 20-25 Grad Celsius.

Erste Abstimmungsgespräche mit den Gemeindewerken Bad Zwischenahn und dem Gebäudemanagement der Gemeinde führten zu dem Ergebnis, dass eine technische Umsetzbarkeit nach Klärung mit den entsprechenden Fachbüros vorstellbar wäre, sofern sie sich wirtschaftlich darstellen lässt. Bei Sanierungsplanungen für das Schulzentrum könnte mit Hilfe eines Feinkonzepts die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zur Nutzung von Wärme aus Abwasser untersucht werden.



### 7.4.4. Speicherung von Wärme und Kälte

Mittels Wärme-/Kältespeichern besteht die Möglichkeit, Prozesse zeitlich von der Verfügbarkeit der thermischen Energie zu entkoppeln. So können unregelmäßig zur Verfügung stehende oder zeitlich versetzte Wärme-/Kältequellen für die Nutzung brauchbar gemacht werden. Beachtung finden muss bei allen Speichertypen, dass die Temperatur der anfallenden Abwärme höher als die Speichertemperatur und diese wiederum höher als die für die späteren Anwendungen zur Verfügung stehende Temperatur sein muss. Weiterhin sollten - wirtschaftlich gesehen - die Speicherzyklen möglichst kurzgehalten werden. Theoretisch ist aber auch eine Speicherung der Abwärme im Sommer und eine Nutzung dieser im Winter möglich. (saena 2012)

Im Folgenden sollen kurz verschiedene Bauformen erläutert werden. Hierbei kann je nach Art der Wärmespeicherung zwischen den drei Typen Speicherung von sensibler Wärme, Speicherung mittels latenter Wärme oder thermochemisch unterschieden werden.

### Wärmespeicher (sensible Wärme)

Wärmespeicher, die sich das Prinzip der sensiblen Wärme zu Nutzen machen, speichern diese Energie in Speichermassen. Als Speichermasse kann hierbei entweder das Speichermedium selbst z.B. Wasser oder eine zusätzliche Speichermasse z.B. Kies dienen. Die Speicherkapazität ist hierbei vor allem von der vorhandenen Temperaturdifferenz sowie der Wärmekapazität und der Masse des Mediums abhängig. Eingesetzt werden diese Speicher als typische Warmwasserspeicher, wie sie in kleinerer Ausführung auch oft in Wohnhäusern aufzufinden sind, oder aber auch als Zwischenspeicher z.B. in Nahwärmenetzen. Zusätzlich unterschieden werden Wärmespeicher nach kurzfristiger und langfristiger Speicherung in einem typischen Temperaturbereich von bis zu 95 °C und einer Energiespeicherdichte von bis zu 90 kWh/m³. (saena 2012)

#### Latentwärmespeicher

Latentwärmespeicher machen sich die Enthalpie reversibler Zustandsänderungen für die Wärmespeicherung zu Nutzen. Somit erfolgt die Wärmeaufnahme bzw. -abgabe zumeist während des Phasenwechsels zwischen fest und flüssig. Als Speichermedien werden hierbei spezielle Phasenwechselmaterialien (PCM, Phase Change Material) eingesetzt. Verwendung finden diese Wärmespeicher mit den momentan eingesetzten PCM im Temperaturbereich zwischen -30 °C und 1000 °C. Die Energiespeicherdichte liegt bei bis zu 200 kWh/m³. (saena 2012)

Nach momentanem Stand werden kleine Anlagen bereits vielfach als Speichermöglichkeit in der Solarthermie eingesetzt und sind kommerziell erhältlich. Vorteilhaft an dieser Speicherform ist neben der hohen Speicherdichte vor allem der geringe Verlust durch die Wärmeabstrahlung. Großanlagen befinden sich momentan noch in der Entwicklung. (trend:research GmbH n.d.) (Blesl et al. 2011)

#### Mobile Latentwärmespeicher

Da in vielen Fällen die anfallende Abwärme nicht komplett innerbetrieblich genutzt werden kann, oder kein Wärmenetz zur Verfügung steht, kann die überschüssige Energie auch mittels mobiler Wärmespeicher transportiert werden. So sind heute bereits Container, mit dem Lebensmittelzusatzstoff Natriumacetat befüllt, auf dem Markt. Schon im Jahr 2011 war eine Nutzung dieser Technologie in einem Umkreis von 30 km wirtschaftlich. (Petersen 2011)

#### **Sorptionsspeicher (thermochemisch)**

Sorptionsspeicher nutzen die bei der Sorption eines Stoffes freiwerdende Energie.

Die Entwicklung dieses Speichertyps ist aktuell aber noch nicht abgeschlossen. Aus diesem Grund befinden sich zurzeit noch keine Sorptionswärmespeicher auf dem Markt. (saena 2012)

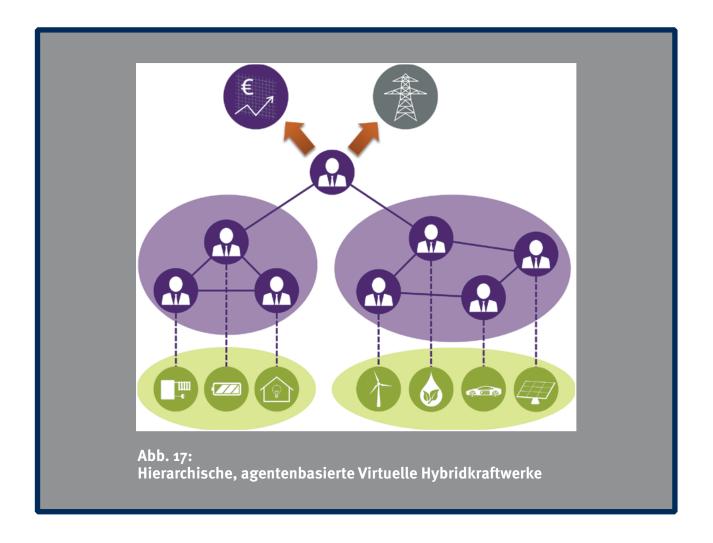
# 7.5. Indirekte Kopplung von Strom und Wärme/Kälte mit Hilfe Virtueller Kraftwerke

Unter Virtuellen Kraftwerken (kurz: VK) wird im Allgemeinen eine Zusammenfassung dezentraler Energieanlagen mittels eines informationstechnischen Leitsystems verstanden (Bitsch 2012). In der Regel erfolgt diese Bündelung unter einem gemeinsamen, anlagenübergreifenden Optimierungsziel, zum Beispiel der Bereitstellung von Wirkleistungsprodukten am Energiemarkt (wirtschaftliches VK) oder dem Anbieten von Systemdienstleistungen wie etwa Blind- oder Regelleistung (technisches VK) (van der Welle et al. 2009). Beide Varianten – wirtschaftliches und technisches VK – sind heute bereits im energiewirtschaftlichen Kontext realisiert. Typischerweise dienen VK hierbei als Hilfsmittel zur staatlich geförderten Direktvermarktung (Marktprämienmodell) etwa von Biogas- oder Windkraftanlagen im Leistungsbereich von 0,5-5 MW pro Anlage. Insbesondere im Falle der Biogasanlagen sowie größerer Blockheizkraftwerke wird dabei neben der Wirkleistungsdirektvermarktung oft auch Sekundär- oder Tertiärregelleistung angeboten (z.B. NEXT KRAFTWERKE, EWE Lastmanager etc.). Im lokalen und regionalen Kontext treten Virtuelle Kraftwerke bisher kaum in Erscheinung. Das Konzept, dezentrale Anlagen mittels informationstechnischer Systeme zu überwachen und zu steuern, ist aber ebenso auf energietechnische Anlagen kleinerer Leistungsbereiche (d.h. auf elektrische Leistungen deutlich kleiner als 500 kW) übertragbar. Gerade im Kontext hybrider Energiesysteme mit regional verorteten und von lokalen Bedingungen abhängigen Flexibilitätspotenzialen spielen Anlagen dieser Leistungsklassen aber eine herausragende Rolle. Bei der Erschließung von deren Potenzial sind zwei zentrale Herausforderungen zu bewältigen: Skalierbarkeit und Heterogenität. Skalierbarkeit bezeichnet zunächst das Problem, sehr große Anlagenanzahlen informationstechnisch zu beherrschen. Bei der Aggregation dezentraler Anlagen kleiner Leistungen kann es notwendig sein, mehrere tausend dieser Anlagen kontinuierlich zu überwachen und zu steuern, um ein regionales Flexibilitätspotenzial energiewirtschaftlich optimiert zu nutzen. Das setzt eine sehr effiziente Verarbeitung der kontinuierlich anfallenden Datenmengen sowie eine Beherrschung komplexer Optimierungsverfahren mit potenziell sehr vielen Freiheitsgraden voraus. Unter Heterogenität wird die Herausforderung, mit sehr vielen unterschiedlichen Anlagentypen – Blockheizkraftwerke, Photovoltaik- und Windkraftanlagen, Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen, elektrische Speicher etc. – umgehen zu müssen, verstanden. Verschiedenartige Anlagentypen und unterschiedliche energieformübergreifende Kopplungspunkte machen die Berücksichtigung unterschiedlicher Randbedingungen und Sonderfälle notwendig, um die lokalen Flexibilitäten geeignet in das übergreifende Optimierungsverfahren einzubinden.

Unter der Voraussetzung, die Größe und die Heterogenität eines komplexen, energiedomänenübergreifenden Systems informationstechnisch beherrschen zu können, lassen sich Hybridnetze auf unterschiedlichen, ineinandergreifenden Ebenen realisieren:

- ► Für Einzelobjekte Industrie- oder Gewerbeobjekte, oder größere dezentrale Anlagen – können lokale Freiheitsgrade bzw. Flexibilitätspotenziale ausgelotet und ggf. in begrenztem Rahmen erschlossen werden. Ein Beispiel dafür kann etwa der gezielte Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zur Erzeugung von Prozesswärme und gleichzeitiger Spitzenlastreduktion im produzierenden Gewerbe sein.
- ► Im lokalen räumlichen Verbund etwa benachbarten Einzelobjekten oder räumlich begrenzten Gewerbegebieten oder Stadtteilen – können lokale Flexibilitäten nutzbringend kombiniert werden. Das setzt eine Abstimmung zwischen Erzeugung und Verbrauch unterschiedlicher Energieformen von mehreren Akteuren voraus.
- ► Im regionalen räumlichen Verbund d.h. im Kontext einzelner Städte oder Gemeinden oder größerer Gewerbe- und Industrieparks mit entsprechender Energienachfrage und Erzeugungspotenzialen können wiederum bereits auf lokaler Ebene aggregierte Freiheitsgrade kombiniert genutzt und energiewirtschaftlich optimiert werden. Hier entstehen die ersten systemischen Mehrwerte, etwa durch die Möglichkeit, Systemdienstleistungen für die Netzbetriebsführung bereitzustellen.
- ► Im überregionalen Verbund schließlich werden hybride Systeme insbesondere im Hinblick auf die verlustarm übertragbaren Energieformen Strom und Gas zukünftig eine wesentliche Rolle spielen, wenn konventionelle Kraftwerkskapazitäten zuverlässig und dauerhaft reduziert werden sollen.

Um dieses Potenzial zu erschließen und einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung der Energieversorgung zu leisten, entwickelt das OFFIS im Rahmen einer Ausgründung "Open VPP" ein agentenbasiertes System, das den Anforderungen hybrider Virtueller Kraftwerke – Skalierbarkeit und Heterogenität – gerecht werden soll. Dabei repräsentieren intelligente, hierarchisch organisierte Softwareagenten jeweils einzelne Anlagen oder Objekte, bringen deren Freiheitsgrade in lokal bzw. regional geclusterte Verbünde ein und ermöglichen einen systemisch und energiewirtschaftlich optimierten Betrieb, indem lokal nicht vollständig ausnutzbare Flexibilitäten der jeweils nächsthöher gelagerten Ebene des Systems angeboten werden.



# 7.6. Kopplung von Strom und Wärme / Kälte mit Hilfe von Power to Gas

Mit dem Konzept Power-to-Gas wird die Nutzung von (Überschuss-)Strom zur Erzeugung von Wasserstoff bzw. synthetischem Methan beschrieben. In Hydrolyseuren wird mit Hilfe von Strom Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten, der in der Methanisierungsanlage mit Kohlenstoffdioxid verbunden und somit zu Methan umgesetzt wird (Agricola & Weber 2014).

Sowohl Wasserstoff als auch synthetisches Methan können wieder in das Gasnetz eingespeist werden, wobei netzspezifische Vorgaben (Druckverhältnisse, Konzentration etc.) beachtet werden müssen.

Wirtschaftlich interessant ist die Technologie derzeit für Energieverbraucher noch nicht (Agricola & Weber 2014), auch ist mit einem Überschuss an Strom in den untersuchten Gewerbegebieten nicht zu rechnen.

Allerdings bieten die Gewerbegebiete sehr gute Voraussetzungen für eine Platzierung zukünftiger Power-to-Gas – Anlagen:

- ► Der Nordwesten ist gekennzeichnet durch eine zeitweise Überproduktion regenerativen Stroms (Merkel 2012) (Feck 2012).
- ▶ Die stromseitige Infrastruktur ist in den Gebieten gut ausgebaut, im Oldenburger Gebiet befindet sich ein Umspannwerk.

Der aus der Region stammende Überschussstrom kann so zu hochwertigem Methan umgewandelt werden, um z.B. für die Mobilität der Unternehmen, v.a. Lastkraftverkehr eingesetzt werden.

# 8. Vorgehen und Ergebnisse

Die Machbarkeitsstudie verfolgte ursprünglich zwei Ansätze:

- ► Energiemodellierung auf Gebietsebene in Bad Zwischenahn
- ► Modellierung der Kopplungsmöglichkeiten zwischen Unternehmen in Oldenburg

Somit sollten Methoden erprobt werden, die auf jeweils unterschiedlichen Ebenen zu Ergebnissen führen. Die Modellierung der Kopplungsmöglichkeiten zwischen Unternehmen stellt somit eine Spezifizierung dessen dar, was zuvor auf Gebietsebene erhoben wurde.

Auf Basis der Datenlage allein war es jedoch zunächst nicht möglich, eine detaillierte Untersuchung vornehmen zu können.

Dies hatte v.a. zwei Ursachen:

- ▶ Die Daten über die in den Gebieten vorhandenen Unternehmen waren stark abstrahiert und z.T. veraltet
- ▶ Die Bereitschaft der Unternehmen, ihre Daten detailliert und hochaufgelöst bereitzustellen, war nicht durchgängig vorhanden.

Um unter diesen Bedingungen dennoch zu aussagefähigen Ergebnissen zu gelangen, wurde das Vorgehen wie folgt modifiziert:

In Oldenburg und Bad Zwischenahn wurden an die Unternehmen Fragebögen verschickt, die teilweise im Rahmen von Interviews vertieft werden konnten. Somit konnten Kenndaten über die jeweiligen Unternehmen gewonnen werden, aus denn sich modellhafte Energie- und Prozessdaten ableiten ließen. Um darüber hinaus eine flächendeckende Übersicht über das Gebiet zu erhalten, wurden der Wärmebedarf und das Abwärmepotenzial auf Basis statistischer Daten erhoben. Die Modelle wurden anhand der punktuell vorhandenen realen Daten validiert.

Ein in Kayhauserfeld durchgeführter Workshop diente der weiteren Vertiefung und Abfrage der weiteren Umsetzungsperspektiven. Des Weiteren wurden weitere "Stakeholder" und Ansprechpartner von Unternehmen aus der weiteren Umgebung nach ihren Einschätzungen befragt.

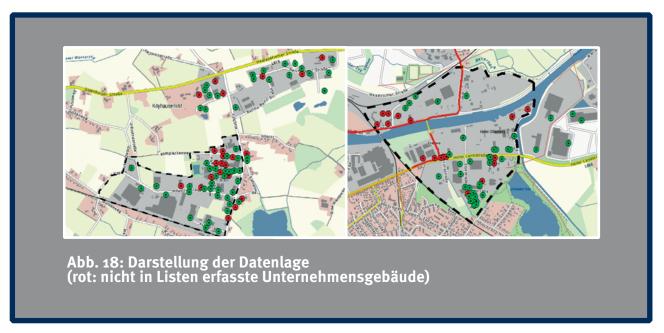
Im Folgenden werden die genannten Punkte weiter erläutert.

# 8.1. Datenlage in den Kommunen

Die in den Kommunen vorliegenden Listen über die Unternehmen wurden der migewa-Datenbank, einem Melde- und Verwaltungssystem für Ordnungsämter zum Thema Gewerbe, entnommen und für das Projekt bereitgestellt. Es stellte sich heraus, dass diese Listen nicht vollständig aktuell waren und z.T. noch verzogene Firmen enthielten sowie neuere Unternehmen noch nicht aufführten. Auch die geführten Ansprechpartner waren nicht immer aktuell. Eine Kategorisierung nach den Wirtschaftsziffern findet in

der migewa-Datenbank nicht statt.

Die folgende Abbildung verdeutlicht den Anteil der nicht durch die migewa-Listen erfassten Gebäude. Hierzu wurden die postalischen Adressen der bereinigten Unternehmensliste auf einer Kartengrundlage dargestellt (grüne Punkte) und manuell die Gebäude gekennzeichnet, die über eine Hausnummer verfügen, aber nicht in der migewa-Liste aufgeführt werden (rote Punkte).



## 8.2. Energiemodellierung auf Gebietsebene

Zur Erfassung von Energiedaten wurden Anfang 2015 über die Kommunen Fragebögen an alle bekannten (s.o.) Unternehmen der betrachteten Gebiete versandt sowie telefonisch Kontakt aufgenommen. Der Rücklauf der Fragebögen blieb hinter den Erwartungen zurück, was sich im Nachgang allerdings mit den Erfahrungen aus anderen Projekten (z.B. Gewerbepark Oyten, Get.Min in NRW, Wärme- Kälteatlas Metropolregion Bremen-Oldenburg) deckt. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Aus anschließend geführten Gesprächen mit den ansässigen Unternehmen stellte sich eine Mischung aus Bedenken über die Frei- und Weitergabe vertraulicher Prozess- und Energiedaten, mangelndem Interesse am Thema Energieeffizienz und zu hohem Aufwand bei nicht unmittelbar absehbarem Nutzen heraus. Aufgrund der schwierigen Datenlage ist für die Unternehmen in Drielake/Stau/Wehde Straße eine detaillierte Analyse nur ausschnittweise möglich. Auf Gebietsebene konnte in Kayhauserfeld ebenfalls nur ein kleiner Teil der Unternehmen zur Herausgabe von Energiedaten bewegt werden (s.a. Interviews mit Projektpartnern).

Zur Durchführung der Energiemodellierung auf Gebietsebene muss jedoch eine ausreichend große und konkrete Datenbasis vorliegen. Um diese trotz der zuvor genannten Schwierigkeiten zu realisieren, erfolgte die Datenaufnahme einerseits durch Befragungen mittels Fragebögen sowie teilweise durch Interviews zur Ableitung von Kenngrößen für modellhafte Betrachtungen. Für Unternehmen, in welchen keine Möglichkeit der Datenaufnahme bestand, erfolgte die Ermittlung des Wärmebedarfs und des Abwärmepotenzials anhand statistischer Daten.

Durch Kombination dieser Verfahren ergab sich eine ausreichend große wenngleich unscharfe Datenbasis zur weiteren Auswertung. Diese erfolgt im Anschluss mittels des bereits vorgestellten Excel-Templates und daraus abgeleiteten Energieflussdiagrammen (Sankey-Diagramme).

### 8.2.1. Datenerhebung über Fragebögen und Interviews

Zur Datenaufnahme innerhalb der Unternehmen wurde ein Fragebogen erarbeitet, mit dem die benötigten Daten aufgenommen werden können. Ein Musterexemplar ist dem Anhang zu entnehmen.

Um bereits bestehende Kontakte zu den Unternehmen zu nutzen und die Akzeptanz der Datenerhebung zu erhöhen, wurden die Fragebögen jeweils direkt durch die Wirtschaftsförderung der Stadt Oldenburg und der Gemeinde Bad Zwischenahn an die Unternehmen verteilt. In einem beiliegenden Anschreiben wurden die Ziele des Projektes erläutert, die

Verwendung der Daten beschrieben und auf die strikt vertrauliche Behandlung hingewiesen. Tabelle 5 zeigt die Zahl der angeschriebenen Unternehmen und die Rücklaufquote je betrachtetem Gebiet.

Die fünf unternehmerischen Projektpartner (HÜPPE GmbH, Rügenwalder Mühle, Agravis, EWE AG, OOWV Kläranlage) wurden vor Ort besucht und anhand des Fragebogens interviewt, sodass die dortigen Prozesse und Energieflüsse besonders detailliert abgebildet werden konnten.

Tabelle 5: Anzahl der angeschriebenen Unternehmen und Rücklaufquote

Gebiet	Anzahl der angeschriebe- nen Unternehmen	Anzahl Rückläufe	Rückllaufquote
Drielake/Stau/Wehdestraße	54	3	6%
Kayhauserfeld	63	5	8%

### 8.2.2. Datenaufbereitung und -visualisierung

Die erhobenen Energiedaten wurden in einem im Rahmen des Projektes entwickelten Excel Template gesammelt und dort mit entsprechend entwickelten Feldfunktionen für die automatisierte Weiterverarbeitung aufbereitet. So werden beispielsweise aus den Energieverbräuchen und Leistungsdaten einzelner Anlagen die (Abwärme-)Verluste berechnet. Aus den so aufbereiteten Daten lassen sich im nächsten Schritt Sankey-Diagramme erstellen, welche anschaulich die Energieflüsse einzelner Unternehmen oder auch ganzer Gebiete darstellen (vgl. Abb. 4). Anhand dieser Diagramme lassen sich die Kopplungsmöglichkeiten zwischen Unternehmen beurteilen, da sich analysieren lässt, wieviel Energie benötigt oder an andere abgeben werden kann.

### 8.2.3. Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis statistischer Daten

Die Abschätzung des benötigten Wärmebedarfs kann auf Basis vorhandener Statistiken erfolgen. So liegen Daten des Statischen Bundesamts hinsichtlich des bundesdurchschnittlichen Energieverbrauchs pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigtem in den industriellen Branchen vor, siehe Tabelle 13 (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2014). Anhand dieser Daten und der Informationen bzgl. der vorliegenden industriellen Branche und der Mitarbeiterzahlen kann ein theoretischer Wärmebedarf ermittelt werden. Für industrielle Branchen, bei denen keine statistischen Daten diesbezüglich vorliegen, erfolgt die Bewertung mit Hilfe einer allgemeineren Betrachtung auf Basis der Gebäudetypen. Als Vorlage dient hierzu der Wärmeatlas Baden-Württemberg, siehe Tabelle 14 (M Blesl et al. 2008).

Zur Berechnung des Wärmebedarfs auf diesem Wege ist nur die vorhandene Quadratmeterfläche notwendig. Diese wurde für die Unternehmen über frei verfügbares Karten- und Fotomaterial (z.B. Google Maps, Bing, OpenStreetMap) so genau wie möglich ermittelt. Genauso erfolgt die Betrachtung von Verkaufs-, Ausstellungs- und Verwaltungsgebäuden.

Bei der Bestimmung des theoretischen Wärmebedarfs auf Unternehmensebene und für das gesamte Gebiet mussten einige Verallgemeinerungen vorgenommen werden. So werden alle Gebäude, die über ihre Fläche betrachtet werden müssen, als eingeschossige Bürofläche und nach 1995 errichtet angenommen. Eine Unterteilung zwischen Bürogebäuden und Industriefläche ist hierbei nicht möglich. Für die größeren Unternehmen lässt sich durchgängig die Mitarbeiterzahl zumeist über den Firmenauftritt im Internet grob ermitteln. Die Mitarbeiterzahlen der kleineren Betriebe werden mittels eines Onlinebranchenbuchs bestimmt. Hier sind für die meisten Unternehmen Bereiche, in welcher die Anzahl der Mitarbeiter liegt, hinterlegt. Diese Bereiche gehen von 1-10 Angestellte über 11-49 bis hin zu 50-499 und über 500 Angestellte (cytex 2015). In den auch so nicht zu erfassenden Unternehmen ist die Anzahl pauschal mit 10 Mitarbeitern angenommen worden. Da diese Unternehmen branchenspezifisch nur einen

geringeren Energieverbrauch aufweisen, fallen mögliche Abweichungen in der Anzahl der Mitarbeiter nur wenig ins Gewicht.

#### **Gewerbe- und Industriegebiet Drielake**

Wie schon in Kapitel 5.1 beschrieben, reicht das Spektrum in Drielake von Bürogemeinschaften, über Handwerksbetriebe, Logistikunternehmen, Fahrzeugbau und -lackierung bis hin zu industrieller Tierfutterverarbeitung und dem Klärwerk Oldenburg. Aus diesem Grund kann nur für einen geringen Teil der Unternehmen eine Zuordnung über die Branchen erfolgen. Bei allen anderen Unternehmen wird die Ermittlung des Wärmebedarfs über die Grundflächen durchgeführt. Mittels dieser gemischten Bestimmung des Wärmebedarfs ergibt sich ein solcher von 11.566 MWh/a. Bei einer reinen Betrachtung aller Unternehmen nach der Grundfläche unabhängig von der Branche läge rechnerisch nur noch ein Bedarf von 6.591 MWh/a und somit nur 57 % des vorher ermittelten Bedarfs vor. Diese ist einzig auf die 17 Unternehmen, welche einer Branche zugeordnet werden konnten, zurückzuführen. Genauer entstehen diese großen Differenzen zwischen den beiden Betrachtungsweisen vor allem durch jene Unternehmen, die der Branchenkennzeichnung "Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln" zuzuordnen sind. Ohne diese Unternehmen läge nur noch eine Differenz von 16 % vor. 3 der 84 betrachteten Unternehmen konnten anhand der vorgestellten Methodik nicht zugeordnet werden. Dieses ist auf nicht dargestellte oder nicht eindeutig zuzuordnende Gebäude in dem vorliegenden Kartenmaterial zurückzuführen.

### Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld

Im Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld sind international tätige Großunternehmen, aber auch sehr viele Bürogemeinschaften und Handwerksbetriebe beheimatet. Wie auch in Drielake kann nur für einen geringen Teil der Unternehmen eine eindeutige Zuordnung zu den Branchen erfolgen. Bei allen anderen Unternehmen erfolgt die Ermittlung des Wärmebedarfs über die Grundfläche. Auf Basis dieser

gemischten Bestimmung des Wärmebedarfs ergibt sich ein solcher von 59.022 MWh/a. Hierbei muss beachtet werden, dass bei Herausrechnung eines sehr energieintensiven Unternehmens der Bedarf in diesem Gebiet nur noch bei 22.072 MWh/a liegt und somit um 63 % gesunken ist.

Bei einer reinen Betrachtung nach der Grundfläche unabhängig von der Branche liegt rechnerisch nur noch ein Bedarf von 6.226 MWh/a vor. Dieses entspricht einem Wärmebedarf von 11 % im Vergleich zur ersten Betrachtungsweise. Diese Differenz ergibt sich wiederum aus den 22 Unternehmen, welche einer Branche zugeordnet werden konnten. Wie auch im Gewerbe- und Industriegebiet Drielake entstehen diese großen Differenzen vor allem durch Unternehmen die der Branchenkennzeichnung "Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln" zuzuordnen sind. Ohne diese Unternehmen liegt nur noch eine Differenz von 43 % vor. Auch hier konnten 3 der betrachten 63 Unternehmen nicht zugeordnet werden.

#### Bewertung

Nach Auswertung der ermittelten Daten können die vorhandenen Unterschiede an mehreren Punkten festgemacht werden. Hier kommt vor allem die grobe Abschätzung der Quadratmeteranzahl der einzelnen Unternehmen zu tragen. Schon geringe Abweichungen in den verwendeten Werten können große Auswirkungen auf die endgültigen Zahlen haben. Zusätzlich können die energieintensiven Unternehmen nicht über die Büroflächen abgebildet werden, da hierbei ein Großteil der Wärme im Bereich der Produktion benötigt und somit nur unzureichend

erfasst wird. Je nach Größe und Ausrichtung der Unternehmen spielen diese Aussagen unterschiedlich stark in die unternehmensabhängigen Zahlen hinein.

Allgemein ist die Feststellung zu treffen, dass die Auswertung auf Grundlage statistischer Daten zwar möglich jedoch mit einer großen Restunsicherheit belegt ist. Dies hängt aber auch mit der statistischen Datengrundlage zusammen. Beispielhaft ergibt alleine der Vergleich zweier verschiedener Datenbanken, siehe (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2014) und (M. Blesl et al. 2008), bei einer 10 Mitarbeiter starken Bäckerei einmal einen Wärmebedarf von 147 MWh/a (unterteilt in Raumwärme, Warmwasser, Niedertemperatur- und Mitteltemperatur-Prozesswärme) und zum anderen ein solcher von gesamt 799 MWh/a, also dem 5,4-fachen. Allein dieser Vergleich einer energieintensiven Branche zeigt die Unterschiede zwischen den vorliegenden statistischen Werten sehr gut.

Anhand der berechneten Ergebnisse, welche der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen sind, kann festgestellt werden, dass diese je nach Betrachtungsweise nicht nur stark voneinander abweichen, sondern auch noch unterschiedliche Schlussfolgerungen erlauben. Bei Betrachtungen anhand des branchenspezifischen Wärmebedarfs liegt dieser im Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld höher als in Drielake. Dem gegenüber steht ein höherer Energiebedarf bei Betrachtung auf Basis der Bürogebäudeflächen. Hierbei liegt der Bedarf in Drielake höher als in Kayhauserfeld.

Tabelle 6: Zusammenfassung der unterschiedlichen Wärmebedarfe in Abhängigkeit der Berechnungsmethode

	Wärmebedarf branchenspezifisch MWh/a	Wärmebedarf Bürogebäude MWh/a
Gewerbe- und Industriegebiet Drielake	11.566	6.591
Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld	59.022	6.226

### 8.2.4. Ermittlung des Abwärmepotenzials auf Basis statistischer Daten

Die Ermittlung des Abwärmepotenzials erfolgt auf Basis dreier Studien. In der Regel stellen diese einen Bezug zwischen Energiebedarf und dem Abwärmepotenzial her. Tabelle 15 zeigt einen Überblick der jeweiligen Ergebnisse. Hierbei sind nur die Branchen aufgeführt, die die typische Struktur der zu untersuchenden Gebiete treffen. Eine direkte Vergleichbarkeit der Daten ist nicht immer gegeben, da Bezüge, Datengrundlage und andere Randbedingungen sich oft unterscheiden. Dennoch kann anhand der erhobenen Kennwerte eine grobe Einordnung erfolgen.

Die Studien aus Norwegen (Geir Sollesnes & Helgerud 2009a) und Österreich (Schnitzer et al. 2012) beruhen auf Untersuchungen mittels einer Datenerhebung per Fragebogen. Die deutsche Studie (Pehnt et al. 2010) hingegen bedient sich der Bewertung mehrerer Sekundärquellen. Sowohl die österreichische als auch die deutsche Studie zitieren hierbei die norwegische Studie und nehmen diese zum Teil auf.

Für die Auswertung der Abwärmepotenziale werden aus diesen drei Studien die in den zu betrachtenden Gebieten ansässigen Branchen zusammengefasst. Die Unterschiede zwischen den Studien sind vor allem auf die unterschiedlichen Temperaturbezüge zurückzuführen. Während die norwegische und deutsche Studie nur ein Temperaturniveau von über 140 °C betrachten, finden sich in der österreichischen Studie hierzu keine einschränkenden Angaben. Aussagen zur zeitlichen Verfügbarkeit sowie weiteren Temperatureingrenzungen werden in allen Studien nicht gemacht.

Mittels der in Kapitel 8.2.2 ermittelten Wärmebedarfe beider Gebiete kann im Anschluss eine Berechnung des Abwärmepotenzials erfolgen. Hierbei ist zu beachten, dass bei allen Unternehmen, welche im Vorfeld als Bürogebäude eingestuft wurden, keine Ermittlung des Abwärmepotenzials erfolgen kann. Hier wird aufgrund des geringen Temperaturniveaus auf der Bedarfsseite von keinem nennenswerten Abwärmepotenzial ausgegangen. Die ermittelten Überschüsse beziehen sich jeweils auf ein Temperaturniveau von über 140 °C.

#### **Gewerbe- und Industriegebiet Drielake**

Anhand der erörterten Randbedingungen ergibt sich für das Gewerbe- und Industriegebiet Drielake ein Abwärmeüberschuss von 284 MWh/a oberhalb von 140°C.

### Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld

Im Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld liegt der Abwärmeanteil bei 690 MWh/a oberhalb von 140°C.

#### **Bewertung**

Die geringen Anteile an nutzbarer Abwärme können vor allem auf den Aspekt der Unternehmenszuordnung zurückgeführt werden. So werden im Gebiet Drielake nur 17 von 84 Unternehmen und im Gebiet Kayhauserfeld 23 von 63 Unternehmen nicht als Bürogebäude betrachtet. Dieses bedeutet, dass zwar alle Unternehmen als Abnehmer von Wärme zu Verfügung stehen, aber nur ein geringer Teil hiervon überhaupt als Wärmequelle in Frage kommt. Bei Vergleich der benötigten thermischen Energie zu der wiederverwendbaren Abwärmemenge ergibt sich innerhalb des Gewerbe- und Industriegebiets Drielake ein Anteil von 2,5 % und im Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld von 1,2 %, siehe auch Tabelle 7.

Tabelle 7: Zusammenfassung der Abwärmemenge und deren Anteil am gesamten Wärmebedarf

	Abwärmemenge branchenspezifisch MWh/a (>140 C)	Wärmebedarf branchenspezifisch MWh/a	prozentualer Wiederverwendungsanteil %	
Gewerbe- und Industrie- gebiet Drielake	284	11.566	2,5	
Gewerbe- und Industrie- gebiet Kayhauserfeld 690		59.022	1,2	

Wie auch bei der Wärmenutzung kann die Aussage getroffen werden, dass eine Auswertung auf Grundlage statistischer Daten zwar technisch möglich, jedoch mit großen Restunsicherheiten verbunden ist. So unterscheidet sich alleine der Bereich der Nahrungs- und Futtermittelverarbeitung und -produktion der österreichischen und norwegischen/ deutschen Studie um einen Faktor von 30 (6 % zu 0,2 %).

Außerdem beachtet werden sollte, dass aufgrund der Fehlerfortpflanzung die bestimmten Abwärmepotenziale noch größere Ungenauigkeiten als die Wärmebedarfe aufweisen.

### 8.2.5. Methodik zur Datenauswertung/Potenzialbewertung

Zur Auswertung und somit auch zur Abschätzung von Potenzialen müssen mindestens die nachfolgenden Daten vorliegen. Mittels diesen ist eine Bestimmung möglicher Abwärmepotenziale grundsätzlich machbar:

- Temperaturniveau
- ► Leistung (Massenstrom, spez. Wärmekapazität, Temperaturdifferenz)
- ► zeitliche Verfügbarkeit in Bezug auf Kontinuität und Dauer
- ► Medium

Abgesehen von diesen Mindestkriterien sollten auch Kenntnisse über den Verschmutzungsgrad des Mediums vorliegen. Dieser ist zwar nicht direkt zur Bestimmung des Abwärmepotenzials erforderlich, wird aber für eine spätere kostenseitige Betrachtung benötigt.

Die Auswertung der vorliegenden Daten erfolgt grundsätzlich mittels der von der Sächsischen

Energieagentur GmbH in der Broschüre "Technologien der Abwärmenutzung" (saena 2012) dargestellten Methode. Einzig die Einteilung der Gewichtung hinsichtlich der Kontinuität ist hierbei an den vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit herausgegebenen "Leitfaden Wärmelandkarte" (COPLAN AG 2012) angelehnt.

Zur abschließenden Berechnung wurde den ursprünglich in der Tabelle angegebenen Symbolen jeweils eine Ziffer zugeordnet. Je größer diese Ziffer ist, desto besser ist das jeweilige Verfahren für die vorliegenden Bedingungen geeignet. Alle Spalten- und Zeilenkombinationen, welche eine "o" enthalten sind mit dem heutigen Stand der Technologien für einen Einsatz ungeeignet. Abschließend werden alle Faktoren pro Spalte summiert. Hierbei geht das durchschnittliche Temperaturniveau aufgrund der Wichtigkeit mit dem Faktor 2 in die Berechnung ein.

Tabelle 8: Zuordnung der Wertigkeit zu den jeweiligen Ziffern

8	Technologie ist sehr gut geeignet
6	in den meisten Fällen ist die Nutzung der Technologie möglich
4	unter bestimmten Umständen ist der Einsatz dieser Technologie möglich
2	kritischer Faktor, der Einsatz ist kaum möglich bzw. wird erschwert
o	Ausschlusskriterium, Einsatz unmöglich

Tabelle 9: Technische Kriterien der Abwärmequelle (saena 2012)

Kriterien	Wärmenutzung		Stromerzeugung			Kälte- erzeugung		
	Externe Wärme- nutzung	Wärme- pumpen	ORC- Turbine	Dampf- turbine	Stirling- motor	Sorptions- kälte- maschine		
Wie hoch ist das durchschnittliche Temperaturniveau des Abwärmemediums?								
bis 50 °C	0	8	0	0	0	o		
50 °C bis 150 °C	4	4	4	0	0	6		
150 °C bis 500 °C	6	2	8	6	0	4		
über 500 °C	6	0	6	8	6	4		
Wie hoch ist die durchschnittliche Leistung der Abwärmequelle?								
bis 10 kW	0	4	0	0	2	2		
10 kW bis 100 kW	2	8	4	4	6	6		
100 kW bis 1 MW	6	6	6	6	6	6		
1 MW bis 10 MW	8	4	8	8	0	4		
über 10 MW	8	2	8	8	0	o		

	Wärmenutzung		Stromerzeugung			Kälte- erzeugung		
Kriterien	Externe Wärme- nutzung	Wärme- pumpen	ORC- Turbine	Dampf- turbine	Stirling- motor	Sorptions- kälte- maschine		
Welchen Aggregatzustand weist das Abwärmemedium auf?								
gasförmig	4	2	2	4	6	4		
flüssig	6	6	6	6	6	6		
Ist das Abwärmeme	dium verschmut	zt oder enthäl	t störende Besta	ndteile?				
	wenn ja, geeignete Filter/Abscheider vorsehen							
Liegt das Abwärmen	nedium in direkt	er oder diffus	er Form vor?					
direkt	6	6	6	6	6	6		
diffus	2	2	2	2	2	2		
Fällt die Abwärme in der Regel durchgängig (kontinuierlich) an oder gibt es Schwankungen (diskontinuierlich)?								
kontinuierlich	6	6	6	6	6	6		
diskontinuierlich	2	2	2	2	2	2		
Wie oft steht die Abwärme zur Nutzung bereit (Angaben in Stunden pro Jahr)?								
bis 2000	0	2	0	0	О	2		
2000 bis 4000	2	6	2	2	2	6		
4000 bis 6000	4	8	6	6	6	8		
über 6000	8	8	8	8	8	8		

Tabelle 9: Technische Kriterien der Abwärmesenke (saena 2012)

Kriterien	Wärmenutzung		:	Kälte- erzeugung				
	Externe Wärme- nutzung	Wärme- pumpen	ORC- Turbine	Dampf- turbine	Stirling- motor	Sorptions- kälte- maschine		
Gibt es im Unternehmen einen Bedarf an Kälte, Wärme oder Strom?								
Kälte	4	4	4	4	4	8		
Wärme	8	8	4	4	4	4		
Strom	4	4	8	8	8	4		
Wie oft wird die Nutzenergie (Kälte, Wärme oder Strom) benötigt? (Angaben in Stunden pro Jahr								
bis 1000	0	2	0	0	0	0		
1000 bis 2000	2	6	o	o	o	2		
2000 bis 4000	8	8	4	6	2	6		
über 4000	8	8	8	8	6	8		

	Wärmenutzung		Stromerzeugung			Kälte- erzeugung
Kriterien	Externe Wärme- nutzung	Wärme- pumpen	ORC- Dampf- Turbine turbine		Stirling- motor	Sorptions- kälte- maschine
Ist die geforde	Ist die geforderte Nutzleistung größer als das A		Abwärmeangebo	ot?		
	Zusatzheizung muss vorgehalten werden		unerheblich			Zusatz- kühlung
Besteht eine zeitliche Konvergenz zwischen Al		wärmeanfall un	d Leistungsbeda	arf der Nutzungs	technologien?	
	,	nbindung von ern notwendig	unerheblich		Speicher einbinden	

Bei der Bewertung der zu Verfügung stehenden Abwärmequellen ergibt sich ungefähr ab einer Summe von 35 die theoretische Möglichkeit einer Abwärmenutzung. Hierbei kann eine genauere Betrachtung sinnvoll sein. In Tabelle 9 werden die Abwärmesenken betrachtet. Hierbei liegen mögliche Nutzungsmöglichkeiten ab einem Wert von 10 vor. Diese Werte ergeben sich bei einer Durchschnittlichen Bewertung über alle Kategorien von 5 Punkten und somit bei einem durchschnittlichen Nutzungspotenzial. Abschließend können die vorhandenen Abwärmequellen und -senken miteinander verknüpft werden. Hierbei sollte die Leistung der Abwärmequelle größer sein als bei der Senke (Ausnahme Stromerzeugung). Zusätzlich sollte eine möglichst

große Überschneidung der zeitlichen Verfügbarkeit hinsichtlich der Quelle und Senke vorliegen. Hierbei muss noch eine genauere Betrachtung durchgeführt werden. Dieses erfolgt mittels der in Tabelle 11 dargestellten Unterscheidungen hinsichtlich des zeitlichen Anfalls/Bedarfs der Wärme. Optimaler Weise sollten hierbei die vorliegende Quelle und die zugeordnete Senke der identischen Kategorie entsprechen.

Bei zu großen Abweichungen kann alternativ auch über zusätzliche Speichermöglichkeiten nachgedacht werden. Mittels dieser können Probleme in der zeitlichen Diskrepanz überbrückt werden. Die einzelnen Speichermöglichkeiten, auch mit ihrer jeweiligen Speicherdauer, sind innerhalb des Kapitels 7.4.4 genauer erläutert.

Tabelle 11: Kategorisierung des zeitlichen Anfalls / Bedarfs an Wärme (COPLAN AG 2012)

Wochen- tage	ganzjährig (1. Januar – 31. Dezember) (365 Tage)	innerhalb der Heizperiode (1. September – 31. Mai) (273 Tage)	außerhalb der Heizperiode (1. Juni – 31. August) (92 Tage)
	Kategorie 1: kontinuierlich (24 h/d)	Kategorie 2: kontinuierlich (24 h/d)	Kategorie 3: kontinuierlich (24 h/d)
wochentags Mo So.	Kategorie 7: periodisch (z.B. tgl. 8.00 – 17.00 Uhr)	Kategorie 8: periodisch (z. B. tgl. 8.00 – 17.00 Uhr)	Kategorie 9: periodisch (z. B. tgl. 8.00 – 17.00 Uhr)
	Kategorie 13: nicht periodisch (z.B. 14 h/d, mit Unterbrechung)	Kategorie 14: nicht periodisch (z. B. 14 h/d, mit Unterbrechung)	Kategorie 15: nicht periodisch (z. B. 14 h/d, mit Unterbrechung)
	Kategorie 4: kontinuierlich (24 h/d)	Kategorie 5 kontinuierlich (24 h/d)	Kategorie 6: kontinuierlich (24 h/d)
werktags Mo Fr.	Kategorie 10: periodisch (z.B. tgl. 8.00 – 17.00 Uhr)	Kategorie 11: periodisch (z. B. tgl. 8.00 – 17.00 Uhr)	Kategorie 12: periodisch (z. B. tgl. 8.00 – 17.00 Uhr)
	Kategorie 16: nicht periodisch (z.B. 14 h/d, mit Unterbrechung)	Kategorie 17: nicht periodisch (z. B. 14 h/d, mit Unterbrechung)	Kategorie 18: nicht periodisch (z. B. 14 h/d, mit Unterbrechung)
Sonstiges	Kategorie 19: (z. B. Mo - Sa. 14 h/d)	Kategorie 20: (z. B. Mo - Sa. 14 h/d)	Kategorie 21: (z. B. Mo - Sa. 14 h/d)

Tabelle 12: Gewichtung der Kategorien (COPLAN AG 2012)

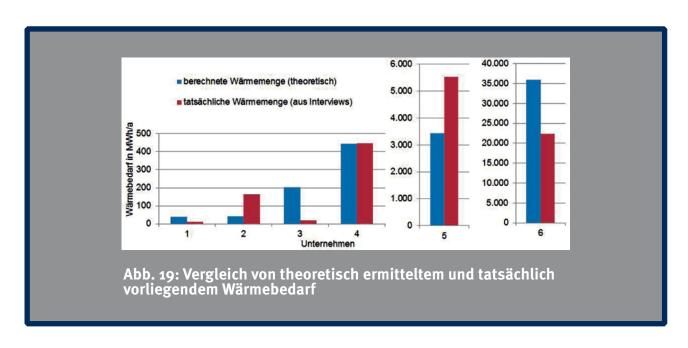
Kategorien (ganzjährig)	Gewichtung	Kategorien (innerhalb der Heizperiode)	Gewichtung	Kategorien (außerhalb der Heizperiode)	Gewichtung
1	8	2	6	3	4
7	6	8	4	9	2
13	6	14	4	15	2
4	8	5	6	6	4
10	6	11	4	12	2
16	6	17	4	18	2
19	6	20	4	21	2

### 8.2.6. Vergleich der statistischen und realen Datengrundlage

Für einen abschließenden Vergleich der statistischen und realen Daten werden diese gegenübergestellt. Hierbei ist zu beachten, dass dieser Vergleich nur bei ca. 5 % der in den Gewerbe- und Industriebgebieten ansässigen Unternehmen durchgeführt werden kann. Bei den anderen 95 % der Unternehmen besteht zum Zeitpunkt der Studie keine Bereitschaft zu einer Beteiligung an dem Projekt und somit an einer Bereitstellung der benötigten Energiedaten. Hierbei werden von den Unternehmen häufig nachfolgende Hemmnisse genannt. Besonders zu nennen ist hier die eigene Produktion, welche unter keinen Umständen in Mitleidenschaft gezogen werden darf. Zusätzlich besitzen gerade die kleineren und nicht so energieintensiven Unternehmen nur geringe Kenntnisse im Bereich der Energietechnik/-versorgung.

Zusätzlich liegen hier die Daten nicht gebündelt innerhalb eines Energiemanagementsystems vor, sodass sich ein erhöhter Arbeitsaufwand ergibt. Zuletzt genannt werden können hier auch die rechtlichen Rahmenbedingungen. Die Unternehmen sind keine Energiekonzerne/-lieferanten und wollen dieses auch nicht sein. So müsste eine zusätzliche Organisation zwischengeschaltet werden.

Der theoretische Wärmebedarf ist im Vorfeld in Kapitel 8.2.2 ermittelt worden. Die zugrundeliegenden realen Werte basieren auf den Fragebögen bzw. auf durchgeführte Interviews. Bei einem anschließenden Vergleich dieser beiden Datengrundlagen von sechs Unternehmen ergeben sich die in Abb. 19 dargestellten Abweichungen.



Anhand dieser Ergebnisse ist ersichtlich, dass das Verwenden von statistischen Daten nur eingeschränkt aussagefähig ist. Die Werte weisen teilweise signifikante Unterschiede auf. Gerade im unternehmensübergreifenden Vergleich ist auffällig, dass teilweise die theoretisch ermittelte und in anderen Unternehmen wiederum die tatsächliche Wärmemenge

über der jeweils anderen liegt. Eine Auswertung des Wärmebedarfs erfordert daher firmenspezifische Informationen. Andernfalls liefern die Daten eine nur unzureichende Grundlage für die Auswertung des vorhandenen Wärmebedarfs und möglichen weiterführenden Planungen.

## 8.3. Workshops

Die Einzelaspekte sollten in Workshops mit den Akteuren vor Ort diskutiert und verfeinert werden. Der angesetzte Workshop in Oldenburg stieß allerdings aufgrund der bereits diskutierten Aspekte auf nur wenig Resonanz bei den Unternehmen, sodass diese Form der Workshop-Partizipation nicht stattfand. Auf Anregung der Stadt Oldenburg wurden daraufhin weitere, größere Unternehmen kontaktiert, die sich außerhalb des Untersuchungsgebietes befinden. Hierdurch konnten weitere Unternehmen als Diskussionspartner gewonnen werden. Der Workshop in Kayhauserfeld fand am 21.05.2015 in den Räumen der HÜPPE GmbH mit insgesamt sieben Unternehmen und einem Vertreter der Gemeinde Bad Zwischenahn statt.

Die wesentlichen Ergebnisse aus dem Workshop können wie folgt festgehalten werden:

- ► Energieeffizienz und -kosten spielen je nach Branche eine sehr unterschiedliche Rolle.
- ► Es wurde ein großer Bedarf an einer neutralen Erstberatung gesehen.
- ► Allgemeines Interesse von Seiten der Unternehmen an Energiethemen ist vorhanden. Betont wurde aber auch die eigene fehlende Kompetenz auf diesem Gebiet.
- ► Ein "Kümmerer" für Gewerbegebiete wird als sehr wichtig angesehen, da die Unternehmen ihrem Kerngeschäft nachgehen müssen.
- ► Nahwärmenetze müssen wachsen, Keimzel-

len können auch mit wenigen Unternehmen entstehen. Vorhandenes Gasnetz bietet Energie derzeit sehr günstig an.

- ▶ Das im Industriepark befindliche Kühlhaus wurde bzgl. seines Lastverschiebepotenzials als sehr interessant angesehen. Leider fehlte ein direkter Ansprechpartner zur Vorbereitung entsprechender Initiativen (s. auch "Kümmerer").
- ► Die an der Hauptstraße gelegene Biogasanlage sollte in der weiteren Planung mit einbezogen werden.
- ► Weitere PV-Anlagen im Gebiet für Eigenverbrauch auch in Kombination mit E-Mobilität sind in Planung.

# 8.4. Befragung weiterer Stakeholder aus Verbänden

Es wurden Gesprächstermine mit der IHK Oldenburg-Ostfriesland, der Wirtschaftsförderung Bremen sowie der Kommunalen Umweltaktion Niedersachsen (U.A.N.) durchgeführt.

Im Folgenden werden die Erkenntnisse und Hinweise nach Handlungsfeldern und Sichten aufgeführt. Aus den Gesprächen konnten wertvolle Hinweise gewonnen werden, wie das Thema Energie von den Unternehmen wahrgenommen wird und wie ein Rahmen aussehen kann für eine vertrauensvolle Arbeitsumgebung mit Unternehmen. Letzteres ist besonders vor dem Hintergrund der bislang erfahrenen Vorbehalte bei der Weitergabe vertraulicher Energiedaten relevant.

Energie als Gegenstand unternehmerischen Handelns wird je nach Unternehmensgröße, Energieverbrauch und Selbstverständnis von den Unternehmen unterschiedlich wahrgenommen:

Für energieintensive Unternehmen ist das Thema Energie und Effizienz sehr prominent, für den Großteil der Unternehmen von eher nachrangiger Bedeutung.

- ► Effizienzpotenziale werden vornehmlich innerbetrieblich behandelt, nachrangig auf Gebietsebene.
- ► Energetische Kopplungen untereinander werden als Einschränkung der Entwicklungsmöglichkeit eines Unternehmens wahrgenommen.
- ► Energieeffizienz wird nicht selten als ein weiterer, bürokratischer Überbau wahrgenommen und ist nicht selten negativ behaftet.
- ▶ Die Qualität von Energieberatungen wird oft als nicht ausreichend wahrgenommen. Die Empfehlungen sind meist zu pauschal und/oder Interessensgeleitet (z.B. verkauft der Energieberater gleichzeitig LED-Beleuchtung, seine Beratung erschöpft sich mit der Betrachtung der Beleuchtungsmittel im Betrieb).

# Erfahrungen im Umgang mit Unternehmen auf Gebietsebene:

- ► Es bedarf einer langjährigen, vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Kommune, aber auch zwischen den Unternehmen untereinander.
- ► Energie wird größtenteils als Betriebsgeheimnis gesehen. Hier bedarf es einer jeweils angepassten Regelung und technischen Lösung im Umgang mit Energieverbrauchs- und Prozessdaten.
- ► Es bedarf einer Struktur, von der sich die Unternehmen adäquat repräsentiert fühlen (Interessensgemeinschaft, Unternehmerverband des Gebietes etc.). Meist liegt es an wenigen, starken Persönlichkeiten, die Meinungen und Aktivitäten initiieren und bündeln können.
- ► Energie ist nur ein Thema von vielen. Um die Bedürfnisse von Unternehmen aufzugreifen, sollten weitere Aspekte wie Stoffstrommanagement (z.B. Abfallkreisläufe), Logistik, Breitbandversorgung etc. angedacht werden.
- ► Da Energie selten ein Thema für alle Unternehmen in einem Gebiet ist, wird es kaum möglich sein, alle gleichzeitig dafür zu gewinnen.

#### Erfahrungen im kommunalen Zusammenhang:

- ▶ Das Thema muss für Unternehmen eindeutig in der Verwaltung verortet werden können (Zentraler Ansprechpartner für ein Gebiet), eine Aufteilung auf verschiedene Abteilungen/Fachdienste ist kontraproduktiv.
- ► Kleinere Kommunen haben meist einen direkten Draht zu allen Unternehmen und können diese eher mobilisieren.
- ▶ Die Informationslage über ortsansässige Unternehmen ist verbesserungsbedürftig (bestehende Unternehmen, Ansprechpartner, Mitarbeiterzahlen, Wirtschaftszweige).
- ▶ Die Verwaltung sollte einen "Kümmerer" in Person benennen, der mit den Unternehmen bzw. der oben erwähnten "Persönlichkeit" eine langfristige Strategie entwickelt und über konkrete, umsetzbare Teilprojekte umsetzt. Das kann einige Jahre in Anspruch nehmen.
- ► Energieeffizienztische werden teilweise als nicht zielführend wahrgenommen. Einzelthemen wie BH-KW-Betrieb, Solarstrom und Eigenverbrauch können zwar vermittelt werden, aber darüber hinaus bedarf es einer Gebietsstrategie auf Gebietsebene.

# 9. Umsetzungsmöglichkeiten in den betrachteten Gebieten

# 9.1. Bewertung der Kopplungsmöglichkeiten in Bereich Wärme

# 9.1.1. Gewerbe- und Industriegebiet Drielake

Im Gewerbegebiet Drielake liegen Daten der Unternehmen Agravis Kraftfutterwerk Oldenburg, OOWV und Leffers vor. Anhand dieser ergeben sich nur grobe Kopplungspotenziale im Bereich der Abwärme und -kältenutzung. Als Gründe sind hierfür einerseits nicht vorhandene Daten in den Unternehmen selber aber auch eine unklare Unternehmensausrichtung in der Zukunft zu nennen.

Das Unternehmen Agravis Kraftfutterwerk Oldenburg hätte bei einer Nutzbarkeit der vorhandenen Abwärme Möglichkeiten einen nicht selbst zu verwendenden Überschuss abzugeben. Genauere Analysen lassen sich aber erst bei bekannten Nutzungsmöglichkeiten durch nachbarschaftliche Betriebe durchführen. Detailliertere Aussagen zu dem Unternehmen Agravis werden bzgl. der Wärmenutzungsmöglichkeiten weiter unten getroffen.

Die im Klärwerk des OOWV betriebenen BHKW erzeugen bei einem Volumenstrom von 40 m³/h Wärme auf einem Temperaturniveau von 75 °C. Da hier aber in den kommenden Jahren einige unternehmensinterne Investitionsentscheidungen hinsichtlich der Schlammtrocknung anstehen, ist eine genauere Betrachtung des verwertbaren Abwärmepotenzials aktuell nicht durchführbar. Bei Durführung der

Schlammtrocknung in Oldenburg wird zusätzlich zu der mit den eigenen BHKWs erzeugten Wärme ein weiterer Bedarf gedeckt werden müssen. Andernfalls, also ohne eine Schlammtrocknung im Bereich der Kläranlage, ist mit einem Wärmeüberschuss aufgrund der bestehenden BHKW zu rechnen. Hierbei wäre eine Weitergabe an Dritte eine vielversprechende Option.

Bei dem Unternehmen Leffers handelt es sich um ein Logistikzentrum, weshalb Wärme hauptsächlich für Heiz- und Warmwasserzwecke eingesetzt wird.

Alle weiteren angeschriebenen Unternehmen haben sich an der Befragung ihrerseits nicht beteiligt, sodass keine abgeschlossene Beurteilung erfolgen kann. Anhand vorhandener Unternehmenslisten für das Gebiet Drielake kann aber die Aussage getroffen werden, dass die Unternehmen mit dem größten Potenzial an Vorhandener Abwärme annähernd komplett erfasst wurden. Als potenzielle Wärmeabnehmer kommen alle Unternehmen im Bereich der Heizung und des Warmwassers in Frage.

Anhand der im vorstehenden Text erläuterten Schwierigkeiten und aktuell nicht gelösten Akzeptanzprobleme kann abschließend keine absolute Aussage

bzgl. des Abwärmenutzungspotenzials im Gewerbeund Industriegebiet Drielake getroffen werden. Nach Sicherstellung der Nutzung der vorhandenen Abwärme bei Agravis und eines möglichen Wärmebedarfs innerhalb der Kläranlage ist die Empfehlung, die Daten entsprechend neu aufzunehmen und an die bis zu diesem Punkt geführten Untersuchungen anzuschließen. Unbenommen von den Schwierigkeiten einer direkten Wärmekopplung zwischen den Unternehmen hat eine von einzelnen Unternehmen ausgehende wachsende, indirekte Wärmekopplung auf Basis eines Nahwärmenetzes hohes Potenzial (v.a. Kap. 7.4.1).

# Exkurs: Technische Kopplungsmöglichkeiten für AGRAVIS

Das Unternehmen AGRAVIS Mischfutter Oldenburg/ Ostfriesland GmbH ist auf die Herstellung von Tiermischfutter spezialisiert. Der zu untersuchende Standort befindet sich im Oldenburger Gewerbe- und Industriegebiet Drielake.

Bei der Herstellung von Tiermischfutter sind verschiedenste Prozesse, welche Wärme auf unterschiedlichen Temperaturniveaus benötigen, vorhanden. So wird momentan beispielsweise der Dampf zur Speisewasservorwärmung mittels eines Dampfkessels auf ungefähr 115 °C erhitzt. Die so entstehende Abwärme wiederum wird ungenutzt über die Schornsteine in die Umgebung abgegeben. Da diese, vermutlich in enormen Mengen, vorliegende Abwärme stark verschmutzt und mit einem hohen Feuchtigkeitsanteil versehen ist, ist eine Nutzung beispielsweise über einfache Wärmeübertrager nicht ohne weiteres möglich. Hierbei würde es innerhalb kürzester Zeit zu einer starken Verschmutzung der Filter und folglich zu einem schlechter werdenden oder sogar unterbrochenen Wärmefluss kommen, sodass kein Wärmeaustausch mehr stattfinden kann. Ein Austausch dieser Filter müsste in sehr kurzen Abständen erfolgen und wäre somit unwirtschaftlich.

Hinzu kommt der schon angesprochene hohe Feuchteanteil in der Abluft. Hierdurch kann es, in Abhängigkeit von u. a. Temperatur und Volumenstrom zu einer Kondensatbildung und eines Einfrierens des Wärmeübertragers kommen. Einige Modelle besitzen zur Vermeidung dieses Einfriervorganges verschiedene Verfahren die aber allesamt ein Verringerung oder Aussetzten der Wärmerückgewinnung zur Folge haben. Einen Einbau der Wärmeübertrager innerhalb des Gebäudes und somit bei äußeren Temperaturen oberhalb der Gefriertemperatur ist aufgrund der hohen hygienischen Standards in diesem Unternehmen aber nicht möglich. So wäre ein Einbau der Wärmeübertrager nur auf dem Dach der Gebäude realisierbar. Dieses führt weiterhin zu Schwierigkeiten in Bezug auf die Erreichbarkeit der Wärmeübertrager. Aufgrund dieser beiden Hindernisse sind alle, bis zum heutigen Zeitpunkt vom Unternehmen selbst unternommenen Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung nicht erfolgreich gewesen.

Als weitere Abwärmequelle könnten die Kocher des Partnerunternehmens Crystalyx in Frage kommen. Diese werden zurzeit über Thermalöle beheizt. Genauere Daten hinsichtlich Temperatur und Massenstrom liegen dem Unternehmen (Stand Februar 2015) nicht vor.

Dem Gegenüber könnte als mögliche Abwärmesenke die Vorwärmung des Futtermittels stehen. Hierbei würde die zurückgewonnene Abwärme mittels Rohren zur Vorwärmung des Futtermittels geleitet werden. Aufgrund von Hygienegründen muss auch hier sichergestellt sein, dass keine Kondensatbildung stattfinden kann und die Abwärme nicht mit dem Futtermittel in Berührung kommt. Hierfür würde sich eine "Rohr in Rohr"-Lösung, ähnlich eines Rohrbündelwärme-übertragers, anbieten. Hierbei würde die wärmere Abluft über verlegten Rohre das kältere Futtermittel erwärmen und zeitgleich trocknen. Folglich würde der momentane Gasverbrauch sinken und somit Geld eingespart werden.

Als weitere Wärmeabnehmer kommt die Verwaltung mit einer Fläche von 900 m² infrage. Diese wird zum heutigen Zeitpunkt noch konventionell mittels eines Gaskessels beheizt und könnte auf ein Wärmenetz umgestellt werden. Gleiches gilt für den Warmwasserverbrauch.

Abschließend ist festzustellen, dass ein enormes Abwärmepotenzial bei Agravis vorhanden ist. Falls eine Möglichkeit der Abwärmenutzung vorliegt, ist das vorhandene Potenzial wahrscheinlich so groß, dass dieses unternehmensintern nicht komplett verbraucht werden kann. Somit könnte die überschüssige Wärme an andere Unternehmen abgegeben werden. Alternativ würde sich je nach Restmenge und Temperatur auch eine Umwandlung der Abwärme in Strom anbieten. Dieser könnte ohne großen Aufwand in das bestehende Stromnetz eingespeist werden.

## 9.1.2. Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld

Im Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld liegen Daten der Unternehmen Rügenwalder Mühle, Hüppe, Weser-Ems-Union, Wilbo Bau, Ingo Wembter Malerfachbetrieb und Zimmerei Peter Schroeder vor.

Innerhalb des Unternehmens Rügenwalder Mühle wird heute schon sehr auf die Wärmerückgewinnung Wert gelegt. Demzufolge sind hier nur geringe Abwärmemengen vorhanden. Zusätzlich Hindernisse liegen aufgrund der Hygienerichtlinien in der Lebensmittelindustrie vor. Deshalb ist eine Abwärmenutzung in den Prozessen selber nicht möglich. Eine Möglichkeit liegt in dem Wasser, welches zur Kühlung einiger Wurstfabrikate verwendet wird, vor. Hat dieses einen gewissen Verschmutzungsgrad erreicht, wird es über die Kanalisation entsorgt. Negativ anzumerken ist hierbei, dass dieses Abwasser bevor es Möglichkeiten zur Wärmerückgewinnung gibt mit wärmerem Abwasser vermischt wird. Die genauen Temperaturen dieses Wassergemisches liegen nicht vor. Anzunehmen sind aber Temperaturen die eine Nutzung einer Wärmepumpe und somit eine Erhöhung der Temperatur auf z.B. Heizniveau möglich machen. Eine zusätzliche Möglichkeit der Abwärmenutzung ist im Bereich der benötigten Druckluft vorhanden. Weiterhin prüft die Rügenwalder Mühle derzeit eine Anschaffung eines BHKWs für das im Bau befindliche Werk. Hierbei könnte die Dimensionierung auch so erfolgen, dass dieses BHKW von mehreren Unternehmen gemeinschaftlich genutzt werden könnten.

Das Unternehmen Hüppe besitzt eine momentan ungenutzte Wärmerückgewinnungsanlage zur thermischen Nachbehandlung von Abluft. Diese Luft weißt nach Aussage des Unternehmens eine Wärme von ungefähr 850 °C auf und ist somit für viele Prozesse als Ouelle verwendbar.

Die Evangelische Krankenhaus Service GmbH betreibt im Industriegebiet Kayhauserfeld eine Großküche. Somit ist ein großer Bedarf an Wärme, Kälte aber auch Strom vorhanden. Das vorhandene Abwasser besitzt des Weiteren noch Temperaturen die eine weitere Nutzung nicht ausschließen.

Das Unternehmen Weser-Ems-Union eG kann keine Abwärme zur Verfügung stellen, benötigt aber für das Warmwasser und die Beheizung der Büro- und Lagerflächen sowie eines kleinen Stalls Wärme.

Die Unternehmen Ingo Wembter Malerfachbetrieb, Wilbo Bau und Zimmerei Peter Schroeder besitzt keine wärmeintensiven Prozesse und stehen somit als Abwärmequelle nicht zur Verfügung. Möglichkeiten der Wärmenutzung liegen hier im Bereich des Warmwassers und der Raumheizung vor.

Weiterhin befindet sich angrenzend an dieses Gebiet eine Biogasanlage welche momentan allerdings stromgeführt betrieben wird. Das bedeutet, dass keine sichere Wärmelieferung garantieren werden kann. Falls der Betrieb eher wärmegeführt ist, ergäbe sich ein weiteres Potenzial für eine Kopplung.

Alle weiteren angeschriebenen Unternehmen haben sich an der Befragung ihrerseits nicht beteiligt, sodass keine abschließende Beurteilung erfolgen kann. Anhand vorhandener Unternehmenslisten für das Gewerbe- und Industriegebiet Kayhauserfeld und Umgebung sowie Literaturwerten kann jedoch angenommen werden, dass noch in weiteren Unternehmen Potenzial an vorhandener Abwärme zur Verfügung steht. Interessant könnte hierbei vor allem ein vorhandenes Kühlhaus sein. Hierfür liegen aber wiederum keine Daten vor.

Als Wärmeabnehmer könnten, wie auch in Drielake, fast alle Unternehmen im Bereich der Heizung und des Warmwassers gelistet werden.

Abschließend kann die Aussage getroffen werden, dass für den Entwurf einer Ausgestaltung einer direkten Kopplung zwischen den Unternehmen die momentane Datenlage noch nicht ausreicht. Im Falle von dem Unternehmen Hüppe müssen weitere Daten hinsichtlich des exakten Temperaturniveaus und der Verfügbarkeit der Wärmerückgewinnungsanlage erhoben werden. Genauso verhält sich die Situation bei der Evangelischen Krankenhaus Service GmbH. Auch hier müssen Daten bzgl. der Menge und Temperatur des vorhandenen Abwassers erhoben werden (diese liegen den Unternehmensansprechpartnern z.T. selbst noch nicht vor). Des Weiteren könnte sich, je nach vorhandener Wärmemenge und Temperatur, eine energetische Nachbarschaft zwischen dem Kühlhaus und dem in unmittelbarer Nähe hierzu befindlichen Unternehmen Rügenwalder Mühle anbieten.

Unbenommen von der unklaren Ausgestaltung einer direkten Wärmekopplung zwischen den Unternehmen ist eine von kleinteiligen ausgehende wachsende, indirekte Wärmekopplung mittels Nahwärmenetze durchaus interessant (s.a. Kap. 7.4.1).

36

## 9.2. Bewertung der Kopplungsmöglichkeiten in Bereich Strom

Die Kopplungsmöglichkeiten von Strom gestalten sich aus regulatorischen Gründen schwieriger. Aufgrund des relativ jungen Alters der vorhandenen PV-Anlagen ist in den nächsten Jahren mit einem Eigenverbrauchskonzept aufgrund der aktuellen Einspeisevergütung nicht zu rechnen. Allerdings signalisierten Unternehmen in Kayhauserfeld, dass sie entweder über ausreichend Dachflächen verfügen, die sie Nachbarn für die Stromerzeugung zur Verfügung stellen könnten. Auch gab es Stimmen, die einen Aufbau einer Dienstfahrzeugflotte mit Elektroautos beabsichtigen (s. Kap. 8.2.6).

Die gemeinsame Erzeugung von Strom in KWK-Anlagen wird in einem engen Zusammenhang mit der Entwicklung von kleinräumigen Nahwärmenetzen stehen (s. Kap. 7.6).

Zu diesem Zeitpunkt scheint die Organisation einer Einkaufsgemeinschaft für den Einstieg am naheliegendsten, wobei die jeweiligen Unternehmen virtuell miteinander gekoppelt werden (s. Kap.7.5).

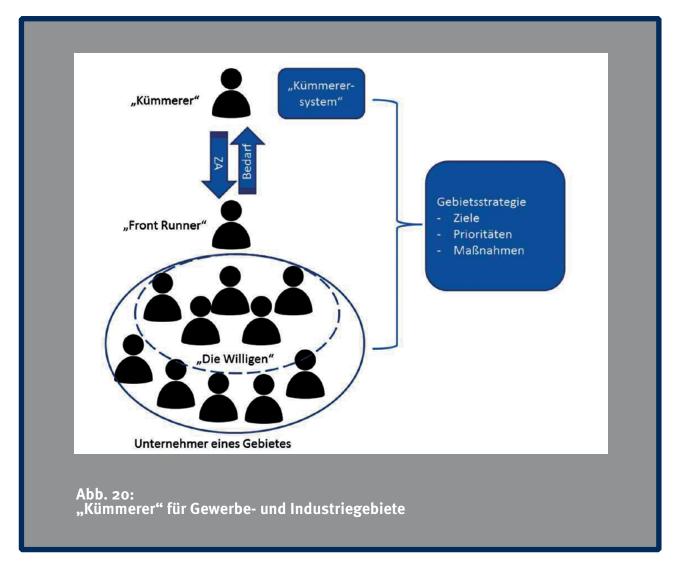
# 10. Übertragbarkeit und Handlungsempfehlungen

Um die Erkenntnisse aus der Machbarkeitsstudie und die Ansatzpunkte für eine Umsetzung realisieren zu können, ist zu bedenken, dass ein Gewerbegebiet mehr ist als die Summe der Unternehmen: Verschiedene Bedürfnisse und Ausgangslagen sind zu berücksichtigen. So kann eine breitbandige Kommunikationsanbindung in manchen Gebieten an erster Stelle stehen, bevor das Thema Energie auf Gebietsebene angegangen werden kann. Energetische Kopplungen sollten über Strukturen geschaffen werden, die das Betriebsrisiko rechtlich und energetisch minimieren. Dies kann u.a. mit Hilfe von Nahwärmenetzen geschehen, die von Energiedienstleistern betrieben werden und in die Unternehmen Überschussenergie einspeisen können.

Für eine nachhaltige Entwicklung braucht es eine langfristige Strategie, die von der Unternehmerschaft getragen und von einem kommunalen "Kümmerer" langjährig begleitet wird. Ein Tandem aus "Unternehmerpersönlichkeit" und "kommunalem Kümmerer" scheint hier erfolgversprechend zu sein.

Um die Arbeit eines "Kümmerers" zu ermöglichen, bedarf es Daten über die Unternehmen und deren Energieverbräuche und Prozesse. Um die Akzeptanz bei den Unternehmen zu steigern, diese Daten bereitzustellen, sollte auf Daten zurückgegriffen werden, die im Rahmen von Energie-Audits erhoben werden (Synergiepotenzial). Dem Datenschutz wird eine besondere Rolle zukommen.

Die im Laufe der Arbeit eines "Kümmerers" zu ermittelnden Daten sollten in ein System münden, das über die Zeit strukturiert eine Wissensbasis über die Unternehmen im Gebiet aufbaut (bestehende Unternehmen, Mitarbeiterzahlen, Wirtschaftszweige, Analysemöglichkeiten für ein Kopplungspotenzial etc., s.a. (Energie-Agentur.NRW 2015)).



Aktuell bietet sich zur Umsetzung des "Kümmerer-Ansatzes" das Förderprogramm "Klimaschutz in Industrie- und Gewerbegebieten" an, wobei der Anlass die Reduktion von Klimagasen ist, was sehr gut in den Ansatz der Steigerung der Energieeffizienz auf Gebietsebene passt.

Das Programm ist zweiteilig:

- 1. Erstellung eines KlimaschutzTEILkonzeptes:
  Für ein Quartier oder Stadtteil wird ein Klimaschutzkonzept erstellt, welches den Ist-Zustand analysiert
  und Einsparpotenziale von Klimagasen aufzeigt.
  Weiteres kann dem "Merkblatt Erstellung von Klimaschutzteilkonzepten" entnommen werden (s.a.
  http://www.klimaschutz.de/sites/default/files/
  page/downloads/140912\_MB\_TK.pdf, Seiten 30-34)
  Aktuell wird ein solches Konzept in Bremen Überseestadt erstellt (WFB Wirtschaftsförderung Bremen
  GmbH 2014b)
- 2. Umsetzung des Teilkonzepts: Die Umsetzung erfolgt u.a. mit der Schaffung einer Stelle für Klimaschutzmanagement, dem sog. "Quartiers-Manager". Der Sonderfall stellt das "Klimaschutzmanagement für Industrie- und

Gewerbegebiete" dar. Weitere Informationen können dem "Merkblatt Förderung einer Stelle für Klimaschutzmanagement" entnommen werden, s.a. http://www.klimaschutz.de/sites/default/files/page/downloads/140912\_MB\_KSM.pdf

Kernpunkte für die Einrichtung eines Klimaschutzmanagers (KSM) im Kontext Industrie- und Gewerbe sind:

- ▶ min. 1/3-Stelle
- ▶ 65 % Förderhöhe
- Laufzeit 3 Jahre

Antragsberechtigt sind sowohl Kommunen als auch die Unternehmen, wobei die spezifischen Förderbedingungen und Ausschreibungsdetails zu beachten sind.

Es bedarf einer breiter angelegten Strategie, damit Kommunen das Potenzial in ihren Gewerbe- und Industriegebieten aktivieren. Das Klimaschutzteilkonzept und der Klimaschutzmanager stellen hierfür wichtige Bausteine für den kommunalen Handlungsrahmen dar.

Das Konzept der Energetischen Nachbarschaften bietet hierfür den methodischen Rahmen.

38

## 11. Ausblick

Das Konzept "Energetische Nachbarschaften" lässt sich nicht von einem auf den anderen Tag umsetzen, zunächst muss vor Ort die notwendige Überzeugungsarbeit geleistet und die Energieflussdaten der entsprechenden Gebiete systematisch erfasst und ausgewertet werden. Dieser Prozess wird auch weiterhin durch die beteiligten Projektpartner begleitet und dokumentiert, um das Vorgehen auch auf andere Gebiete übertragen zu können. Darüber hinaus wurden im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie erste Hilfsmittel (Fragebögen, Interviewleitfäden) und Werkzeuge (Excel-Template/-Vorverarbeitung und -Aufbereitung, Energieflussdiagramme) entwickelt, welche ebenfalls in Folgeprojekten weiterentwickelt werden sollen. Ziel ist es, dem "Kümmerer" ein Informations- und Unterstützungssystem an die Hand zu geben, mit dessen Hilfe er Energetische Nachbarschaften planen und umsetzen kann.

Die Stadt Oldenburg bietet mit einer Vielzahl von Gewerbegebieten unterschiedlichster Größe ein Potenzial für die Anwendung von energetischen Nachbarschaften. Die Klimaschutzstelle und die Wirtschaftsförderung werden versuchen, Unternehmen in geeigneten Quartieren zusammenzuführen und sie ausführlich umsetzungsorientiert zu beraten. Das Thema wird auch in Informationsveranstaltungen der städtischen Initiative Klima(+)Unternehmen im Hinblick auf eine CO2-Reduzierung aufgenommen. Ebenso wird es bei der Entwicklung von Gewerbegebieten verstärkt eine Rolle spielen.

Auch das Thema Wärme aus Abwasser wird weiterhin ein Thema bleiben, erste Gespräche mit der Kommune haben bereits stattgefunden und es wird nun geprüft, wie die Umsetzung erfolgen kann.

Langfristiges Ziel ist nach dieser ersten Betrachtung nun die Umsetzung einer konkreten Energetischen Nachbarschaft, welche sicherlich auch eine Strahlwirkung auf andere Gebiete haben würde. Entsprechende Anträge für Folgeprojekte werden zurzeit vorbereitet.

## 12. Literatur

- AGFW, 2015. Vergleich der Vollkosten Fernwärme Erdgas Heizöl Pellets, Stichtag: 15.01.2015., p.16. Available at: http://www.fernwaerme-info.com/index.php?eID=tx\_nawsecuredl&u=o&file=fileadmin/fernwaerme-info.com/Redakteure/dokumente/HKV\_Portal.pdf&t=1433235265&hash=3ec768afb922477050a16e-847a9e589450e56d9b [Accessed June 1, 2015].
- ► Agricola, A.-C. & Weber, A., 2014. Power to Gas: Systemlösung für die Energiewende DVGW, ed. Energie-Wasser-Praxis, 7/8, pp.69–72.
- ▶ Appelrath, H.-J. et al., 2012. Hybridnetze für die Energiewende Forschungsfragen aus Sicht der IKT., p.28.
- ▶ Bachmann, A. et al., 2014. step2025- Stadtentwicklungsprogramm Übermorgenstadt. Perspektive für Oldenburg., p.142.
- ▶ Beckmann, V., 2015. Raumanalytische Untersuchung von Einflussfaktoren für eine effiziente Planung von Wärmenetzen. Jadehochschule Oldenburg.
- ▶ BGBl., 2014. Gesetz zur grundlegenden Reform des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts, Berlin: Bundesgesetzblatt Jahrgang 2014 Teil I Nr. 33, ausgegeben zu Bonn am 24. Juli 2014.
- ▶ BINE, 2014. Energie sparen in Gewerbe- und Industrieparks, Bonn: BINE Informationsdienst.
- ▶ Bitsch, R., 2012. Virtuelle Großanlagen- ein Ansatz zur systemkompatiblen Integration erneuerbarer Energiequellen in die Energieversorgung. Deutsche Physikalische Gesellschaft, Arbietskreis Energie, 27.03.2012, pp.1–15.
- ▶ Blesl, M. et al., 2008. Wärmeatlas Baden-Württemberg Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen., p.122 ff. Available at: http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/90488/?COMMAND=DisplayBericht&FIS=203&OBJECT=90488&MODE=METADATA.
- ▶ Blesl, M. et al., 2008. Wärmeatlas Baden-Württemberg Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen., p.164.
- ▶ Blesl, M., Ohl, M. & Fahl, U., 2011. Ganzheitliche Bewertung innovativer mobiler thermischer Energiespeicherkonzepte für Baden-Württemberg auf Basis branchen- und betriebsspezifischer Wärmebedarfsstrukturen., pp.3–11. Available at: http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/102880/?COM-MAND=DisplayBericht&FIS=203&OBJECT=102880&MODE=METADATA.
- ► COPLAN AG, 2012. Leitfaden Wärmelandkarte, München.
- cytex, 2015. CYLEX Branchenbuch Deutschland.
- ▶ Deutsche Bundesstiftung Umwelt, 2003. Projektkennblatt Deutschen Bundesstiftung Umwelt Wärmerückgewinnung aus Ziegelei-Abgase zur Nutzung in einem Fernwärmenetz. Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Available at: https://www.dbu.de/index.php?menuecms=2409&az=09470/01 [Accessed March 17, 2015].
- ▶ Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, 2014. Klimaschutz in Kommunen Praxisleitfaden.
- Dorn, S., 2014. Baubeginn für Heizzentrale in Hollage Wallenhorster Gemeindewerke?: Baubeginn für Heizzentrale in Hollage. Neue Osnabrücker Zeitung, (02.09.2014). Available at: http://www.noz.de/lokales/wallenhorst/artikel/503140/baubeginn-fur-heizzentrale-in-hollage.
- ► Eikmeier, B., 2015. Potenziale für Fern- und Nahwärme auf KWK-Basis Ergebnisse der neuen Potenzialstudie gemäß EU-Energieeffizienzrichtlinie. Kraft-Wärme-Kopplung bei lokalen und regionalen Energieversorgern, 24.02.2015, pp.1–30.
- ► Enercity Hannover, 2015. Fernwärme Enercity., p.1. Available at: https://www.enercity.de/firmenkunden/gewerbekunden/produkte/fernwaerme/im-vergleich/ [Accessed June 1, 2015].
- ► EnergieAgentur.NRW, 2015. GET.Min. Available at: http://www.getmin.de/ [Accessed July 27, 2015].
- ► EWE, 2014. Funktionsweise Gasexpansionsanlage. Available at: http://www.ewe.de/privatkunden/service/erdgas-ins-haus.php [Accessed June 7, 2014].
- ► Feck, T., 2012. Alternative Ansätze zur Stabilisierung des Stromnetzes. energy 2050, 15.05.2012, p.25. Available at: http://energy2050.com/fileadmin/templates/energy2050/downloads/vortraege/energy2050\_Vortrag\_ Feck.pdf [Accessed July 15, 2015].

- ▶ Geir Sollesnes & Helgerud, H.E., 2009a. Utnyttelse av spillvarme fra norsk industri en potensialstudie. Available at: http://www2.enova.no/minas27/publicationdetails.aspx?publicationID=423 [Accessed June 21, 2015].
- ► Geir Sollesnes & Helgerud, H.E., 2009b. Utnyttelse av spillvarme fra norsk industri en potensialstudie, Norwegen.
- ▶ GeotlS, 2015. GeotlS Geothermisches Informationssystem für Deutschland.
- ► Gößling-Reisemann, S. et al., 2014. Erstellung eines Wärme- Kälteatlas für die Metropolregion Bremen-Oldenburg im Nordwesten (unveröffentlicht), Bremen.
- ► Hamann, A., 2012. Nachhaltige Immobilienwirtschaft am Beispiel der Abwasserwärmenutzung, München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH.
- ▶ Hinterberger, R., 2014. Hybridnetzte in urbanen Modellquatieren der D-A-CH-Region. bbr, 01, pp.30-39.
- ► Hövel, R., 2015. Aktuelle Entwicklungen und Projekte zum Thema Abwasserwärmenutzung in Oldenburg. In Rohrleitungen im Wärme- und Energietransport. Essen: Vulkan-Verlag GmbH, pp. 196–201.
- ► Kaltschmitt, M., Huenges, E. & Wolff, H. eds., 1999. Energie aus Erdwärme; Geologie, Technik und Energiewirtschaft, Stuttgart: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
- ► Knies, J., 2015. Durch Raumanalysen das energetische Potenzial von Abwasser heben. Wasser und Abfall, Heft 1/2, pp.10–16.
- ► Knies, J., Lehnhoff, S. & Rohjans, S., 2014. Energetische Nachbarschaften als lokaler Beitrag zur Energiewende. In VDE Kongress 2014 Smart Cities. Berlin: VDE Verlag GmbH, pp. 1–5.
- Konrad, C. et al., 2011. Methodik zur Optimierung der verteilung von Wärmeinfrastruktur am Beispiel des ländlichen raums. In R. McKenna & W. Fichtner, eds. Energieeffizienz?: Tagungsband des VDI-Expertenforums "Energieeffizienz in den Städten und der Industrie von morgen." Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2011, pp. 77–96. Available at: https://books.google.de/books?id=2iM\_6dSsoygC&pg=PA77&lpg=PA77&dq=eifer+konrad+biberach&source=bl&ots=FJOrBIZmSS&sig=Gout1k-BeT7t2KU003zUpqjU5Pl&hl=de&sa=X&ei=9wZoVcS-PLMirU8PwgIAl&ved=oCCYQ6AEwAQ#v=onepage&q=eifer konrad biberach&f=false.
- ► Konrad, C. & Peter, M., 2011. Nachhaltige Wärmeversorgung der Bioenergieregion Biberach. VDI-Expertenforum "Energieeffizienz in den Städten und der Industrie von morgen", p.21. Available at: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi\_de/redakteur\_dateien/geu\_dateien/FB3/Konrad.pdf [Accessed May 29, 2015].
- ► LBEG, 2015. NIBIS Kartenserver.
- ► Lennartz, M.W., 2014. Dezentrale Energieerzeugung im Münsterland. DEMO Die Monatszeitschrift für Kommunalpolitik. Available at: http://www.demo-online.de/content/dezentrale-energieerzeugung-im-muensterland [Accessed July 20, 2015].
- ► Merkel, M., 2012. Integration Erneuerbarer Energien: Beitrag der Verteilnetzbetreiber zur Umsetzung der Energiewende. Dialogforum Energieversorgung, 28.11.2012, p.21.
- ► Miksche, M., 2014. GIS-gestützte Ausarbeitung von Nahwärmekonzepten Nutzerleitfaden Wärmenetzanalyst WNA., p.30.
- ▶ Pauschinger, T., 2011. Solare Fernwärme Wärmeversorgung auf der Basis erneuerbarer und emmissionsfreier Solarenergie. , p.7.
- ▶ Pehnt, M. et al., 2010. Die Nutzung industrieller Abwärme technisch-wirtschaftliche Potentiale und energiepolitische Umsetzung, Available at: http://www.ifeu.de/energie/pdf/Nutzung industrieller Abwaerme.pdf.
- ► Reckzügel, M., Mezger, S. & Waldhoff, C., 2015. PlnA Informations- und Planungsportal Industrielle Abwärme (unveröffentlicht).
- ► Reckzügel, M. & Waldhoff, C., 2014. ReWIn Regionale Abwärmekataster Industrie. Available at: http://www.kompetenzzentrum-energie.de/154.html [Accessed March 14, 2015].
- ▶ saena, 2012. Technologien der Abwärmenutzung, Dresden. Available at: http://www.saena.de/download/Broschueren/BU\_Technologien\_der\_Abwaermenutzung.pdf.
- ► Schnitzer, H. et al., 2012. Abwärmekataster Steiermark Endbericht,
- ► Siemens AG, 2010. Stromerzeugung aus industrieller Abwärme: Erstes deutsches Zementwerk erhält Wärmerückgewinnungsanlage. Available at: http://www.siemens.com/press/de/pressemitteilungen/?press=/de/pressemitteilungen/2010/industry\_solutions/iis201007292.htm&content[]=IS&content[]=IDT&content[]=DF&-

content[]=PD [Accessed March 18, 2015].

- ► Solarpraxis AG, Leitfaden Eigenverbrauch Industrie und Gewerbe. , p.40.
- ► Stademann, A., 2014. Power to Gas das etwas andere Biogas DVGW, ed. Energie-Wasser-Praxis, 3, pp.8–11.
- ► Stadtwerke Dingolfing GmbH, 2015. Preisblatt Nr. 7 für Wärmelieferung der Stadtwerke Dingolfing GmbH., (7), pp.7–8. Available at: http://www.stadtwerke-dingolfing.de/cscore/files/pdf/Preisblatt FW 2015.pdf [Accessed June 2, 2015].
- trend:research GmbH, Effiziente Energieversorgung durch Abwärme. Energy2.o, p.S.10 ff.
- ► Venner Energie eG, 2014. Nahwärmenetz Venne. Available at: http://ostercappeln2.server4.citywerk.org/magazin/artikel.php?artikel=2413&menuid=15 [Accessed June 24, 2015].
- ▶ Waschnewski, J., Irmer, A. & Schitkowsky, A., 2013. Nutzung von Restwärme aus Abwasser Berliner Praxiserfahrungen Abwasserwärme Energie braucht Ideen. WasserBerlin, p.32.
- ▶ van der Welle, A. et al., 2009. FENIX deliverable D3.3 Report: FINANCIAL AND SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF EMBRACING THE FENIX CONCEPT, Available at: http://www.ecn.nl/publications/BS/2009/ECN-O--09-032.
- ► Westendorf, R., 2014a. Die Planungen zum Erfolg führen. Wittlager Kreisblatt, p.15. Available at: http://ostercappeln2.server4.citywerk.org/pics/medien/1\_1400259807/2014-05-15\_Nahwaerme-Reul.pdf.
- ▶ Westendorf, R., 2014b. Venner Energiegenossenschaft ist gegründet. Neue Osnabrücker Zeitung, (04.08.2014). Available at: http://www.noz.de/lokales/ostercappeln/artikel/495975/venner-energiegenossenschaft-ist-gegrundet#gallery&0&0&495975.
- ► Westendorf, R., 2014c. Wärme aus der Backstraße sinnvoll nutzen. Wittlager Kreisblatt, p.17. Available at: http://ostercappeln2.server4.citywerk.org/pics/medien/1\_1397722303/2014-04-05\_Nahwaerme\_Venne.pdf.
- ▶ Westendorf, R., 2014d. Wärme aus der Backstraße sinnvoll nutzen. Wittlager Kreisblatt, p.17.
- ▶ WFB Wirtschaftsförderung Bremen GmbH, 2014a. Klimaschutz-Konzept für die Überseestadt. Available at: http://www.wfb-bremen.de/sixcms/media.php/120/2014-11-12\_PM Teilklimakonzept ?SS.pdf.
- ▶ WFB Wirtschaftsförderung Bremen GmbH, 2014b. Klimaschutz-Konzept für die Überseestadt.
- ▶ Winter, W., Haslauer, T. & Obernberger, I., 2001. Untersuchungen der Gleichzeitigkeit in kleinen und mittleren Nahwärmenetzen. Auslegung A Graduate Journal Of Philosophy, pp.1–17. Available at: http://bios-bioenergy.at/uploads/media/Paper-Winter-Gleichzeitigkeit-Euroheat-2001-09-02.pdf.
- ▶ Wünsch, M. et al., 2014. Potenzial- und Kosten-Nutzen-Analyse zu den Einsatzmöglichkeiten von Kraft-Wärme-Kopplung (Umsetzung der Evaluierung des KWKG im Jahr 2014, Berlin.

# 13. Anhang

# 13.1. Energiemodellierung auf Gebietsebene

13.1.1. Fragebogen im Rahmen der Studie "Technische und ökonomische Machbarkeit Energetischer Nachbarschaften"

#### Angaben zur Betriebsstätte

Firmenname	
Rechtsform	
Gewerbe*	
Straße, Nr.	
PLZ, Ort	
Wirtschaftsziffer nach WZ2008	
Anzahl Mitarbeiter	

#### **Angaben zur Auskunftsperson**

Vorname, Name	
Funktion	
E-Mail	
Telefonnr.	

Bitte senden Sie den ausgefüllten Fragebogen an die Carl von Ossietzky Universität Oldenburg Fakultät II – Department für Informatik Abt. Energieinformatik Herrn Arno Claassen Escherweg 2 26121 Oldenburg

oder per Fax an 0441 / 9722-102

oder per E-Mail an arno.claassen@uni-oldenburg.de

Hiermit wird versichert, dass Ihre Daten nur im Rahmen der genannten Studie verwendet und nicht an Dritte weitergegeben werden.

<sup>\*)</sup> Dienstleistung, Produktion, Handel, öffentliche Einrichtung

	Grundlast (kW)	Spitzenlast (kW)	Jahresmenge und Einheit
(kWh oder m³)			
Strom			
Gas			
Wärme			
Kälte			
Sonstiges:			

# 2) Angaben zum Energieverbrauch der Gebäudeheizung

	Beheizte Fläche (m²)	Sollraumtemperatur (°C)	Baujahr Gebäudeteil
Büro			
Produktion			
Lager			
Sonstiges:			

## 3) Welche Heizanlage betreiben Sie für Gebäude und Produktionsbereiche?

	Anlage 1	Anlage 2	Anlage 3	Anlage 4
Ort / Bereich (Büro, Lager, Produktion,)				
Art				
Leistung (kW)				
Art der Wärmeverteilung				
Medium (z.B. Wasser, Luft)				
Temperaturniveau (°C)				
Art der Warmwasserbereitung				
Gibt es eine Kopplung zur Prozesswärme?				

Anzahl		Volumenströ insgesamt (r		
5) Eigene Energ	rieerzeugung im Jahr 2013			
	Jahrespro	duktion (kWh)	ierte Leistung ngswerte, kW)	nach Auslegung )
Solarthermie			-	
Geothermie				
PV-Strom				
BHKW Strom				
BHKW Wärme				
Sonstiges:				
□ Nein 7) Gibt es einen	ı produktionsbedingten Wär	mebedarf?		
Prozess				
Anlagenart				
Soll-Temperatur (°	C)			
Zeitlicher Verlauf (z täglich 5 x 30 Minu	z.B. 8-10 Uhr, Mo-Fr, iten, o.ä.)			
Art der Beheizung				
Medium (z.B. Wass	ser, Luft)			
Vorlauftemperatur	(°C)			
	Minimum (Grundlast)			
Leistungsbedarf (MW)	Mittel			
	Maximum			

Prozess		Augganactara	ratur (0C)	Call Tampagatur (OC)
rozess		Ausgangstempe	eratur (°C)	Soll-Temperatur (°C)
Haben	Sie verschiebbare Las	sten oder Prozesse	?	
ast / Prozes	S		Zeitfenster	
			<u> </u>	
o) Betreib	en Sie einen Energie:	speicher (z.B. Wärn	nepufferspeiche	r, Kältepufferspeicher,
Stroms	en Sie einen Energie: peicher)? □ Nein	speicher (z.B. Wärn	nepufferspeiche	r, Kältepufferspeicher,
Stroms I Ja:	peicher)?	speicher (z.B. Wärn	nepufferspeiche	r, Kältepufferspeicher,
Stroms 1 Ja: Art	peicher)?	speicher (z.B. Wärn	nepufferspeiche	r, Kältepufferspeicher,
Stroms  Ja:  Art  Speichermen	peicher)?  □ Nein  ge (kWh)	speicher (z.B. Wärn	nepufferspeiche	r, Kältepufferspeicher,
Stroms  1 Ja:  Art  Speichermen	peicher)?	speicher (z.B. Wärn	nepufferspeiche	r, Kältepufferspeicher,
Stroms 1 <b>Ja:</b> Art Speichermen Zyklusart (z.E	ge (kWh) 3. täglicher Zyklus)			
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würden	ge (kWh) 3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würden	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würder	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würder	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würder	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würder	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		
Stroms  Ja:  Art  Speichermen  Zyklusart (z.E  1) Würder	ge (kWh)  3. täglicher Zyklus)	atz von geeigneten		

12)	Welche Ar	t Abwärmestrom	wird durch	<b>Ihre Prozesse</b>	erzeugt?
-----	-----------	----------------	------------	----------------------	----------

Prozess	Transport- medium (z.B. Luft, Wasser, Dampf, Öl)	Volumen- strom (m³/h)	Temperatur- niveau (°C)	Zeitlicher Verlauf (8-12 Uhr, 5 Stunden o.ä.)	diffus oder direkt	Verschmut- zungen (z.B. Fett, Staub, Ruß)

# Gibt es Prozesse, bei denen eine Vorwärmung sinnvoll ist, bzw. bereits durchgeführt wird?

Prozess	Temperaturniveau (°C)

14)	Gibt es bei Ihnen kritische Prozesse, bei denen sich eine Abwärmenutzung verbietet (potent. Gefährdung der Produktion durch Kondensatbildung, Säurebildung, etc.)?		
15)	Denken Sie, dass Sie überschüssige Energie an Ih	ıre Nachbarn abgeben könnten?	
	□ Ja □ Nein		
16)	Falls ja, werden diese Überschüsse durch interne nächsten 5 Jahren wegfallen / sich verringern?	Optimierungsmaßnahmen in den	
	☐ Ja, Verringerung um % (falls bekannt)		
	□ Nein		
17)	Sind Sie nach ISO 50001, DIN EN 16247-1, o.ä. zer	tifiziert?	
	□ Ja,□ Nein		
18)	Setzen Sie ein Energiemanagementsystem ein (z.	B. MESSDAS, o.ä.)?	
	☐ Ja, und zwar:		
	□ Nein		
19)	Setzen Sie ein (Produktions-)Leitsystem ein?		
	☐ Ja, und zwar:		
	□ Nein		
Vieler	n Dank für Ihre Teilnahme!		

## 13.1.2. Leitfaden zur Durchführung von Interviews im Rahmen der Identifizierung Energetischer Nachbarschaften

### **Vorbereitung**

- Aus der Unternehmensliste des zu betrachtenden Gebietes sollten zunächst die wichtigsten/interessantesten Unternehmen ausgewählt werden, welche ergänzend zur Erfassung der Energiedaten über Fragebögen vor Ort besucht werden.
- ► Interviewtermine sollten möglichst telefonisch mit der Geschäftsführung vereinbart werden, wobei insbesondere die Ziele des Interviews und die benötigten Information/Daten darzustellen sind. Positivbeispiele (z.B. Waffelfabrik Osterkappeln) helfen, ein Verständnis für das Thema Energetische Nachbarschaften zu schaffen. Der Termin sollte nicht länger als eine Stunde dauern.
- ► Vor dem vereinbarten Termin sollte der Fragebogen vorab per Mail an den Interview partner gesendet werden. Dieser wird dann gemeinsam vor Ort bearbeitet.
- ▶ Sofern sinnvoll, kann der Fragebogen um weitere unternehmensspezifische Fragen ergänzt werden.

#### Während des Termins

- Vorstellung des Projektes
- Vorstellung des Unternehmens
- Gemeinsames Ausfüllen des Fragebogens
- ► Interessant sind insbesondere Produktionsabläufe und zeitliche Verläufe. Hier sollte möglichst tiefer ins Detail gegangen werden.
- ► Es sollte noch einmal gezielt nach dem Thema Druckluft gefragt werden, da 94% Abwärme.
- ▶ Im besten Fall stellen die Unternehmen direkt ihre (sensiblen) Energiedaten bereit. Hier ist es hilfreich auf die vertrauliche Behandlung der Daten hinzuweisen und im Detail zu erläutern, wofür diese benötigt werden.
- Gezielte Nachfrage nach dem Wärme-/Kältebedarf, Temperaturniveau
- ► Gibt es interessante Nebenprozesse (z.B. Transport)

#### **Nachbereitung**

- ▶ Dem ausgefüllten Fragebogen kann ein Protokoll des Interviews beigelegt werden.
- ► Gesprächspartner bei Interesse zu Folgeveranstaltungen (Workshops, Runde Tische, etc.) einladen und explizit einbinden.

# 13.1.3. Ermittlung des Wärmebedarfs auf Basis statistischer Daten

Tabelle 13: Energieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland im Jahr 2008 (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH 2014)

Bundesdurchschnitt Energieverbrauch pro sozialversicherungspflichtig Beschäftigtem in den industriellen Branchen	Strom kWh/a	Wärme kWh/a
10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	32.607	79.895
11 Getränkeherstellung	39.311	200.829
12 Tabakverarbeitung	28.460	37.186
13 Herstellung von Textilien	31.851	53.791
14 Herstellung von Bekleidung	5.792	9.301
15 Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	7.876	5.316
16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	55.402	180.200
17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	155.687	1.128.321
18 Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern	23.483	22.605
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	348.976	777.002
20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen	159.437	509.300
21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	18.195	35.281
22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	38.734	25.699
23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	66.678	298.554
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	170.945	655.495
25 Herstellung von Metallerzeugnissen	20.237	20.070
26 Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	22.149	12.915
27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	13.887	9.844
28 Maschinenbau	12.017	12.452
29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	22.241	19.409
30 Sonstiger Fahrzeugbau	12.333	14.327
31 Herstellung von Möbeln	12.530	40.636
32 Herstellung von sonstigen Waren	9.501	20.958
33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	4.414	6.007

Tabelle 14: spezifischer Wärmebedarf in Abhängigkeit der Gebäudetypen (Blesl Wärmeatlas Baden-Württemberg, S. 23)

Gebäudetyp	Baujahr	spez. Verbrauch Heizung kWh/(m² * a)	spez. Verbrauch Warmwasser kWh/(m² * a)
Gewerbe-/ Industrie-	vor 1995	91	8
bau	nach 1995	69	8
Verkaufs-/ Ausstel-	vor 1995	91	8
lungsgebäude	nach 1995	69	8
Verwaltungsgebäude	1978 - 1955	91	8
	nach 1995	69	8

# 13.1.4. Ermittlung des Abwärmepotenzials auf Basis statistischer Daten

Tabelle 15: Vergleich der Abwärmepotenziale der Studien aus Österreich, Norwegen und Deutschland

Wirtschaftszweig (WZ 2008)	Österreich (Schnitzer et al. 2012)	Norwegen (Geir Sollesnes & Helgerud 2009b)	Deutschland (Pehnt et al. 2010)
Temperaturbezug	-	>140 °C	>140 °C
Nahrungs- Futtermittel	6 %	0,2 %	0,2 %
Papier, Pappe	20 %	-	-
Gummi, Kunststoffwaren	-	-	3 %
Metallbearbeitung	-	-	3 %
Maschinenbau	3 %	-	3 %
Fahrzeugbau	-	-	3 %
Glas, Steine, Erden	12 %	40 %*	40 %
sonstige Wirtschaftszweige	-	22,7 %	-

<sup>\*</sup> leicht veränderter Branchen-Bezug

