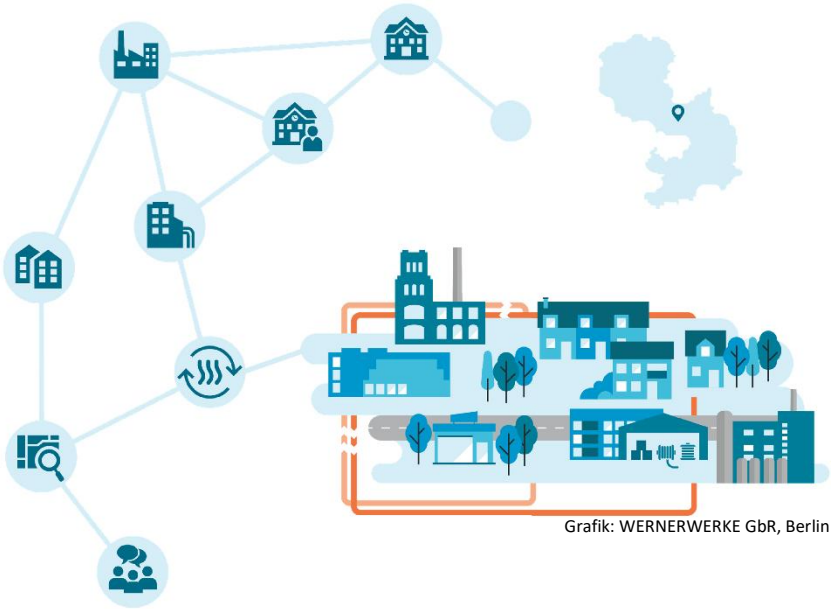
KoWa – Wärmewende im Quartier

Erfahrungsbericht zur Clusteranalyse und Konzeption

Cluster Osnabrück - Untersuchungsgebiet Bramsche



Grafik: WERNERWERKE GbR, Berlin

Stand: März 2022

Wärmewende in der kommunalen Energieversorgung (KoWa)
Unterstützung von EVU bei der Erarbeitung intersektoral kombinierter kommunaler Einsatzoptionen regenerativer Energiequellen, KW(K)K, industrieller Abwärme und Effizienzmaßnahmen zur Umsetzung einer dezentralen, ökologischen und bezahlbaren Wärmeversorgung der Zukunft

kowa
…die Wärmewende im Quartier gestalten

Herausgeber

IZES gGmbH - Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Verbundkoordinator)
Altenkesseler Str. 17 (Geb. A1)
66115 Saarbrücken

Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin (HWR)
Campus Lichtenberg, Haus 5, Alt-Friedrichsfelde 60
10315 Berlin

enable energy solutions GmbH (EES)
Bollweg 9
49214 Bad Rothenfelde

Hochschule Osnabrück (HSO)
Albrechtstr. 30
49009 Osnabrück

Steinbeis Innovation gGmbH, vertreten durch Solites (Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme)
Meitnerstr. 8
70563 Stuttgart

Universität Rostock
Universitätsplatz 1
18055 Rostock

Autor*innen

Teil I: Technologische und ökonomische Clusteranalyse
Christian Waldhoff (HSO)
Melanie Meyer (HSO)
Philipp Magnus (EES)
Prof. Dr. Matthias Reckzügel (HSO)

Teil II: Akteurs-, Chancen- und Hemmnisanalyse
Dr. Anna Masako Welz (HWR)
Prof. Dr. Katharina Gapp-Schmeling (IZES)

KoWa-Berichte

Die Zwischenberichte des Forschungsprojektes KoWa dienen als Diskussionspapiere und sollen den jeweiligen Zwischenstand der interessierten Öffentlichkeit zugänglich machen. Sie spiegeln nicht notwendigerweise die Positionen aller Projektpartner wider.
KoWa wird im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms unter der Fördernummer 03EN3007C gefördert.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

kowa
...die Wärmewende im Quartier gestalten

Inhalt

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS VI
RECHTSNORMENVERZEICHNIS VII
ABBILDUNGSVERZEICHNIS VIII
TABELLENVERZEICHNIS X
VERZEICHNIS DER ÜBERSICHTEN X

1 Einleitung 1

TEIL I: TECHNOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE CLUSTERANALYSE 3

2 Erfassung und Analyse der Gebiets- und Versorgungsstrukturen 3

2.1 Untersuchungsgebiet 3
2.2 Gebietsstruktur 4
2.3 Gegenwärtige Struktur der Bebauung und der Energieversorgung 7

2.3.1 Wohngebäude 8
2.3.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) 12
2.3.3 Industrie 12

2.4 Zusammenfassung und Bewertung der Wärmebedarfspotenziale 13

3 Darstellung der relevanten Energiepotenziale 14

3.1 Interne Energiepotenziale 14

3.1.1 Biomasse 14
3.1.2 Solarthermie 15
3.1.3 Geothermie 17
3.1.4 Umweltwärme 20
3.1.5 Industrielle Abwärme 23

3.2 Externe Energiepotenziale 26

3.2.1 Fossile Brennstoffe 26
3.2.2 Biomasse 27
3.2.3 Power-to-Heat, Strom aus Windkraft- und Solaranlagen 28

3.3 Zusammenfassung und Bewertung der technischen Wärmepotenziale 29

4 Ökonomische Struktur und juristische Aspekte 32

4.1 Betreiberkonzepte und Liefermodelle 32
4.2 Potenzial von Wärmenetzen bei diskontinuierlichem Energieangebot und -nachfrage 33
4.3 Risikoabsicherung bei diskontinuierlicher Wärmelieferung 34
4.4 Nationaler Emissionshandel 34

5 Grobkonzeption zukunftsfähiger Versorgungslösungen 36

5.1 Technische Konzeption 36

5.1.1 Konzept 1-1: Breslauer Höfe (Basiskonzept) BHKW und Erdgaskessel 37
5.1.2 Konzept 1-2, NT: Breslauer Höfe und Heizwärmenetze BHKW, Erdgaskessel und Abwärmenutzung aus der TNV 38

5.1.3 Konzept 1-2, HT: Breslauer Höfe, Heizwärmenetze und Prozesswärme BHKW, Erdgaskessel und Abwärmenutzung TNV . 39
5.1.4 Konzept 2-1: Breslauer Höfe Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und Erdgaskessel 40
5.1.5 Konzept 2-2, NT: Breslauer Höfe und Heizwärmenetze Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und TNV, Erdgaskessel 41
5.1.6 Konzept 2-2, HT: Breslauer Höfe, Heizwärmenetze und Prozesswärme Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und TNV, Erdgaskessel 41
5.1.7 Status Quo: Fossile Versorgung wie bisher 41
5.1.8 Übersicht der konzeptspezifischen Endenergiebereitstellung..... 42
5.2 Ökonomische und ökologische Analyse 44
5.2.1 Treibhausgasemissionen 44
5.2.2 Einfluss des nationalen Emissionshandels 45
5.2.3 Auswahl möglicher Förderoptionen..... 46
5.2.4 Wärmekosten 47
6 Nachhaltigkeitsbewertung 49
TEIL II: AKTEURS-, CHANCEN- UND HEMMNISANALYSE 54
7 Vorgehensweise Akteursinterviews..... 54
7.1 Vorbereitungen und Auswahl der Interviewpartner 54
7.2 Durchführung, Dokumentation und Nachbereitung 55
8 Hemmnisse der kommunalen Wärmewende im Untersuchungsgebiet Bramsche 56
8.1 Schwerpunkte der wahrgenommenen Hemmnisse 56
8.2 Organisatorische Hemmnisse 56
8.3 Wirtschaftliche Hemmnisse..... 57
8.4 Regulatorische Hemmnisse 58
8.5 Weitere Hemmnisse 59
8.6 Zusammenfassung: Hemmnisse der kommunalen Wärmewende in Bramsche 60
9 Chancen der kommunalen Wärmewende im Cluster Bramsche..... 62
9.1 Schwerpunkte der wahrgenommenen Chancen 62
9.2 Organisatorische Chancen 62
9.3 Wirtschaftliche Chancen..... 63
9.4 Technologische Chancen 64
9.5 Weiter Chancen 64
9.6 Zusammenfassung: Chancen der kommunalen Wärmewende in Bramsche 65
10 Akteursinteressen, -forderungen und -wünsche 67
10.1 Interessen der Akteure 67
10.2 Anforderungen der Akteure 68
10.3 Wünsche der Akteure 69
11 Akteurskonstellation 70
11.1 Vorgehensweise im Untersuchungsgebiet 70

11.2 Vorhandene Akteure in Bramsche und ihre Interessen 71
11.3 Bewertung des Interessenlevels 72
11.4 Bewertung des Einflusslevels 73
11.5 Einfluss-Interessen-Matrix 75
12 Fazit der Akteursstrukturen und Chancen und Hemmnisse der Wärmewende 77
LITERATURVERZEICHNIS ..... **FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.**
Interviewmaterial.....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Quartiersbezogene Dokumente.....**Fehler! Textmarke nicht definiert.**
ANHANG 87

Abkürzungsverzeichnis

AWO .....Arbeiterwohlfahrt Bezirksverband Weser-Ems e.V.
BEHG.....Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEW .....Bundesförderung energieeffiziente Wärmenetze
BGB .....Bürgerliches Gesetzbuch
BGLO.....Baugenossenschaft Landkreis Osnabrück eG
BHKW.....Blockheizkraftwerk
COP .....Coefficient of Performance
EE .....Erneuerbare(n) Energie(n)
EED .....Earth Energy Designer
EEW .....Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft
el. NH .....elektrische Nachheizung
EU ETS.....European Union Emissions Trading System
EVU .....Energieversorgungsunternehmen
EWS-Feld.....Erdwärmesondenfeld
GEG .....Gebäude-Energie Gesetz
GEMIS .....Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GHD .....Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GIS.....Geoinformationssystem
HSO .....Hochschule Osnabrück
HT .....Hochtemperatur
HWR.....Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin
JAZ .....Jahresarbeitszahl
KMU.....Kleine und mittlere Unternehmen
KRO .....Kompostierungsgesellschaft Region Osnabrück mbH
KUP .....Kurzumtriebsplantage
KWKG.....Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
LCA.....Life-Cycle-Assessment
NDB.....Norddeutsches Becken
nEHS.....nationales Emissionshandelssystem
NT .....Niedertemperatur
NWD .....Nordwestdeutschland
PEF .....Primärenergiefaktor
PPP.....Public Private Partnership
PtH .....Power-to-Heat
SCFW.....ScenoCalc Fernwärme
SDG .....Sustainable Development Goals
THGE .....Treibhausgas-Emissionen
TNV .....Thermische Nachverbrennung
TWGG .....Trinkwassergewinnungsgebiet
TWW.....Trinkwarmwassererwärmung
WP .....Wärmepumpe

Rechtsnormenverzeichnis

AtG ..... Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 3a des Gesetzes vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 960) geändert worden ist

BEHG ..... Brennstoffemissionshandelsgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2728), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 3. November 2020 (BGBl. I S. 2291) geändert worden ist

BEK ..... Berliner Energie und Klimaschutzprogramm

BImSchG ..... Bundes Immissionsschutz Gesetz

BiomasseV.. Biomasseverordnung vom 21. Juni 2001 (BGBl. I S. 1234), die zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 13. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2258) geändert worden ist

BSIG..... BSI-Gesetz vom 14. August 2009 (BGBl. I S. 2821), das zuletzt durch Artikel 12 des Gesetzes vom 23. Juni 2021 (BGBl. I S. 1982) geändert worden ist

GEG ..... Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze in der Fassung der Bekannmachung vom 08. August 2020 (BGBl. I S. 1728)

KohleausstiegsgesetzGesetz zur Reduzierung und zur Beendigung der Kohleverstromung und zur Änderung weiterer Gesetze in der Fassung der Bekannmachung vom 08. August 2020 (BGBl. I S. 1818)

KWKG 2020 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 88 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist

VWSG ..... Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen des Wasserwerkes Bramsche-Gartenstadt der Stadtwerke Bramsche

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stadtgebiet Bramsche mit dem Untersuchungsgebiet im Stadtteil Gartenstadt. 3
Abbildung 2: Flächennutzungsplan. 5
Abbildung 3: Nutzungsart aller Gebäude im Untersuchungsgebiet. 5
Abbildung 4: Abgrenzung Schutzgebiete. 6
Abbildung 5: Endenergiebedarf und THG-Emissionen nach Sektoren in der Stadt Bramsche 2016. 7
Abbildung 6: Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet. 8
Abbildung 7: Gebäudeeigentümer und Großmieter der Wohngebäude, inkl. Neubaugebiet ‚Breslauer Höfe'. 9
Abbildung 8: Relative, monatliche Summen des Heizwärmebedarfs der Wohngebäude im Untersuchungsgebiet (Bezug Gesamtwärmebedarf Heizen). 11
Abbildung 9: Eignung der Dachflächen für eine solarthermische Nutzung. 16
Abbildung 10: Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren in einer Einbautiefe von 1,2 - 1,5 m auf Basis der Wärmeentzugsleistung. 18
Abbildung 11: Potenzielle Standorteignung für Erdwärmesonden in einer Einbautiefe von bis zu 200 m. 19
Abbildung 12: Verlauf der Hauptabwasserleitung Im Untersuchungsgebiet. 22
Abbildung 13: Windenergieanlagen und Vorranggebiete Wind im Umkreis der Stadt Bramsche. 29
Abbildung 14: Qualitative Darstellung der Wärmesenken und Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. 31
Abbildung 15: Überschlägige Darstellung der relativen monatlichen Mengen an Heizwärmebedarf Konzept 1-1 (Bezug Gesamtwärmebedarf im Jahr). 38
Abbildung 16: Relativer monatlicher Heizwärmebedarf der Wohngebäude bzw. des Möbelhauses und relatives Abwärmepotenzial, Konzept 1, Stufe 2 NT (inkl. Netzverluste und angesetzter Anschlussquoten) Bezugsgröße: Gesamtbedarf Heizwärme. 39
Abbildung 17: Relative monatliche Energiemengen an Heiz- bzw. Prozesswärme und Abwärme aus TNV, Konzept 1-2 HT (inkl. Netzverluste und angesetzter Anschlussquoten), Bezugsgröße: gesamter jährlicher Bedarf Heizwärme und Prozesswärme. 40
Abbildung 18: Relative monatliche Energiemengen Abwärme aus der Drucklufterzeugung und benötigter Heizwärme (inkl. Netzverluste). Bezug: Jährlicher Gesamtheizwärmebedarf. 41
Abbildung 19: Relative Anteile Endenergie der Wärmequellen der verschiedenen Konzepten. 42
Abbildung 20: Schematische Darstellung der Bausteine der verschiedenen Konzeptoptionen für das Untersuchungsgebiet im Projekt KoWa. 43
Abbildung 21: Konzeptabhängige Preisentwicklung der CO_2-Zertifikate mit dem Vergleichswert bei Erreichen der Klimaziele auf europäischer Ebene in 2030 (Green Deals). 45
Abbildung 22: Grafische Gegenüberstellung der Konzeptbewertung auf Grundlage der Nachhaltigkeitsdimensionen. 51

Abbildung 23: Visualisierung der wahrgenommenen Hemmnisse nach Schwerpunkten 56
Abbildung 24: Visualisierung der organisatorischen Hemmnisse. 56
Abbildung 25: Visualisierung der wirtschaftlichen Hemmnisse. 57
Abbildung 26: Visualisierung der regulatorischen Hemmnisse. 58
Abbildung 27: Visualisierung der weiteren Hemmnisse. 59
Abbildung 28: Visualisierung der wahrgenommenen Chancen nach Schwerpunkten. 62
Abbildung 29: Visualisierung der organisatorischen Chancen. 62
Abbildung 30: Visualisierung der wirtschaftlichen Chancen. 63
Abbildung 31: Visualisierung der technologischen Chancen. 64
Abbildung 32: Visualisierung der weiteren Chancen. 65
Abbildung 33: Visualisierung der Interessen der Akteure. 67
Abbildung 34: Visualisierung der Anforderungen der Akteure. 68
Abbildung 35: Visualisierung der Wünsche der Akteure in Bramsche. 69
Abbildung 36: Einfluss-Interessen-Matrix im Untersuchungsgebiet Bramsche. 75
Abbildung 37: Screenshot aus dem Berechnungsprogramm EED mit den angenommenen Grundeinstellungen. 91
Abbildung 38: Konfliktpotenzial der untersuchten Wärmeversorgungslösungen. . 109
Abbildung 39: Allgemeine Darstellung der Prozesskette. 111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Spezifische Treibhausgasemissionen der Konzeptvarianten. 44
Tabelle 2: Ergebnisübersicht für Variante 1: Ermittelte monatliche und jährliche Wärmebedarfe und Energieerträge. 92
Tabelle 3: Ergebnisübersicht für Variante 2: Ermittelte monatliche und jährliche Wärmebedarfe und Energieerträge. 93
Tabelle 4: Ergebnisübersicht für Variante 3: Ermittelte monatliche und jährliche Wärmebedarfe und Energieerträge. 94
Tabelle 5: Übersicht prozentuale Verteilung der Wärmequellen und betrachteten Wärmesenken. 111

Verzeichnis der Übersichten

Übersicht 1: Zielsystem, Bewertungskriterien und Indikatoren einer nachhaltigen kommunalen Wärmeversorgung. 49
Übersicht 2: Liste der relevanten Akteure im Untersuchungsgebiet Bramsche. 54
Übersicht 3: Zusammenfassung der genannten Hemmnisse in Bramsche. 60
Übersicht 4: Zusammenfassung der genannten Chancen in Bramsche. 66
Übersicht 5: Übersicht der vorhandenen Akteure und ihre Interessen aus Literatur und Interviews im Cluster Bramsche. 71
Übersicht 6: Übersicht der Akteure und Bewertung ihres Interessenlevels. 72
Übersicht 7: Übersicht der Akteure und Bewertung ihres Einflusslevels. 73
Übersicht 8: Konkretisierung und Zusammenfassung einer Einfluss-Interessen-Matrix. 75
Übersicht 9: Zusammenfassung der energietechnisch beachtlichen Schutzbestimmungen im Rahmen des Wasserschutzgebietes in Bramsche-Gartenstadt. 88

1 Einleitung

Struktur

Im Rahmen der Erfahrungsberichte werden im Projekt KoWa die ermittelten Grundlagen beschrieben und die Analyseergebnisse dargestellt.
Alle nachfolgend erläuterten Schritte enthalten sowohl technisch-wirtschaftliche Aspekte (Teil I) als auch solche, die Hemmnisse, Akteure und Fokusgruppen aufnehmen und analysieren (Teil II). Die Zusammenführung beider Ansätze muss gelingen, um tragfähige Gesamtkonzepte auch in die Umsetzung bringen zu können.

Teil I

Zur Analyse der ökonomischen sowie nachfolgend dargestellten technologischen Struktur werden 1. öffentlich zugängliche Grundlagen, 2. von den Partnern bereitgestellten Daten und 3. die vor Ort erhobenen Felddaten aufbereitet und ausgewertet. Das Ergebnis bildet hierbei die gegenwärtige Struktur der Wärmeversorgung mit ihrer bestehenden Infrastruktur ab (Kapitel 6). Der Wärmebedarf wird anhand der (Prozess)Wärmeverbräuche definiert und bewertet. Das Untersuchungsgebiet wird zudem auf seine technischen Potenziale an Erneuerbaren Energien (EE) und (industrieller) Abwärme[1] analysiert (Kapitel 3). Hierbei finden ökonomische und juristische Aspekte einer Erschließung insbesondere zur Einbindung in ein neu zu errichtendes Nahwärmenetz[2] Beachtung (Kapitel 4).
Für die auf Basis dieser Strukturanalyse entwickelten Versorgungskonzepte (Kapitel 5) erfolgt im weiteren Verlauf eine Analyse der Chancen und Risiken anhand einer 15-teiligen Nachhaltigkeitsbewertung in den Dimensionen Ökologie, Ökonomie, Sozial-kulturell (Kapitel 6).

Teil II

Die Akteurs-, Chancen- und Hemmnisanalyse beginnt mit der Beschreibung der Vorgehensweise in den geführten Interviews (Kapitel 7). In den nachfolgenden vier Kapiteln werden die Interviews ausgewertet. Hierbei werden die genannten Hemmnisse (Kapitel 8) und Chancen (Kapitel 9) dargestellt und bewertet. Anschließend erfolgt eine Auswertung der Interessen, Forderungen und Wünsche der Akteure (Kapitel 10) sowie die Darstellung der Akteurskonstellation im Untersuchungsgebiet anhand einer Einfluss-Interessen Matrix (Kapitel 11). Teil II schließt mit einem Fazit der Akteursstrukturen, Chancen und Hemmnissen der Wärmewende (Kapitel 12).

---

[1] Im vorliegenden Dokument wird als Abwärme jene Wärme bezeichnet, „[…] die in einem Prozess entsteht, dessen Hauptziel die Erzeugung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung (inkl. Abfallentsorgung) oder einer Energieumwandlung ist, und die dabei als ungenutztes Nebenprodukt an die Umwelt abgeführt werden müsste.“ (AGFW 2020: 18).

[2] Auch wenn in der Praxis häufig eine Differenzierung zwischen Nah- und Fernwärme erfolgt, ist diese aus rechtlicher Perspektive nicht relevant und wird durchgehend als Fernwärme definiert (Kruse 2011). Bei dieser handelt es sich nach Auffassung des BGH dann, wenn aus einer nicht im Eigentum des Gebäudeeigentümers stehenden Heizungsanlage von einem Dritten nach unternehmenswirtschaftlichen Gesichtspunkten eigenständig Wärme produziert und an andere geliefert wird. Auf die Nähe der Anlage zu dem versorgten Gebäude oder das Vorhandensein eines größeren Leitungsnetzes kommt nach Aussage des BGH ausdrücklich nicht an (BGH 1989).
Aufgrund der im Sprachgebrauch gebräuchlichen Variante der ‚Nahwärme‘ für Wärmenetze mit geografisch eingeschränkter Ausbreitung wird dieser Begriff innerhalb des vorliegenden Berichts synonym verwendet.

Assoziierte Projektpartner vor Ort

Schon zur Antragphase konnten einige Akteure als assoziierte Projektpartner gewonnen werden, was die Identifikation der Situation vor Ort und der Rollenverteilung erleichtert hat. Dazu zählen neben der Stadt Bramsche, die Stadtwerke Bramsche GmbH auch die Kupferschmelze und Drahtzieherei Lacroix + Kress GmbH. Als Gebietskörperschaft ist der Landkreis Osnabrück ebenfalls als Unterstützer beteiligt.

TEIL I: TECHNOLOGISCHE UND ÖKONOMISCHE CLUSTERANALYSE

2 Erfassung und Analyse der Gebiets- und Versorgungs-strukturen

Vorgehen

Das Arbeitspaket 2.1 baut auf den technologischen Grundlagen aus AP 1 auf und hat das Ziel, die derzeitige-Situation in den Clustern hinsichtlich der technologischen, strukturellen sowie ökonomischen Rahmenbedingungen zu erfassen und darzustellen. Die technischen-wirtschaftlichen Analyse (AP 3.1) nimmt diese Erkenntnisse auf und wertet diese systematisch aus. Für den Standort werden mögliche Versorgungs- und Ausbaustrategien bewertet. Zu den genannten Arbeitspaketen werden auf Basis der Interviews (AP 2.2) Akteur- und Hemmnisanalysen (AP 3.2) erstellt, die methodisch und kommunikativ die Entscheidungen der Workshopphasen sehr gut unterstützen. So liegen am Ende dieser beiden APs mögliche technisch Versorgungsoptionen vor, die in Verbindung mit den Akteuren abgestimmt und detailliert worden sind (AP 4).

2.1 Untersuchungsgebiet

Bramsche-Gartenstadt

Die Stadt Bramsche ist mit einer Fläche von 183 km² die zweitgrößte Stadt im Landkreis Osnabrück und befindet sich ca. 15 km nördlich der kreisfreien Stadt Osnabrück. Die Einwohner*innenzahl des Stadtzentrums liegt bei ca. 14.000, hinzu kommen weitere 17.000, die sich auf die umliegenden Eingemeindungen verteilen. (Stadt Bramsche 2020)
Das innenstadtnahe Untersuchungsgebiet mit seinen Wohngebieten befindet sich im Stadtteil Gartenstadt und wird in Teilen durch industrielle Unternehmen sowie einem Möbelhaus eingegrenzt. Soweit im Folgenden vom ‚Untersuchungsgebiet Gartenstadt' gesprochen wird, ist hiermit der in Abbildung 1 definierte Bereich und nicht der gesamte Stadtteil gemeint.
Dieses Gebiet weist gute Voraussetzungen zur Entwicklung einer umweltschonenden und gemeinschaftlichen Wärmeversorgung auf. Es gestaltet sich durch eine Mischung aus Wohnen, Handel und Industrie, geteilt von einem bewaldeten Abschnitt und direkt angrenzend an das Bramscher Wasserwerk. Das zentral liegende Neubaugebiet Breslauer Höfe kann eine Keimzelle zur Entwicklung eines kommunalen Wärmenetzes werden, um in weiteren Schritten anliegende Industrieunternehmen und Wohngebäude anzubinden. Durch Vorarbeiten in verschiedenen, schon abgeschlossenen Projekten konnten erhebliche Potenziale an Abwärmequellen und Wärmesenken in diesen Unternehmen verortet werden, siehe unten.

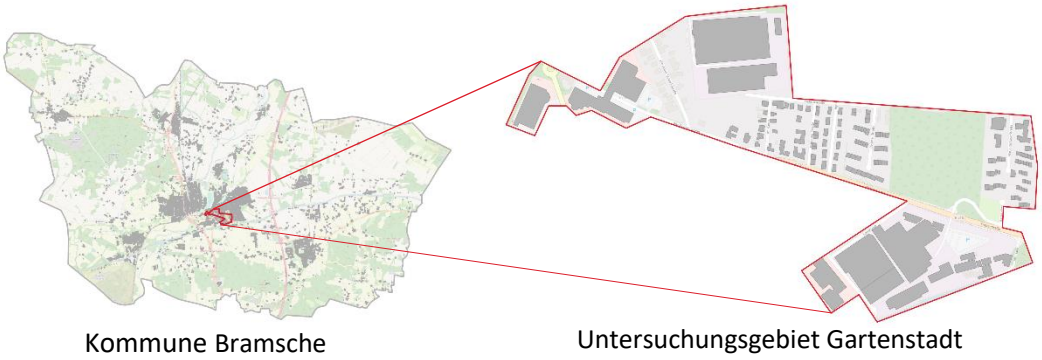


Abbildung 1: Stadtgebiet Bramsche mit dem Untersuchungsgebiet im Stadtteil Gartenstadt.
Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Vorarbeiten

Klimaschutz-/ Quartierskonzepte

Über die Kreisangehörigkeit ist Bramsche Teil der Masterplanregion 100 % Klimaschutz und des integrierten Klimaschutzkonzeptes des Landkreises Osnabrück. Hierauf aufbauend ließ die Stadt ein eigenes integriertes Klimaschutzkonzept erstellen (Energielenker Beratungs GmbH 2020b). Die Stadtwerke engagieren sich seit einiger Zeit ebenfalls zusätzlich im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative im Bereich Erneuerbare Energie bzw. Energieeffizienz (Stadtwerke Bramsche 2020a).

Im Jahr 2020 ist durch das Büro Energielenker Beratungs GmbH ein ‚Integriertes Energetisches Quartierskonzept' für die Engterstraße (Gartenstadt) im Auftrag der Stadtwerke Bramsche GmbH erarbeitet und vorgestellt worden. Dieses beinhaltet auch schon einige Aspekte, die im KoWa-Projektes weiter bearbeitet werden (Energielenker Beratungs GmbH 2020a).

Forschungsprojekte

Im Jahr 2014 erstellte die Hochschule Osnabrück die statistische Abwärmepotenzialanalyse ‚ReWIn - Regionales Wärmekataster Industrie' für den Osnabrücker Landkreis (Waldhoff und Reckzügel 2014). Dort und im Folgeprojekt ‚PInA - Planungsportal Industrielle Abwärme' wurde mit Partnern ein Kataster und Geoinformationssystem (GIS) zum lokalen Angebot von industrieller Abwärme und zum gebäudescharfen Wärmebedarf erstellt (Landkreis Osnabrück 2019). In Folge dieser Projekte und aufbauend auf der angefertigten Datenbasis wurden im Rahmen des EU-Projekt ‚COBEN - Delivering Community Benefits of Civic Energy' u.a. für Bramsche eine ‚Energiekonzeptstudie für das Nahwärmenetz zur Nutzung industrieller Abwärme in Bramsche' erstellt (COBEN 2020; iNeG 2018). Bislang konnte aber noch keine der entwickelten Ansätze umgesetzt werden.

Sonstiges

Wie u.a. im Integrierten Klimaschutzkonzept für die Stadt Bramsche als Maßnahme vorgeschlagen, beschloss die Stadt Bramsche in ihrer Ratssitzung am 28.01.2021 die Einrichtung eines Klimaschutzmanagements. Die Ausschreibung dieser Stelle erfolgte im September 2021 (Energielenker Beratungs GmbH 2020b; Stadt Bramsche 2021b; 2021c)

2.2 Gebietsstruktur

Flächennutzungsplan

In der Bramscher Innenstadt, und somit auch im Rahmen von KoWa zu untersuchenden Gebiet, ist eine starke Durchmischung der Flächentypen auf Basis des Nutzungsplans festzustellen, vgl. Abbildung 2. Auch im weiteren Umfeld (Gartenstadt) handelt sich um historisch gewachsene Quartiere mit Wohngebäuden, welche sich entlang von Verkehrswegen und Industrie- und Gewerbebetrieben entwickelt haben. Die Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes beträgt ca. 40 ha.

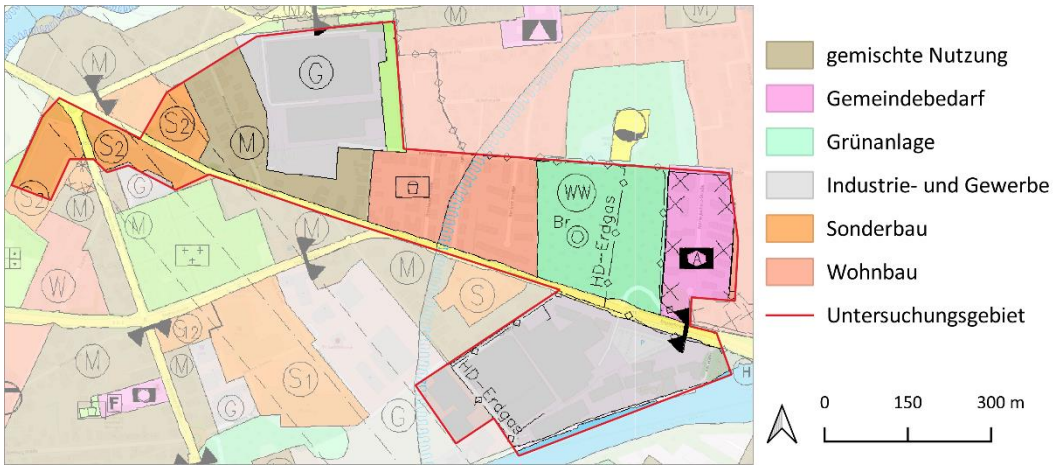


Abbildung 2: Flächennutzungsplan.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Landkreis Osnabrück 2021a, Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Das Untersuchungsgebiet Gartenstadt ist geprägt durch eine kleinteilige Wohnbebauung in ein- bis dreigeschossiger Bauweise, größere Einzelhandelsmärkte und großflächige Gebiete mit produzierenden Industrieunternehmen, vgl. Abbildung 3. Im Untersuchungsgebiet selbst liegen die umfangreichen Verkaufsgebäude der Hardeck Möbel GmbH & Co KG verteilt auf drei Gebäudeteile. Neben weiteren angrenzenden Einzelhandelsmärkten südwestlich des Untersuchungsgebiets stellt das Möbelhaus den größten zusammenhängenden Gebäudekomplex dar.

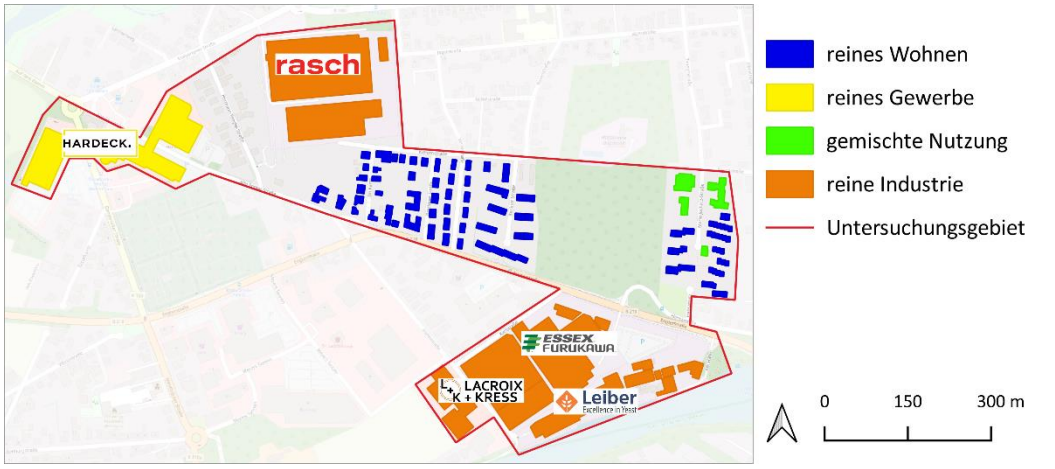


Abbildung 3: Nutzungsart aller Gebäude im Untersuchungsgebiet.
Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Verkehrswege

Die Engterstraße ist als Bundesstraße B218 eine wichtige und hoch frequentierte Verkehrsader, die östlich aus der Stadt hinausführt und diese samt der Industrie und den angrenzenden Einzelhandel mit der ca. 2,5 km entfernten Autobahn A1 verbindet. Südlich grenzt das Gebiet an den Mittellandkanal, der besonders für die Anbindung und Versorgung der Industrieunternehmen ein wichtiger Standortfaktor ist. Auch Hafenanlagen sind hier vorhanden.

Schutzgebiete

Die Landschafts- und Naturschutzgebiete in und um Bramsche tangieren das Untersuchungsgebiet nicht und werden somit auch nicht weiter betrachtet. Anders ist dieses hinsichtlich des rund um das Wasserwerk verlaufende Trinkwassergewinnungsgebiet (TWGG)[3] zu bewerten.
Für ein solches Schutzgebiet der Zonen II, III A und III B befindet sich aktuell ein Entwurf der ‚Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen des Wasserwerkes Bramsche-Gartenstadt der Stadtwerke Bramsche' in Abstimmung bei der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Osnabrück. Die 12 relevanten Brunnen befinden sich hierbei rund um das Wasserwerk auf der zentral gelegene Grünfläche und stellen das Kerngebiet der Trinkwassergewinnung der Stadt Bramsche dar, vgl. Abbildung 4. (Landkreis Osnabrück 2020c; MU NI 2020)

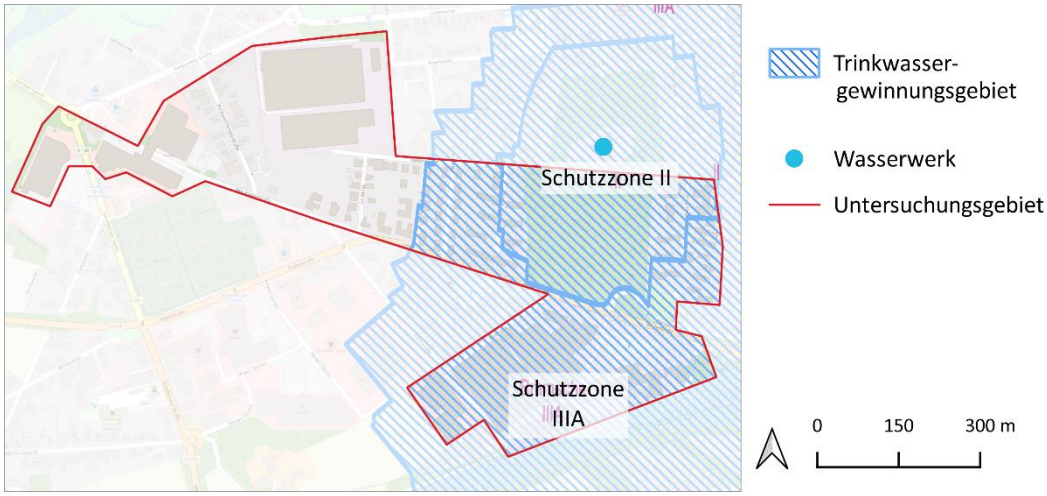


Abbildung 4: Abgrenzung Schutzgebiete.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Landkreis Osnabrück 2021c, Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

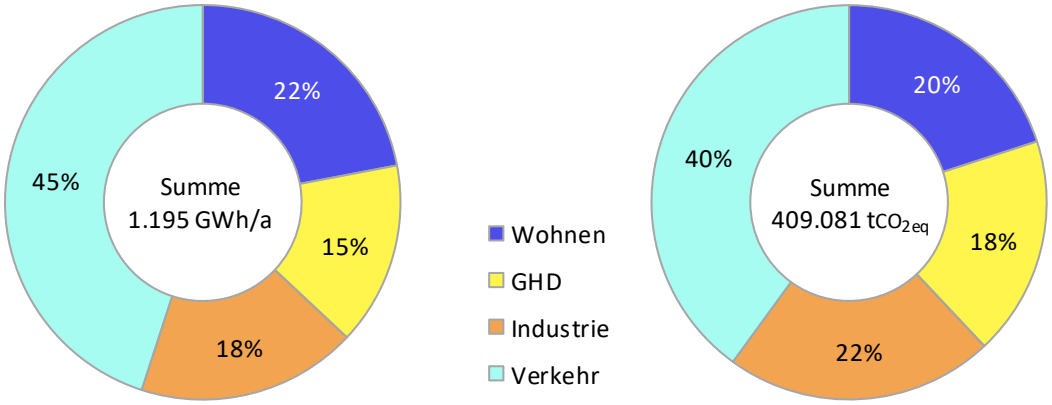
<u>Rechtslage Trinkwasserschutzgebiet</u>
Laut Entwurf zum § 5 Anlage 2 der Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes VWSG ist eine unterirdische Errichtung von Fernwärmeleitungen in Schutzzone II verboten und in den Zonen III A und III B sowie oberirdisch verlegt in der Zone II genehmigungspflichtig. Diese Genehmigung darf wiederum nur versagt werden, wenn die beabsichtigte Handlung oder Anlage, auf welche durch diese Verordnung geschützte Grundwasser nachteilig einwirken kann und diese Nachteile durch Auflagen und/oder Bedingungen nicht verhütet werden können. Die oberirdische Errichtung in den Schutzzonen III A und III B ist zulässig. (Landkreis Osnabrück 2020c)

[3] Zum Schutz der Trinkwasserversorgung können verschiedene Zonen mit unterschiedlichen Schutzbestimmungen festgelegt werden. Während die Wasserschutzzone I (Fassungsbereich) den direkten Nahbereich der Brunnenfassungen in einen Radius von 10 m umfasst, bestimmt die Wasserschutzzone II das engere Schutzgebiet. Innerhalb diesem soll die Fließzeit des Wassers zu den Brunnen mindestens 50 Tage betragen, um Trinkwasser vor bakteriellen Verunreinigungen zu schützen. Die abschließende Wasserschutzzone III umfasst das gesamte weitere Einzugsgebiet der geschützten Wasserfassung. Hierbei ist eine weitere Unterteilung in die Zonen A (innerer Bereich) und B (äußerer Bereich) möglich. (DVGW 2020).

Ebenso ist das Errichten und Erweitern von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen zur Erzeugung von Biogas in allen Zonen verboten. Bei sonstigen immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen ist in der Regel wiederum eine Genehmigung einzuholen. (Landkreis Osnabrück 2020c)
Auch bei der Erdwärmenutzung ergibt sich je nach Voraussetzungen ein Verbot oder eine beschränkte Zulässigkeit mit der Auflage, eine Genehmigung einzuholen, vgl. Anhang A. (Landkreis Osnabrück 2020c)
Allgemein ist die untere Wasserbehörde in Einzelfällen befugt von den Verboten nach den Schutzbestimmungen der Anlage 2 zu § 5 abzusehen und auf Antrag eine Befreiung zu erteilen. Hierfür dürfen erstens keine anderen Rechtsvorschriften dem entgegenstehen und zweitens der Schutzgebietszweck der Verordnung nicht gefährdet werden. Alternativ müssen überwiegende Gründe dem Wohl der Allgemeinheit dies erfordern. (Landkreis Osnabrück 2020c)

2.3 Gegenwärtige Struktur der Bebauung und der Energieversorgung

Der gesamte jährliche Endenergiebedarf der Stadt Bramsche wird im Klimaschutzkonzept mit knapp 1.200 GWh (Stand 2016) angegeben und verteilt sich, wie in Abbildung 5 zu sehen, auf die einzelnen Sektoren. Es ist davon auszugehen, dass der Großteil des verursachten industriellen Bedarfs auf die Unternehmen im Untersuchungsgebiet fällt und damit prägend für dieses ist. Sektorübergreifend sind 34 % des Bedarfes dem Bereich Brennstoffe, 21 % der Elektrizität sowie 45 % den Kraftstoffen zuzurechnen. Die mit dem Verbrauch verbundenen Treibhausgas-Emissionen (THGE) sind hier ebenfalls dargestellt. (Energielenker Beratungs GmbH 2020b: S.12 f.)



a) Endenergieverbrauch b) THG-Emissionen

Abbildung 5: Endenergiebedarf und THG-Emissionen nach Sektoren in der Stadt Bramsche 2016.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Energielenker Beratungs GmbH 2020a: 12 ff.

Erdgasversorgung

Die Stadtwerke Bramsche GmbH stellen hierbei im Stadtgebiet die Grundversorgung für Gas und Strom sicher (Stadtwerke Bramsche 2018a; 2018b). Auch als Contractor für Wärme treten die Stadtwerke für verschiede Kunden mit größeren Liegenschaften auf. Außerdem betreiben sie seit einigen Jahren in der Siedlung ‚Stapelberger Feld' im nördlichen Teil des Stadtgebiets ein Nahwärmenetz, welches mittels eines Erdgas-Blockheizkraftwerks (BHKW) 71 neu errichtete Wohngebäude versorgt (Stadtwerke Bramsche 2020b).

Das Erdgasnetz im Stadtgebiet Bramsche umfasst eine Länge von über 200 km (ohne Hausanschlussleitungen) und lässt sich auf Basis der Gasdruckstufen in Hochdruck (36,1 km), Mitteldruck (13,0 km) und Niederdruck (189,0 km) unterteilen. Die industriellen Großkunden werden durch die Nowega versorgt (Hochdruck), während das Niederdruckverteilnetz von den Stadtwerken betrieben wird. (Schulte 2021; Stadtwerke Bramsche 2020c)

2.3.1 Wohngebäude

Im Teilquartier der Gartenstadt inklusive des Neubaugebiets Breslauer Höfe sind nach einer eigenen Erhebung 14,5 % der Wohngebäude freistehende Ein- und Zweifamilienhäuser und 13,0 % Mehrfamilienhäuser. 60,9 % der Gebäude sind Reihen- und Reihenendhäuser und 8,7 % Doppelhaushälften. Die folgende Abbildung 6 zeigt die geografische Verteilung der jeweiligen Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet.

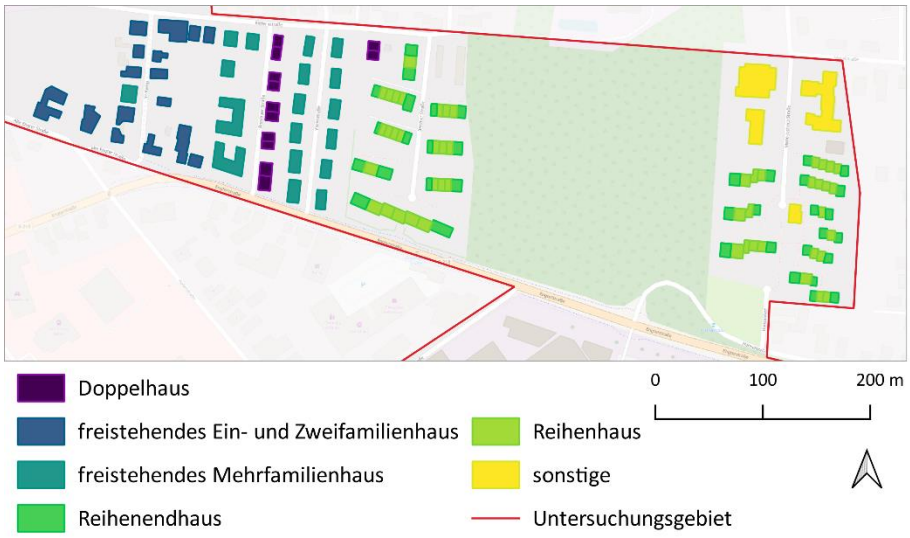


Abbildung 6: Gebäudetypen im Untersuchungsgebiet.
Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

<u>Eigentumsstruktur</u>

Bei den Wohngebäuden sind im Untersuchungsgebiet drei Eigentümergruppen sowie ein Großmieter auszumachen. Neben der Baugenossenschaft Landkreis Osnabrück eG (BGLO) besitzt auch die Stadt Bramsche mehrere Mehrfamilienhäuser. Letztere tritt auch als Eigentümer des unter dem Namen Breslauer Höfe geplanten Neubaugebiets auf. Die von Seiten der Arbeiterwohlfahrt Bezirksverband Weser-Ems e.V. (AWO) gemieteten Liegenschaften im Osten des Gebietes gehören einer privaten Eigentümergesellschaft. Die Ein- und Zweifamilienhäuser befinden sich in der Regel in Privateigentum, vgl. Abbildung 7. (Energielenker Beratungs GmbH 2020a; Müller 2020b; Strehl 2020a)

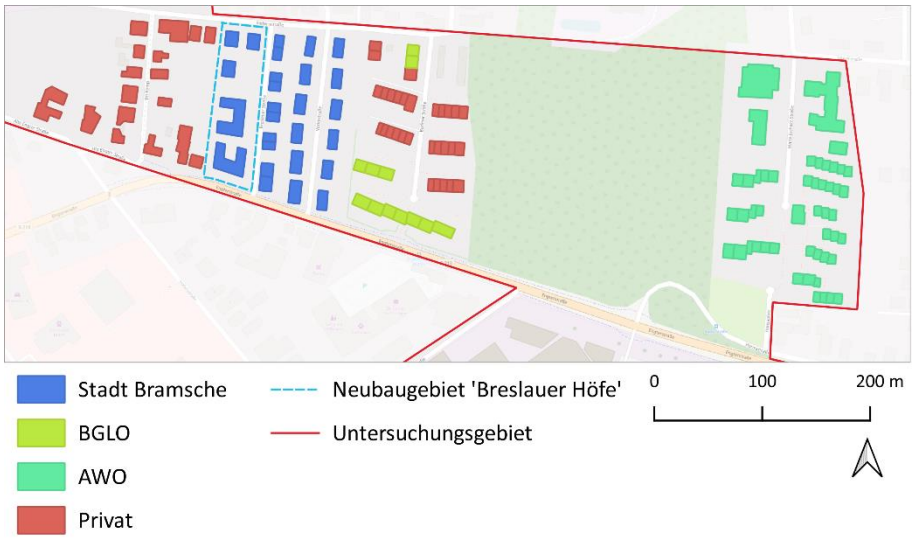


Abbildung 7: Gebäudeeigentümer und Großmieter der Wohngebäude, inkl. Neubaugebiet ‚Breslauer Höfe'.
Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Städtisches Wohnen

Die Bestandsgebäude des städtischen Wohnens setzen sich aus zehn Doppelhaushälften in der Breslauer Straße (Baujahr 1955) sowie 12 freistehenden Mehrfamilienhäusern in der Vockestraße (Baujahr 1959) zusammen. Mit Ausnahme dreier Gebäude sind diese in den Jahren 2005 bis 2018 energetisch saniert bzw. teilsaniert worden. An den übrigen drei Gebäuden ist nach Auskunft der Stadt in den kommenden Jahren keine Sanierung geplant. Mit einer geplanten Fertigstellung im Jahr 2022 werden fünf weitere größere, freistehende Mehrfamilienhäuser im Neubaugebiet Breslauer Höfe das städtische Wohnen im Untersuchungsgebiet ergänzen. Durch diese Neubauten erhöht sich die von der Stadt Bramsche vermietete Wohnfläche im Teilquartier Gartenstadt deutlich. Verteilt sind diese auf über 90 Bestandwohnungen sowie ca. 70 Wohnungen innerhalb der Neubauten. (Müller 2020b; PLAN.CONCEPT Architekten GmbH 2019)
Im Detail sind die Mehrfamilienhäuser der Stadt Bramsche (Bestand) an das Niederdruckerdgasnetz angeschlossen. Die haustechnischen Anlagen unterscheidet sich innerhalb der einzelnen Gebäude. So erfolgt die Versorgung zum Teil zentral mittels einer Feuerungsanlage je Gebäude als auch mit Einzelfeuerungsanlagen für jede Wohnung. In einem weiteren Teil der Gebäude sind die Einzelanlagen direkt in den Wohnungen installiert. Das Alter der eingebauten Heizanlagen schwankt hier stark. Während ein Teil der Anlagen erst in den 2000 bzw. 2010er Jahren installiert worden ist, sind in anderen Gebäuden die Anlagen deutlich älter (Müller 2020a). Die Mehrfamilienhäuser der Breslauer Höfe sollen zentral über ein Wärmenetz versorgt werden. Die Stadtwerke haben die Lieferverpflichtung übernommen. Über die Art der Wärmequelle ist noch nicht abschließend entschieden worden. Hier sollen auch die Ergebnisse des Projektes KoWa einen Beitrag leisten. (Energielenker Beratungs GmbH 2020a; Müller 2020b)
Für die Bestandsgebäude des städtischen Wohnens liegen die gebäudespezifischen Erdgasverbräuche seitens der Stadtwerke Bramsche GmbH vor. Die zugrundeliegenden Informationen basieren auf realen Verbrauchswerten des Jahres 2019.

Zur Ermittlung des witterungsbereinigten Wärmebedarfs wird als Grundlage zur Berechnung der Gradtagzahl[4] nach VDI 3807 eine Innentemperatur von 20 °C und eine Heizgrenztemperatur von 15 °C vorausgesetzt (VDI 3807-1/2013 2013). Der sich hieraus ergebende Erdgasverbrauch wurde ebenso wie die Plandaten zum Wärmebedarf der Breslauer Höfe genutzt, um Grundlagendaten für die Versorgungskonzepte zusammenzustellen.

Wohngebäude BGLO

Die Wohngebäude der BGLO in der Berliner Straße setzen sich aus 12 Reihenhäusern aus den 1960er Jahren zusammen. In Summe ergibt sich für diese Gebäude eine Wohnfläche von über 2.000 m², aufgeteilt auf mehr als 35 Wohnungen (Landkreis Osnabrück 2020b; Strehl 2020a).
Eine energetische Sanierung der Mehrfamilienhäuser im Eigentum der BGLO (Baujahre 1960er) fand in den Jahren 2007/08 statt. Dabei wurden zahlreiche Bauteile energetisch saniert und gedämmt. Weiterhin wurde in diesem Zuge das Heizsystem erneuert. Die Abrechnung erfolgt hierbei mit Hilfe einzelner Wärmemengenzähler. Zeitgleich erfolgte auf drei Gebäuden auch die Integration großer Solarthermie- und Photovoltaikdachanlagen, sodass ein Teil des Energiebedarfs erneuerbar gedeckt wird. (Strehl 2020b)
Für die Wohngebäude der BGLO liegen die Erdgasverbräuche in KoWa vor. Die zugrundeliegenden Informationen basieren auf realen Verbrauchswerten aus dem Jahr 2019. Nach der Witterungsbereinigung wurden dies Daten ebenso als Datengrundlage genutzt.

(Wohn)Gebäude in Nutzung der AWO

Die Gebäude in der Nutzung durch die Seniorenwohnanlage des Arbeiterwohlfahrt Bezirksverbandes Weser-Ems e.V. in der Marie-Juchacz-Straße als Altenwohnungen setzten sich aus zehn Reihen mit jeweils drei bis sechs eingeschossigen Reihenhäusern zusammen. Weiterhin sind Wohnbereiche auch im Haupt- und Verwaltungsgebäude sowie im Haus Sonnenschein untergebracht. Ein Clubhaus vervollständigt diesen Gebäudekomplex. Eigentümer dieser Gebäude ist eine private Immobiliengesellschaft.
Die in den 1960 und 70er Jahren entstandenen 53 Wohneinheiten weisen überwiegend ein hohes Sanierungspotenzial auf. Einzig das Haus Sonnenschein (Baujahr 1979), das Haupt- (Baujahr 1964) sowie das Verwaltungsgebäude sind seit 2011 einer umfassenden energetischen Sanierung unterzogen worden (Energielenker Beratungs GmbH 2020a; Kuhlmann 2011; Wekenborg-Placke 2012).
Die Wärmeversorgung aller Gebäude erfolgt ausschließlich über zwei jeweils in den Haupt- sowie Verwaltungsgebäude untergebrachten Wärmezentralen. Der Wärmetransport erfolgt über erdverlegte Wärmeleitungen aus den 1960er Jahren. Im Rahmen des integrierten energetischen Quartierskonzepts wurde auf Basis von Standard-Lastprofilen für die Altenwohnungen ein summierter Endenergiebedarf an Wärme ermittelt, der für weitere Überlegungen auch in KoWa genutzt wird.

Privathäuser

Die Gebäude in Privateigentum befinden sich hauptsächlich in zwei Gebieten im Untersuchungsgebiet. Der erste Teil befindet sich im Umfeld der Wohngebäude der BGLO und besteht aus fünf Wohnblöcken mit jeweils fünf bis sechs Reihenhäusern, zwei Doppelhaushälften sowie einem weiteren Reihenhaus. Auch diese Gebäude wurden größtenteils in den 60er Jahren erbaut. Für diesen Teil der privaten Wohngebäude liegen Erdgasver-

[4] Die Gradtagszahl stellt nach VDI 2067 den ortsspezifischen Zusammenhang zwischen Raum- und Außenlufttemperatur für die Heiztage eines Bemessungszeitraums dar (VDI 2012).

bräuche vor. Die zugrundeliegenden Informationen basieren auf realen Verbrauchswerten aus dem Jahr 2019 der Stadtwerke Bramsche GmbH. Die monatlichen Bedarfe wurden mittels des Tools ‚FreePlan' zur weiteren Bewertung zeitlich aufgeschlüsselt.
Weitere Gebäude im Privateigentum befinden sich im Abschnitt westlich des Neubaugebiets Breslauer Höfe. Diese stellen hinsichtlich ihres Zeitpunktes der Erbauung ein heterogenes Bild dar. Während ca. 25 % der Gebäude aus den Jahren bis 1969 stammen, sind weitere 50 % aus den 1970er bzw. frühen 1980er Jahren. Einige wenige wurden in den Jahren zwischen 1984 und 2001 erbaut. Bei knapp 20 % handelt es sich um seit 2002 errichtete Neubauten (Energielenker Beratungs GmbH 2020a).
Nach Auswertung der statistischen Daten des Zensus (2011) ist anzunehmen, dass ein Großteil der weiteren, nicht näher zu qualifizierenden Wohngebäude im Untersuchungsgebiet, mittels Zentral- oder Etagenheizung beheizt werden, dieses trifft in Bramsche auf 94 % aller Wohngebäude zu. Der abgeschätzte Wärmebedarf für dieses Gebiet kann mit diesen Daten grob beschrieben werden.

Zusammenfassung

Die bestehenden Wärmeversorgungssysteme der Wohngebäude im Untersuchungsgebiet Gartenstadt sind annährend vollständig an das vorhandene Niederdruck-Erdgasnetz angeschlossen. So überwiegen im gesamten Untersuchungsgebiet mit 95 % die Erdgasheizungen. In wenigen Gebäuden sind Ölheizungen (1 %) bzw. zur Unterstützung Solarthermieanlagen (4 %) verbaut. Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurde ein witterungsbereinigter Endenergiebedarf an Wärme ermittelt, mit Hilfe dessen die Versorgungskonzepte erstellt wurden. Eine Aufschlüsselung auf den monatlichen Bedarf erfolgt mittels des Tools ‚FreePlan' aus dem Forschungsprojekt ‚DELFIN (Decentralized Feed-In)' (TU Dresden 2019). Abbildung 8 zeigt den monatlichen Heizwärmebedarf (inkl. Warmwasser) in relativer Darstellung (Bezug auf den jährlichen Gesamtwärmebedarf).

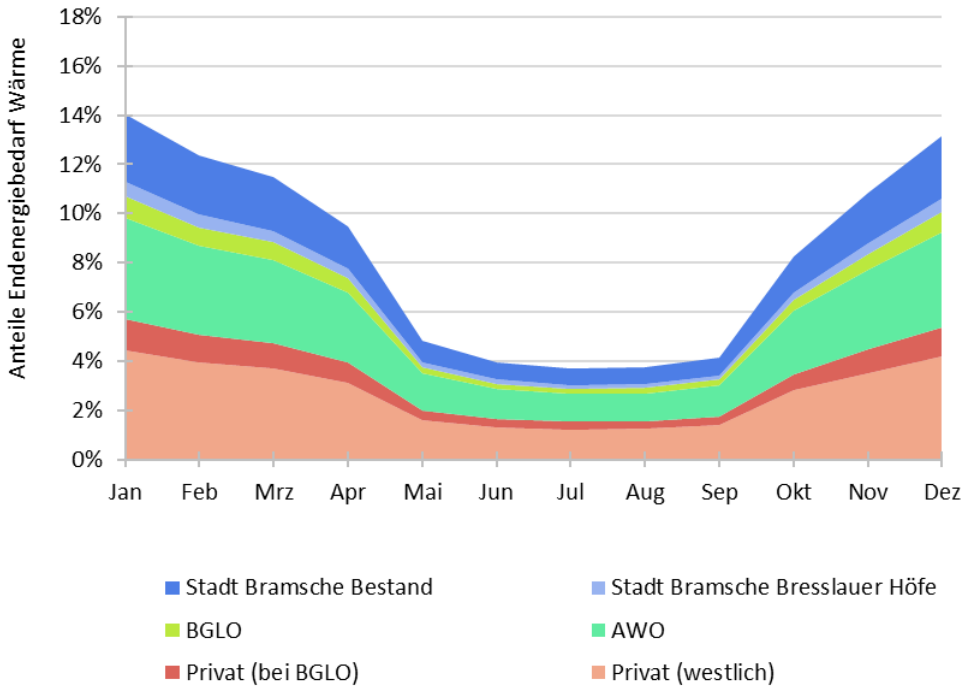


Abbildung 8: Relative, monatliche Summen des Heizwärmebedarfs der Wohngebäude im Untersuchungsgebiet (Bezug Gesamtwärmebedarf Heizen).
Quelle: Eigene Darstellung.

2.3.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Hardeck Möbel GmbH & Co. KG

Neben einigen weiteren, als nicht relevant eingestufte, Unternehmen des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) am südöstlichen Rand des Untersuchungsgebiets ist als einziges großes Handelsunternehmen am westlichen Rand das Unternehmen Hardeck Möbel GmbH & Co. KG mit drei mehrgeschossigen Gebäuden angesiedelt.
Für diesen Gebäudekomplex als möglicher Großabnehmer ist im Rahmen der ‚Energiekonzeptstudie für das Nahwärmenetz zur Nutzung industrieller Abwärme in Bramsche' eine abwärmebasierte Versorgung bereits untersucht worden. Die dort ermittelten Wärmebedarfsdaten werden vorerst als Grundlage genommen, bevor tatsächliche Verbrauchswerte ermittelt werden können. (iNeG 2018)

2.3.3 Industrie

In dem zuvor beschriebenen Untersuchungsgebiet sind vier der größten Industriebetriebe der Stadt ansässig, die aufgrund von Energiebedarf oder Abwärmepotenzial eine tragende Rolle in einem Versorgungskonzept spielen könnten. Diese werden im Folgenden einzeln vorgestellt und deren energetische Situation eingeordnet. Alle vier Unternehmen sind auch an die Hochdruck-Erdgasleitung angeschlossen. Die geografische Verortung dieser Unternehmen ist Abbildung 3 zu entnehmen.

Lacroix + Kress GmbH

Die Lacroix + Kress GmbH ist Hersteller von hochwertigen Kupferdrahterzeugnissen in blanker, verzinnter, versilberter und vernickelter Oberfläche. Des Weiteren umfasst das Produktspektrum Copper Clad Steel, Copper Clad Aluminium und Kupferlegierungen. Insgesamt blickt das Unternehmen auf mehr als 75 Jahre Erfahrung zurück und ist als eines der weltweit führenden Unternehmen von Kupferdrahterzeugnissen etabliert. Die Halbfabrikate werden an den Standorten Bramsche und Neunburg vorm Wald mit insgesamt 250 Mitarbeitern produziert und kommen international in Kabel-, Automobil-, Lebensmittel- und Flugzeugindustrie, sowie in der Medizintechnik und Infrastruktur zum Einsatz.
In Bramsche wird Walzdraht im Durchmesserbereich von 8,0 bis 14,0 mm produziert. Die Drähte werden aus sauerstofffreiem Kupfer hergestellt, das im eigenen Walzwerk nach dem „Dip-Forming-Verfahren" produziert wird. Der ebenfalls in Bramsche stationierte Drahtzug stellt Einzeldrähte im Durchmesserbereich von 0,05 bis 7,0 mm (AWG 44-2) her. (Lacroix + Kress GmbH 2022)
Die benötigten Energiemengen des Unternehmens wurden im Projekt KoWa zum Teil schon erhoben und dienen auch als Datengrundlage für die Entwicklung der Versorgungskonzepte. Absolute Verbrauchsdaten und weitere Details werden aber zum Schutz der sensiblen Unternehmensdaten nur intern bewertet.

Essex Furukawa Magnet Wire Germany GmbH

Seit dem Firmenzusammenschluss mit dem asiatischen Unternehmen Furukawa Electric Co., Ltd. 2020 firmiert die Drahtzieherei und Lackiererei unter Essex Furukawa Magnet Wire Germany GmbH (Essex Furukawa Magnet Wire LLC 2020). Am Standort in Bramsche werden Kupferrohdrähte auf Maß gebracht und mit unterschiedlichen Verfahren lackiert und isoliert. Die Produktion ist auf eine Vielzahl vergleichbarer Einzelmaschinen verteilt, die spezifische Drähte produzieren. Die Ziehmaschinen sind elektrisch angetrieben und arbeiten kontinuierlich. Der anschließende Lackier- und Trocknungsprozess schließt den Produktionsprozess ab. Die absoluten Energiedaten werden auch hier nur intern bearbeitet.

Leiber GmbH

Ebenso wie die beiden vorherigen Betriebe liegt die Produktionsstätte des 1954 gegründeten und 1989 nach Bramsche umgesiedelten Unternehmens Leiber GmbH am Mittellandkanal (Leiber GmbH 2021a). Hier werden aus dem in der Bierproduktion anfallenden Grundstoff Hefe verschiedenste Produkte hergestellt, wie sie z.B. für Lebensmittel, Tiernahrung, Gesundheitspräparate und zur Fermentation benötigt werden. Am Standort Bramsche ist neben der Hauptverwaltung und den Forschungs- und Entwicklungslaboren auch das Werk Tierernährung mit Anlagen zum Veredeln, Trocknen, Mischen und Verpacken angesiedelt. Insgesamt sind an diesem Standort ca. 170 Mitarbeiter beschäftigt. (Leiber GmbH 2021c; 2021d)
Mit einer eigenen Biogasanlage, die mit Reststoffen beschickt wird, sowie zwei daran angeschlossenen Biogas-BHKW wird zum Teil selbst Strom und Wärme produziert (BNetzA 2021; Leiber GmbH 2021b). Als relevante Verfahren sind hier in der Regel Eindampfprozesse, Destillationen und die Trocknung der Produkte zu nennen. Die absoluten Energiebedarfe werden zum Schutz der sensiblen Unternehmensdaten nur KoWa- intern bearbeitet.

Tapetenfabrik Gebr. Rasch GmbH & Co. KG

Seit 1861 produziert das familiengeführte Unternehmen am Standort Bramsche Tapeten und hat so rund um den Standort auch für die dichte Bebauung und Ansiedlungen in der Gartenstadt gesorgt (Tapetenfabrik Gebr. Rasch GmbH & Co. KG 2021). Der Produktionsbetrieb ist technisch mit einer Druckerei vergleichbar und weist durch die nötigen Trocknungsprozesse und erdgasgestützte thermische Abluftbehandlung (TNV) einen hohen Energiebedarf auf. Die erhobenen Energiedaten können zum Schutz des Unternehmens nur intern verwendet werden.

2.4 Zusammenfassung und Bewertung der Wärmebedarfspotenziale

Als geeignete Potenziale sind vor allem die Heizwärmebedarfe (inkl. Warmwasser) der Wohngebäude zu nennen, die anhand der erhobenen Daten bzgl. Temperatur und Bedarfsprofil gut charakterisiert werden können. Als großer Einzelhändler weist auch das Möbelhaus der Hardeck Möbel GmbH & Co. KG einen ausgeprägten Heizwärmebedarf auf, der aufgrund der zentralen Versorgungsstruktur der Häuser vergleichsweise einfach zu erschließen wäre. Der Wärmebedarf wird heute noch zum überwiegenden Teil mittels Erdgas gedeckt (Hoppenbrock und Voigtländer 2018).
Für die Prozesswärme sind die Anforderungen an Temperatur, Verfügbarkeit und Leistung gegenüber Gebäudewärme häufig deutlich enger gefasst. Auch ist eine große Abhängigkeit von der Prozessführung oder der entsprechenden technischen Anlage zu erkennen, z.B. bei der Trocknung von Lackdraht. Nur für wenige Wärmebedarfe in der Verfahrenskette der Hefeveredelung bei der Leiber GmbH ist daher Fernwärme sinnvoll einzubinden. Hierbei wäre eine hohe Vorlauftemperatur des Fernwärmenetzes notwendig.

3 Darstellung der relevanten Energiepotenziale

Im Folgenden werden die potenziellen Energiequellen für das Untersuchungsgebiet in Bramsche aufgezeigt. Angelehnt an Dunkelberg et al. (2020b) erfolgt hierbei eine Unterscheidung der Quellen auf Basis der internen und externen Erschließbarkeit. Als interne Quellen werden hierbei Ressourcen bezeichnet, welche innerhalb des Untersuchungsgebiets zur Verfügung stehen. Hierzu werden nachfolgend die EE inklusive industrieller Abwärme zusammengefasst. Extern erschließbar sind Energiequellen, welche mittels einer Umwandlung bzw. eines Transports vor Ort über verschiedene Technologien zur Wärmeversorgung bereitgestellt werden können. Hierzu zählen auch alle Arten fossiler Energieträger.

3.1 Interne Energiepotenziale

Im städtischen Raum von Bramsche stehen hierbei typischerweise die folgenden Wärmequellen zur Verfügung:

- Biomasse
- Solarthermie
- Geothermie
- Umweltwärme
- Industrielle Abwärme

3.1.1 Biomasse

Als Biomasse im Sinne des § 2 Abs. 1 BiomasseV werden Energieträger aus Phyto- und Zoomasse bezeichnet. Enger gefasst ist der Begriff der Biomasse bei der hier betrachteten energietechnischen Bewertung. Hierbei umfasst dieser rein die energetisch verwertbaren tierischen und pflanzlichen Erzeugnisse, welche bei der Gewinnung von Heizenergie, von elektrischer Energie und Kraftstoffen Verwendung finden können.
In Deutschland wurde 2020 der Endenergiebedarf für Wärme und Kälte zu knapp 10 % aus der Nutzung fester Biomasse (Holz und weitere Festbrennstoffe) bestritten (ca. 117 TWh). Flüssige Biomasse trägt zu 0,3 % (ca. 3 TWh) bei. Gasförmige Biomasse ist mit 19,2 TWh zu ungefähr 1,6 % beteiligt. Die biogenen Anteile im Abfall leisteten 1,2 % des Bedarfs (14,7 TWh). (BMWi 2021c)

Technisches Potenzial

An dieser Stelle wird nur das interne Biomasse-Potenzial Bramsches betrachtet. Verwertbare Potenziale an Biomasse fallen im landwirtschaftlichen Vieh- und Ackerbau sowie in der Abfallwirtschaft (Bio- und Grünabfälle sowie Klär- und Deponiegase) an (AEE 2017). Neben diesen ist zusätzlich noch die holzbe- und -verarbeitende Industrie zu beachten.
Für den Landkreis Osnabrück befindet sich in Bohmte eine von der Kompostierungsgesellschaft Region Osnabrück mbH (KRO betriebene Kompostieranlage mit einer maximalen Kapazität von 120.000 t Bioabfall im Jahr. Die produzierte Kompostmenge beträgt hierbei 35.000 t/a. Auch der biogene Abfall aus Bramsche wird dort gesammelt und verwertet. (KRO 2021)
Auf dem Gebiet der Stadt Bramsche befinden sich 13 mit Biomasse betriebene BHKW in unterschiedlicher Anlagengröße. In direkter Umgebung des Untersuchungsgebiets befinden sich zum einen zwei südwestlich gelegene KWK-Anlagen des Betreibers MzS Bioenergie GbR. Die Anlagen besitzen jeweils eine elektrische KWK-Leistung von 180 kW sowie eine thermische Leistung von 171 kW. Ob und wie das aktuell anfallende Abwärmepoten-

zial genutzt wird, ist nicht bekannt. Zum anderen befinden sich auf dem Gelände der Leiber GmbH zwei mit anfallender Biomasse betriebe BHKW, deren Strom und Wärme im Produktionsprozess genutzt werden. Diese Anlagen sind jeweils für eine elektrische KWK-Leistung von 400 kW sowie eine thermische Leistung von 440 kW ausgelegt. (BNetzA 2021)
Aktuell werden in Summe 8 % des gebäudespezifischen Brennstoffverbrauchs zu Heizzwecken in Bramsche über Biomasse und -gas bereitgestellt. Eine Unterteilung zwischen interner und externer Erzeugung erfolgt hierbei nicht. (Energielenker Beratungs GmbH 2020b)

Bewertung

Für das Untersuchungsgebiet kann demnach kein weiteres nutzbares Potenzial an Bioenergie festgestellt werden.

3.1.2 Solarthermie

Die Strahlungsenergie der Sonne stellt den Energieträger für Solarkollektoren. Hierbei bezeichnet diese die Strahlungsleistung, welche auf eine bestimmte Fläche über einen definierten Zeitraum auftrifft. In Deutschland liegt die durchschnittlich verfügbare Strahlungsenergie auf eine horizontale Fläche im Jahresmittel zwischen 950 und 1.200 kWh/(m² a) (Kasper et al. 2012). Schwankungen der globalen Strahlungsenergie bezüglich einzelner Jahre liegen in einem Band von ± 5 % (Berberich und Mangold 2017). Wesentliche Schwankungen sind über die Jahreszeiten und über den Tagesverlauf zu beobachten. Insgesamt entfallen fast 80 % der jährlichen Strahlungsenergie auf die Monate April bis September. Die maximalen Tagessummen schwanken zwischen etwa 8 kWh/(m^2 d) im Sommer und 2 kWh/(m^2 d) im Winter. (Kasper et al. 2012)
Solarthermieanlagen zur Einspeisung in Wärmenetze werden in den letzten Jahren verstärkt umgesetzt. Dabei bietet sich sowohl die zentrale als auch die dezentrale Variante an. Zentrale Systeme speisen am Standort eines Hauptwärmeerzeugers oft in einen vorhandenen Wärmespeicher ein. Dazu wird die Wärme von der Solarthermieanlage über ein separates Rohrsystem zu der Heizzentrale geführt. Dezentrale Systeme speisen in der Regel direkt in das primäre Fernwärmenetz ein und nutzen dieses dabei als Speicher (Elci 2018; Schramedei et al. 2019). Die zentrale Einbindung bringt grundsätzlich geringere regelungstechnische und hydraulische Herausforderungen mit sich (Paar et al. 2013).
Durch eine vorhandene Kostendegradation mit zunehmender Anlagengröße und dem organisatorischen und technischen Aufwand zur Integration einer Anlage in ein Wärmenetz, sollte diese aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Mindestgröße von 1 MW_{th} aufweisen, was einer Bruttokollektorfläche von rund 1.400 m² entspricht (Miedaner und Pauschinger 2019). Zur Installation dieser Leistung werden große Flächen benötigt, welche sich möglichst nahe am Standort des Hauptwärmeerzeugers oder entlang der Trassen des Wärmenetzes befinden sollten (Solites 2015).
Der Ausbau von Solarthermieanlagen in Deutschland nimmt seit Jahren nur im Bereich zwischen 2 und 4 % in der Anlagenanzahl zu. Da die Gesamtkollektorfläche im gleichen Zeitraum im geringeren Maße (im Mittel 1 bis 2 %/a) zunahm ist anzunehmen, dass es sich hierbei vor allem um Kleinstanlagen handelt (Bundesverband Solarwirtschaft e.V. 2021). Deutschlandweit liegt die Wärmeerzeugung durch Solarthermie bei 8.611 GWh, aber weit unter 1 % des Wärmebedarfs insgesamt (AGEB 2020; BDEW 2020; BMWi 2021c).
So ist es auch in Bramsche, hier entfällt knapp 1 % des gebäudespezifischen Wärmebedarfs auf die Bereitstellung mittels Solarthermie (Energielenker Beratungs GmbH 2020b).

Technisches Potenzial

Der Landkreis Osnabrück stellt für den gesamten Kreis ein webbasiertes Solarkataster zur Verfügung[5] (Landkreis Osnabrück 2020a). Dies ermöglicht eine erste gebäudescharfe Einschätzung des Solarthermiepotenzials auf Basis von Laserscandaten im Untersuchungsgebiet. Auf Basis von Luftbilddaten und einer Begehung können im Untersuchungsgebiet ca. 15 Solarthermieanlagen ausgemacht werden.
Mit Ausnahme der städtischen Wohngebäude befinden sich die Dachflächen im Untersuchungsgebiet überwiegend in einer Nord-Süd-Ausrichtung. Die so ermittelten 95 Gebäudedachflächen weisen hohe Einstrahlungswerte auf und sind somit grundlegend für eine solarthermische Nutzung gut geeignet, vgl. Abbildung 9.

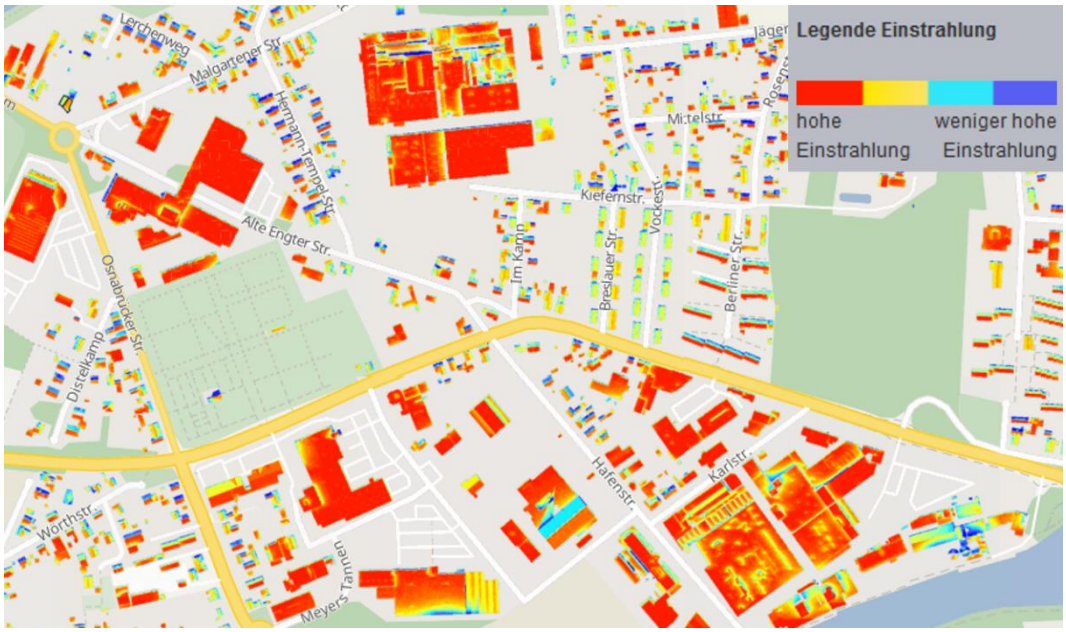


Abbildung 9: Eignung der Dachflächen für eine solarthermische Nutzung.
Quelle: Landkreis Osnabrück 2020a.

Im integrierten Quartierskonzepts wird eine gesamte Dachfläche von ca. 14.200 m² für das Untersuchungsgebiet zu Grunde gelegt. Sie ergibt sich nach Abzug der Flächen, die bereits für die solare Energieerzeugung genutzt werden und einem nicht nutzbaren Flächenanteil von pauschal 30 %. Unter der Annahme einer mittleren Solarthermie-Kollektorfläche von etwa 10 m² je Gebäude (z.B. Mehrfamilienhäuser) wird für die Solarthermie eine theoretisch gewinnbare Wärmemenge von rund 320 MWh/a abgeschätzt. (Energielenker Beratungs GmbH 2020a; Landkreis Osnabrück 2020a)

Bewertung

Aufgrund des fluktuierenden und stark saisonal schwankenden Angebotes kann die Solarthermie nur bedingt für die Wärmeversorgung eingesetzt werden. In der Regel weisen nur effiziente Neubauten wie die Breslauer Höfe die anlagentechnischen Voraussetzungen auf, um neben der Warmwasserbereitung auch solare Heizwärme zu nutzen. Sowohl für die Prozesswärmeversorgung der Industrie als auch potenziell anzuschließende Altbauten kann die Solarthermie aufgrund der benötigten Nutztemperaturen nur eine ergänzende Rolle spielen.

[5] https://www.solardachkataster-lkos.de

3.1.3 Geothermie

Laut VDI 4640 ist die Geothermie definiert als unterhalb der Erdoberfläche gespeicherte Wärme, die zu etwa 30 % aus der Gravitationsenergie der Erdentstehung und zu 70 % aus dem radioaktiven Zerfall von Atomen im Erdinneren herrührt. Hinzu kommt in oberflächennahen Bereichen der Einfluss durch Sonneneinstrahlung und Lufttemperaturen, sodass bis zu einer Tiefe von 10 bis 20 m ein Temperaturjahresgang vorherrscht (VDI 4640-1/2010 2010).

Bei dieser Betrachtung ist grundlegend zwischen einer oberflächennahen Geothermie (bis 400 m Tiefe und 20 °C) und der Tiefengeothermie (ab 400 m Tiefe und 20 °C) zu differenzieren (Stober und Bucher 2020). In Deutschland ist aufgrund von technischen und wirtschaftlichen Limitierungen eine Grenze von maximal 5.000 m Bohrtiefe vorgegeben (Sandrock et al. 2020). Die oberflächennahe Geothermie beschreibt hierbei die Nutzung der gespeicherten Wärme z.B. mittels Erdwärmekollektoren (1 bis 1,5 m Tiefe), Grundwasser-Brunnen (ca. 25 m Tiefe) oder Erdwärmesonden (40 bis 150 m Tiefe). Dem entgegen nutzt die Tiefengeothermie die Wärme von Tiefenwässern oder heißen Gesteinsschichten. (Stober und Bucher 2020)

Je detaillierter Angaben über die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Untergrundes sowie die Art, Mächtigkeit und Verbreitung der Gesteine vorliegen, desto genauer kann im Vorherein die potenzielle spezifische Entzugsleistung bewertet werden. Weiterhin zu beachten sind jeweils relevante Eigenschaften wie Permeabilität, sowie bei oberflächennaher Geothermie Grundwasserstände und Grundwasserfließverhältnisse.

Im Gegensatz zu anderen EE ist die Geothermie in der Regel auch ohne aktive Regeneration teilweise oder vollständig grundlastfähig. Bei korrekter Auslegung der Geothermieanlage ist diese aus thermischer Sicht in der Regel mindestens 50 Jahre durchgehend nutzbar. Erdwärmesonden können aber auch 100 Jahre oder länger problemlos betrieben werden. Offene und wassergebundene Systeme (z.B. hydrothermale Systeme oder Brunnen) sind aus thermischer Sicht ohne bedeutende Temperaturabsenkung zu betreiben und somit noch viel länger nutzbar. (bwp 2018)

Durch ihre Grundlastfähigkeit eignen sich geothermische Systeme sehr gut zur Einbindung in Wärmenetze. Hierbei kann zwischen zentraler und dezentraler Einbindung unterschieden werden; aber auch zwischen direkter und indirekter Einbindung. Die Art der geeigneten Systemeinbindung ist abhängig vom vorliegenden, nutzbaren Temperaturniveau und der erzielbaren sowie der notwenigen Wärmeleistung.

Im Jahr 2020 sind deutschlandweit lediglich 37 Anlagen in Betrieb. Diese liefern insgesamt lediglich 1.410 GWh an tiefengeothermischer Energie zur Wärmeversorgung (26 Heizwerke, fünf Kraftwerke sowie sechs Heizkraftwerke). Die installierte thermische Leistung beläuft sich hierbei auf etwa 350 MW. Im Vergleich hierzu wird die oberflächennahe Erdwärme bereits in einer Vielzahl von Anlagen genutzt. Über 440.000 Anlagen mit ca. 4.400 MW thermischer Leistung werden u.a. in Verbindung mit Wärmepumpen in Deutschland betrieben. (BMWi 2021c; Bundesverband Geothermie e.V. 2021)

<u>Oberflächennahe Geothermie</u>

Technisches Potenzial

Das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie hält für das Bundesland Niedersachsen ein webbasiertes Bodeninformationssystem für eine erste Einschätzung der Potenziale

vor[6] (LBEG). In den nachfolgenden Abbildungen Abbildung 10 und 11 sind die Gegebenheiten des Untersuchungsgebiets Bramsche-Gartenstadt dargestellt.
In Deutschland beträgt die mittlere Wärmestromdichte an der Erdoberfläche etwa 0,065 W/m² (Stober und Bucher 2020). Bei Betrachtung des Untersuchungsgebiets zur Errichtung und zum Betrieb von Erdwärmekollektoren ist das zu untersuchende Gebiet in die Bewertungen ‚gut geeignet' und ‚geeignet' zu unterteilen, vgl. Abbildung 10. Auch bei dieser Art der geothermischen Nutzung müssen die Bestimmungen der Trinkwasserschutzzonen eingehalten werden. (LBEG 2020)
Alle 26 im Gebiet der Stadt Bramsche ermittelten oberflächennahen Geothermieanlagen befinden sich außerhalb des durch KoWa untersuchten Gebietes. Die durchschnittliche Bohrtiefe beträgt hierbei ca. 90 m (Landkreis Osnabrück 2020b).
Detailliert für das Untersuchungsgebiet in der Gartenstadt bewegt sich die Wärmeentzugsleistung an der Erdoberfläche zwischen 20 und über 30 W/m² und ist somit für den Betrieb von Erdkollektoren geeignet.

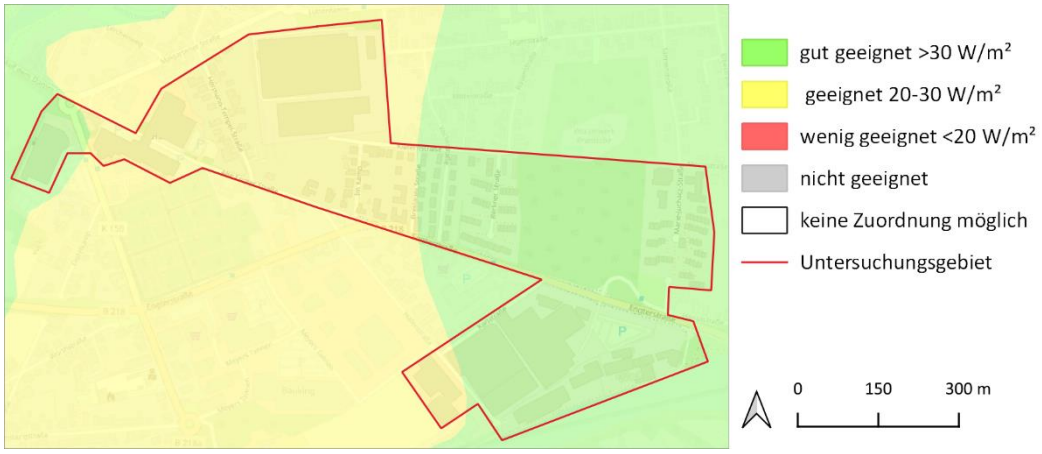


Abbildung 10: Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren in einer Einbautiefe von 1,2 - 1,5 m auf Basis der Wärmeentzugsleistung.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage LBEG 2020, Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Im Hinblick auf die Zulässigkeit des Einbaus und Betriebs von Erdwärmesonden liegen im Untersuchungsgebiet erhöhte Anforderungen an den Schutz des Grundwassers vor, so dass für ein Teil des zu untersuchenden Gebiets (rund um das Wasserwerk) ein Verbot zur Errichtung und zum Betrieb von Erdwärmesonden vorliegt, vgl. Abbildung 11. Zu begründen ist dieses durch das Vorliegen eines Trinkwasserschutzgebiets mit der Schutzzone 1 oder 2.
Im weiteren Gebiet ist nur eine bedingte Zulässigkeit zur Nutzung der Erdwärme gegeben. Somit ist in jedem Einzelfall eine wasserrechtliche Prüfung durch die Untere Wasserbehörde zwingend erforderlich. Begründet wird dieses durch das Vorhandensein von Vorranggebieten für die Trinkwasserversorgung (Schutzzone 3) sowie dem Gefährdungsbereich durch Sulfatgesteinsverbreitung in geringer Tiefe (≤ 200 m). (LBEG 2020)

[6] https://nibis.lbeg.de/cardomap3

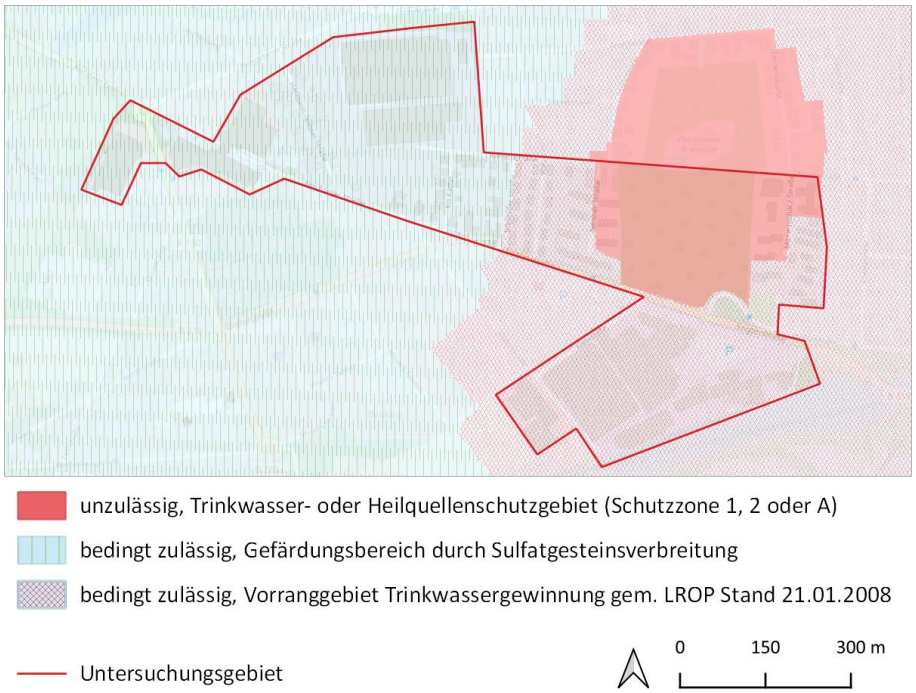


Abbildung 11: Potenzielle Standorteignung für Erdwärmesonden in einer Einbautiefe von bis zu 200 m.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage LBEG 2020, Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Tiefengeothermie

Technisches Potenzial

Da nur wenige geologische Aufschlüsse für den tieferen Untergrund Bramsches vorliegen, können konkretere Aussagen über die regionale Ausbildung potenzieller tiefengeothermischer Nutzung nicht getroffen werden. Das zu betrachtende Gebiet liegt ebenso wie ein Großteil des Osnabrücker Landes in einem ca. 30 km breiten Gebiet zwischen den Untergrundmodellen Nordrhein-Westfalens und Nordwestdeutschlands (NWD). (Agemar et al. 2014)
Mit seiner geologischen Lage am Rande im Norddeutschen Becken (NDB) lassen sich, wenn überhaupt, nur sehr geringmächtige Sedimentschichten erwarten (BGR 2016). Auch beim Blick auf das Temperaturniveau ergibt sich erst ab einer Tiefe zwischen 2.500 und 3.000 m eine Temperatur von rund 100 °C (Agemar et al. 2018). Aus diesen Gründen lässt sich nur wenig tiefengeothermisches Potenzial vermuten.
Die vorrangig im NDB aufzufindenden explorationsrelevanten Sandsteine des Valanginium (Unterkreide) liegen in sehr unterschiedlichen Tiefen zwischen 1.000 und 4.000 m (LBEG 2020). Bekannte Vorkommen im Gebiet von Bramsche sind nicht vorhanden. Möglicherweise sind explorationswürdige Karbonkarbonate, wie sie vorwiegend im angrenzenden NRW lokalisiert werden können, anzutreffen.

Gesamtbewertung

Bei Betrachtung der oberflächennahen Geothermie ist für das gesamte Untersuchungsgebiet ein Betrieb von Erdwärmesonden nur punktuell und nach vorhergehender wasserrechtlicher Einzelfallprüfung in Erwägung zu ziehen (LBEG 2020). Neben eingeschränkt nutzbaren Flächen weisen viele Bestandsgebäude nicht die notwendigen anlagentechnischen Voraussetzungen in Bezug auf die Vorlauftemperaturen im Heizungssystem auf. Gleiches gilt für die Prozesswärme, die fast immer höhere Temperaturen benötigt.

Die Nutzung tiefer Geothermie erfordert aufgrund des hohen Erschließungsaufwandes nach Paar et al. (2013) eine Mindestleistung von 5 MW. Die Nutzung der Potenziale niederthermaler Speicherhorizonte scheint daher nur in Verbindung mit ausreichend großer Wärmeabnahme sinnvoll. Zudem ist aus betriebswirtschaftlichen Gründen eine direkte Wärmenutzung vorteilhaft (Thamling et al. 2020). Die genauen Untergrundeigenschaften am Standort Bramsche können nur durch standortbezogene Explorationsbohrungen aufgezeigt werden, die mit einem hohen Aufwand verbunden sind. Aufgrund der vorhandenen Datengrundlage ist hierbei aber mit keinem hohen Potenzial zu rechnen.

3.1.4 Umweltwärme

In den nachfolgenden Erläuterungen zur Umweltwärme wird zwischen Kanalwasserwärme und Abwärme aus Abwasser unterschieden.

<u>Kanalwasserwärme</u>

Die große Nähe zum Mittellandkanal legt eine mögliche Aktivierung des darin gespeicherten Energiepotenzials nahe. Vergleichbare Nutzungen von Oberflächengewässern sind in Deutschland selten und bedürfen besonders der ökologischen Auswirkungen wegen einer genaueren Prüfung (Gaudard et al. 2017). Da der Kanal keine relevante Strömung aufweist, ist die Betrachtung einer thermischen Nutzung eher mit der eines Sees vergleichbar. Im Gegensatz zur Grundwassernutzung oder auch großen Seen weist ein Kanal aufgrund seiner geringen Tiefe und Form deutlich höhere Temperaturschwankungen im Jahr und niedrigere Wassertemperaturen im Winter auf. Es ist auch festzustellen, dass unter 5 °C die Effizienz geeigneter Wärmepumpen, die bei einer Nutzung zum Einsatz kommen würden, sehr eingeschränkt ist. (Dott et al. 2018; Gaudard et al. 2017)

Vergleichbare Bewertungen für den Landwehrkanal in Berlin zeigen, dass um frühzeitige Vereisungen des Gewässers zu verhindern ab 8 °C Wassertemperatur keine umfängliche Nutzung mehr genehmigungsfähig wäre. Damit ist der Kanal als Wärmequelle in den Wintermonaten nur sehr eingeschränkt nutzbar. (Dunkelberg et al. 2020a)

Die Befahrung der Wasserstraße erschwert eine Nutzung durch großflächig einzubringende Wärmeübertrager oder andere Einbauten. Aus diesem Grund käme vermutlich nur eine Entnahme und Rückführung des Kanalwassers in Betracht. Diese ist wiederum mit umfangreichen Genehmigungsverfahren verbunden.

Technisches Potenzial

Veröffentlichungen zu dem Thema sind selten und in der Regel sehr spezifisch vom Gewässer abhängig. Gaudard et al. (2017) betrachtet eine Temperaturabsenkung von Oberflächenwasser je nach Gewässerart zwischen 0,5 bis 1,5 K bei ruhenden und bis maximal 3 K in Fließgewässern.

Eine effiziente Nutzung dieser Niedertemperaturquelle setzt eine Wärmesenke mit ebenfalls möglichst niedriger Nutztemperatur und entsprechend angepasster technischer Ausstattung voraus. Nur in dieser Konstellation könnten Wärmepumpen unter weiteren Voraussetzungen überhaupt wirtschaftlich und noch ökologisch sinnvoll arbeiten. Aus diesem Grund bietet sich eine Nutzung zur Prozess- oder Heizwärmeversorgung bestehender Altbausiedlungen im Untersuchungsgebiet (benötigte Heiztemperatur > 70 °C) mittels eines Wärmenetzes aus energetischer Sicht nicht an. Erst eine energetische Sanierung der zu versorgenden Gebäude würde die Voraussetzungen deutlich verbessern.

Alternativ könnten auch Kühlwasser, welche in den Kanal zurückgeführt werden, in die Betrachtung miteinbezogen werden. Diese Möglichkeit könnte z.B. bei Kühlwasser, welches zur Abfuhr der Prozessabwärme der Leiber GmbH genutzt wird, bestehen.

Breslauer Höfe

Allenfalls eine Versorgung des Neubaugebietes Breslauer Höfe mit einer Entfernung von knapp 800 m vom Kanal würde eine sinnvolle Option darstellen. An dieser Stelle soll daher eine überschlägige Berechnung der benötigten Wassermenge zur Versorgung dieses Neubaukomplexes genügen, um das Potenzial und die Größenordnung der Kanalwasserwärme abzuschätzen.
Für die Breslauer Höfe sind insgesamt 194 MWh/a Wärmebedarf bei typischen 1.500 Vollbenutzungsstunden zu erwarten (Krampe 2021). Auf Grundlage der geringen Wärmedichte, Erfahrungswerten und interner Diskussionen werden die Netz- und Verteilverluste auf ein ganzjähriges Mittel von 20 % angesetzt. So müssten im Jahr knapp 233 MWh/a Wärme bei bis im Mittel 160 kW thermischer Leistung einer Wärmepumpe zur Verfügung gestellt werden. Als erreichbare Jahresarbeitszahlen (JAZ) wird in Untersuchungen zur Seewassernutzung ein typischer Wert von bis zu 4 angesetzt (Kammer 2018). Unter diesen Voraussetzungen sind etwa 175 MWh Niedertemperaturwärme im Jahr dem Kanal zu entziehen (inkl. Verteilverluste Wärmenetz). Bei maximal angesetzten 1,5 K Abkühlung bedeutet dieses ein Wasservolumen von ca. 100.500 m³ Kanalwasser. Eine Länge von knapp 420 m (angesetzte Tiefe 4 m, Breite 50 m) müsste somit im Jahr um 1,5 K abgekühlt werden. In Bezug auf die typische Anzahl an Vollaststunden (Bezug Gebäudeheizung Neubau) von 1.500 h/a sind dies im Schnitt etwa 66 m³/h. Eingeschränkt wäre dies noch um die Zeit, in der der Kanal unter 8 °C abgekühlt werden würde, siehe oben.

Bewertung

Die Nutzung der Umweltwärme des Mittellandkanals ist nach Einschätzung des KoWa-Teams vergleichbar mit der Nutzung von oberflächennaher Geothermie und Solarthermie. Im Bereich Gebäudeneubau bietet sich eine solche Anwendung aufgrund der möglichen Systemtemperaturen und Konfigurationen grundsätzlich eher an. Es stellen sich damit weitere Fragen zur Ökologie, Flächenverfügbarkeit und Umsetzbarkeit, so dass zu erwartende Genehmigungsverfahren und vermutlich hohe Gesamtkosten die Nutzungsoption hier nicht nahelegen. Für das Untersuchungsgebiet werden diese Potenziale auch aufgrund der guten Verfügbarkeit von hochkalorischer Abwärme nicht priorisiert.

<u>Abwasserwärme</u>

Wärme aus Abwasser ist in urbanen Quartieren aufgrund des relativ konstanten und ganzjährig hohen Temperaturniveaus der Wärmequelle grundsätzlich sehr gut zur Bereitstellung von Raumwärme zu nutzen. Das Abwasser verlässt die Gebäude in der Regel ganzjährig mit Temperaturen über 25 °C. Das Temperaturgefälle zwischen Abwasser und Umgebung ist dabei ein entscheidender Einflussfaktor für die sich einstellende Temperatur. Die Kanäle und Druckrohrleitungen befinden sich normalerwiese im Untergrund, so dass der Verlauf dieses Temperaturganges gegenüber der Außenlufttemperatur träge und in seiner Ausprägung moderater ist. Während der Heizperiode variieren die Temperaturen im Abwasserkanal in der Regel zwischen 10 und 15 °C (DWA 2020).
Bei Integration eines Wärmetauschers in den Abwasserkanal sollte aus ökonomischer Sicht zur Nutzung der Abwasserwärme eine mittlere Trockenwetterabflussmenge von mindestens 10 bis 15 l/s vorliegen (Bothmer 2019; Müller et al. 2009). Der Kanaldurchmesser sollte mindestens 400 mm betragen (Bothmer 2019), andere Quellen sprechen sogar von mindestens 800 mm (Buri und Kobel 2014; Müller et al. 2009).

Technisches Potenzial

Wie auch bei der Betrachtung von Kanalwasserabwärme ist auch hier eine effiziente Nutzung vor allem bei Niedertemperaturwärmesenken möglich. Nur in dieser Konstellation können Wärmepumpen wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll arbeiten, vgl. oberer Abschnitt. Eine Heizwärmeversorgung in bestehenden Altbausiedlungen mit Vorlauftemperaturen größer 80 °C ist aus energetischer Sicht möglich, aber zunehmend ineffizient.

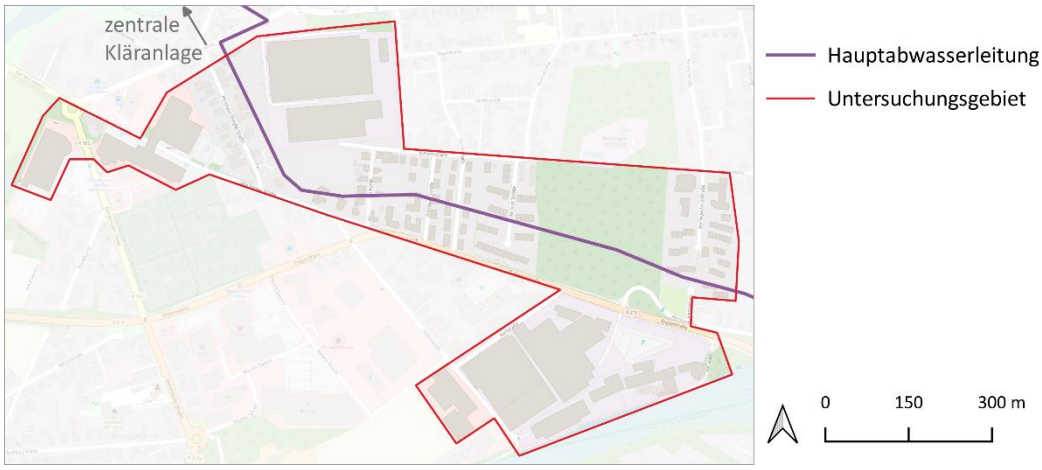


Abbildung 12: Verlauf der Hauptabwasserleitung Im Untersuchungsgebiet.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Landkreis Osnabrück 2021b, Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Breslauer Höfe

Eine der Hauptabwasserleitungen in Bramsche verläuft von Ost nach West direkt unterhalb der Breslauer Höfe durch das Untersuchungsgebiet und endet an der zentralen Kläranlage, vgl. Abbildung 12 (Landkreis Osnabrück 2021b). An dieser Stelle soll daher eine überschlägige Berechnung der benötigten Wassermenge zur Versorgung dieses Neubaukomplexes genügen, um das Potenzial und die Größenordnung der Abwasserwärme abzuschätzen.
Vergleichbar mit der Umweltwärme aus dem Mittellandkanal müssten für den Wärmebedarf von 233 MWh/a mittels einer Wärmepumpe etwa 181 MWh/a dem Abwasser entzogen werden (inkl. Verteilverluste Wärmenetz). Als erreichbare JAZ kann dazu nach Literatur ein typischer Wert von bis zu 4,5 bei einer Abkühlung um 4 K angesetzt werden. Für diese Wärmemenge müssten ca. 156.000 m³ Abwasser abgekühlt werden. Umgerechnet auf die 1.500 Vollbenutzungsstunden (Bezug Gebäudeheizung Neubau) ergibt dieses ein Mittel von knapp 30 l/s. Eine weitere Reduktion der Entnahmemenge um 6,3 % ist in der Regel durch Unterschreiten der Mindestdurchflussmenge von 15 l/s und durch Starkregenereignisse um 26 % zu erwarten (Fritz und Pehnt 2018).

Bewertung

Generell ist das nutzbare Potenzial der Abwasserwärme schwer zu beziffern. Besonders für die Bereiche technische Umsetzbarkeit bzw. Machbarkeit und resultierende Kosten sind detailliertere Untersuchungen nötig. Nur so sind spezifische Aussagen zu treffen. Ähnlich wie bei der Umweltwärme aus dem Kanalwasser und der Geothermie wird aus Sicht des KoWa-Teams auch die Wärme aus Abwasser bewertet. Das umrissene Potenzial könnte lohnend sein, aber solange einfacher zu erschießende Abwärmepotenziale auf hohem Temperaturniveau (Nutzung ohne Wärmepumpe) vorhanden sind, wird diesen der Vorzug gegeben.

3.1.5 Industrielle Abwärme

Wie prinzipiell, kann auch in der industriellen Produktion[7] die bereitgestellte Primärenergie nicht verlustfrei in Nutzenergie umgewandelt und diese wiederum nicht verlustfrei zur Herstellung von Produkten eingesetzt werden. Aus diesen Umwandlungsverlusten resultiert Abwärme auf unterschiedlichsten Temperaturniveaus. Häufig enthalten verfahrenstechnische Abfallprodukte noch große Wärmemengen, die im Anschluss in die Umgebung entweichen. Darüber hinaus muss aus vielen industriellen Prozessen zwingend Wärme abgeführt werden (= Kühlung). Teilweise kann diese Wärme direkt an die Umgebung abgegeben werden, bei kälteren Quellen muss die Wärme durch technische Anlagen zunächst auf ein Temperaturniveau oberhalb der Umgebung angehoben werden. (LANUV 2019). Gegenwärtig wird der weitaus größte Teil der Abwärme noch ungenutzt z.B. in Form von heißen Abgasen oder Kühlwasser in die Umgebung abgegeben (Blömer et al. 2019). Aus Gründen der Effizienz und des Klimaschutzes sollte die Abwärme vermieden und/oder reduziert werden. In Fällen, in denen dieses nicht möglich ist, wird von sogenannter unvermeidbarer Abwärme gesprochen. In einer weitergehenden Nutzungskaskade sollten die Energieströme prioritär unternehmensintern in geeigneten Produktionsprozessen zurückgeführt, an benachbarte Unternehmen abgegeben oder in angrenzende, kommunale Wärmenetze eingebunden werden (saena 2016). Grob gegliedert fallen Potenziale u.a. in folgenden konkreten Prozesse/ Anlagen an (dena 2015):

100 - 1000 °C	In Abgasen aus Verbrennungs- und Wärmeprozessen
100 - 150 °C	In Wasserdampf aus Dampferzeugungssystemen
40 - 90 °C	Bei Prozessanlagen, Trocknungsanlagen, Drucklufterzeugungsanlagen, in warmem Abwasser und Kühlwasser
20 - 40 °C	Bei Kälteanlagen und raumlufttechnischen Anlagen

In Deutschland wurden 2019 mindestens 1,4 TWh/a Abwärme aus industriellen Quellen in bestehende Wärmenetze eingespeist (AGFW 2019). Vom Gesamtendenergieverbrauch Wärme entspricht dieses ca. 0,5 % (BDEW 2020).

Technisches Potenzial

Für den gesamten Osnabrücker Landkreis wurde auf Basis statistischer Daten ein theoretisches Abwärmepotenzial der Industrie in Höhe von ca. 580 GWh ermittelt (Waldhoff und Reckzügel 2014).
Wie Kapitel 2.3.3 zu entnehmen, befinden sich im Untersuchungsgebiet vier große Industrieunternehmen mit hohem Energiebedarf und potenziellen Abwärmequellen. Separiert und differenziert nach diesen einzelnen Unternehmen sind nachfolgend die analysierten Potenziale beschrieben und charakterisiert. All diese beschriebenen Potenziale sind auf Grundlage der dahinterstehenden Prozesse als unvermeidbar zu deklarieren und somit auch mittelfristig als gesicherte Potenziale innerhalb der Unternehmen zu bezeichnen. Weitere Effizienzmaßnahmen, Reduktionsmöglichkeiten und eine wirtschaftliche betriebsinterne oder schon erfolgte externe Nutzung der Abwärme wurden quellenspezifisch bereits im Vorfeld durch das KoWa-Team bewertet und berücksichtigt.

[7] Als Industrie werden in diesem Rahmen alle Unternehmen bezeichnet, die Roh- oder Grundstoffen einer mechanischen, physikalischen oder chemischen Umwandlung unterziehen. Standardmäßig entfallen hierunter Betriebe die nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008) in den Abschnitt C, Abteilungen 10 bis 33 einzugruppieren sind. (Destatis 2008).

Diese so ermittelten Potenziale können die Nutzung der industriellen Abwärme zu einem Schwerpunkt der kommunalen Wärmeversorgung für Bramsche im Untersuchungsgebiet Gartenstadt machen. Aktuell existiert hier bislang noch keine externe Nutzung von industrieller Abwärme.

Essex Furukawa Magnet Wire Germany GmbH

Die Datenaufnahme des Betriebes innerhalb des KoWa-Projektes konnte bereits in Teilen erfolgen. Wie bei allen anderen Unternehmen wurden die Daten auf Konsistenz geprüft und mit den Verantwortlichen erörtert. Da allerdings die Priorität im Projekt vorerst auf näherliegenden Potenzialen lag, steht eine weitere Bearbeitung der Potenzialdaten noch aus. Grundsätzlich werden hier Abwärmepotenziale im Bereich der Trocknung und der Prozesskühlung gesehen.

Lacroix + Kress GmbH

Durch die hohen Schmelztemperaturen und die große Anschlussleistung stellt das Tauchwalzwerk theoretisch eine Abwärmequelle mit hohem, nutzbaren Potenzial dar. Nachteilig wirkt sich allerdings die schwierige Auskopplung aus dem Betrieb und die zu erwartenden starken Rückkopplungen auf den Prozess und die Produktqualität aus. Weiterhin sind nutzbare Abwärmemengen noch in den diversen Kühlvorgängen der Produktion zu finden. Die Analyse erfolgt aufgrund der sensiblen Daten intern und wurde bereits begonnen.

Leiber GmbH

Die Energieerzeugung durch BHKW und Dampfkessel könnte bei einer Restnutzung der Rauchgase sowie der Wasser- und Dampfströme noch nutzbare Potenziale enthalten. Auch bergen diverse Trocknungs- und Destillationsprozesse Abwärme auf verschiedenen Temperaturniveaus ebenso wie die diversen Kühlungsprozesse. Gemeinsam mit den Verantwortlichen wurde in KoWa bereits mit der Sichtung und Analyse der Daten begonnen, um weitere Grundlagen für weitreichende Versorgungskonzepte zusammenzustellen. Auch diese Daten werden nicht im Detail veröffentlicht.

Tapetenfabrik Gebr. Rasch GmbH & Co. KG

Die größten und ohne weiteren relevanten Einfluss auf die Produktqualität nutzbare Abwärmequellen im Projektgebiet sind die TNV-Anlagen für die Reinigung der Abluft der Druckmaschinen. Die Rauchgase des Erdgaskessels besitzen noch eine nutzbare Restwärme, während die Kühlwasserkreisläufe und die Kälteanlagen aufgrund der niedrigen Temperaturen nur schwer nutzbar sind. Die Drucklufterzeuger könnten u.U. bei entsprechender Ausrüstung ebenfalls ein nutzbares Potenzial bereitstellen.

Aufgrund der guten Datenlage und der besonderen Eignung als nutzbare Abwärmequelle für ein kommunales Wärmenetz, wurde die Analyse des Potenzials der TNVs deutlich detaillierter angesetzt, um weitere konkrete Aussagen treffen zu können. Die differenzierte Datenaufnahme (prozessbezogene Energieströme) und Analyse wurden vom Projektpartner EES durchgeführt und umfasst alle relevanten Anlagen und Prozesse. Durch eine Gesamtbilanzierung konnte die Plausibilität der Daten bestätigt werden. Weiterhin wurden die Prozesse in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen auf kurz- und mittelfristige Effizienzpotenziale geprüft, so dass ausschließlich Wärme als Abwärme beziffert werden konnte, die nicht mehr intern zu verwenden ist.

Die beiden großen Abwärmequellen (Drucklufterzeugung und TNV) können übers Jahr als dauerhaft und quasi konstant angesetzt werden und sind als vorrangig zu erschließende

Wärmequellen zu betrachten. Die Potenziale wurden berechnet und werden intern bewertet. Auch eine externe Nutzung als Prozesswärme wäre theoretisch möglich, da für viele industrielle Prozesse ein ausreichendes Temperaturniveau erreicht werden kann.

Bewertung Potenziale

Die Analysen der Einzelunternehmen zeigen, dass im Untersuchungsgebiet zum Teil sehr große, bisher nicht genutzte, Potenziale an unvermeidbarer industrieller Abwärme vorhanden sind. Da sich Menge, Leistungsbereich und Temperatur der Energieströme bei den untersuchten Betrieben häufig auf direkt nutzbarem Niveau befinden und auch kontinuierlich ganzjährig zur Verfügung stehen, stellen diese Potenziale eine sehr attraktive Möglichkeit einer technisch und wirtschaftlich tragbaren Wärmeversorgung des Untersuchungsgebietes dar. Aus nachfolgend nochmals zusammengefassten Gründen eigenen sich die Potenziale der Tapetenfabrik Rasch besonders, um diese einer externen Wärmenutzung zuzuführen. Zu diesen Gründen zahlt insbesondere die ausreichende Menge an Abwärme aus TNV und Drucklufterzeugung. Das vergleichsweise hohe Temperaturniveau, die Verfügbarkeit und eine gewisse Unabhängigkeit vom eigentlichen Produktionsprozess sind weitere Argumente, die dafürsprechen, an dieser Stelle weitere Betrachtungen anzusetzen.

Breslauer Höfe: Solarthermie und Geothermie

Neben der Nutzung der hohen lokalen Potenziale an industrieller Abwärme soll an dieser Stelle ein auf Erneuerbare Energien basiertes Versorgungsszenario umrissen werden. Als Teil des KoWa-Teams hat dazu das Steinbeis Forschungsinstitut Solites ein grobes Konzept erstellt, welches wiederum exemplarisch für die Breslauer Höfe ein System aus Nutzung von Solarthermie und oberflächennaher Geothermie nutzt, um die Neubauten ganzjährig mit Heizenergie (inkl. Warmwasserbereitung) zu versorgen[8]. Eine ausführliche Darstellung der getroffenen Randbedingungen und Ergebnisse der Variantenbetrachtung findet sich in Anhang B.

Um den Wärmebedarf von ca. 232 MWh/a zu decken, wurden solarthermische Anlagen von 400 bis 500 m² Bruttokollektorfläche (Hochleistungsflachkollektoren, Kollektorneigung 35° und Südausrichtung) mit Wärmespeichern (700 bis 950 m³) kombiniert und unter der Berücksichtigung einer typischen Heizlastkurve mit dem Tool ScenoCalc Fernwärme (SFW) simuliert. Besonders zur Sicherung der Versorgung der winterlichen Heizlasten wurde ein Erdwärmesondenfeld (11 bis 38 Erdwärmesonden a 197 m) mit Wärmepumpe (COP 2,1 bis 5,6) im Simulationssystem Earth Energy Designer (EED) abgebildet Blomber et al. (2021): Earth Energy Designer EED..

Die Ergebnisse zeigen, dass die getroffenen Anlagenkonfigurationen auf dem Gelände durchaus realisierbar sind. In drei Varianten wurden verschiedenen Konfigurationen bewertet, die bezogen auf den jährlichen Wärmebedarf zu einer solaren Deckung von ca. 60% und einem geothermischen Anteil von etwa 31-38% führen. Für eine Spitzenlastabdeckung mit Strom oder Biomasse verbleibt so nur ein Bedarf von 1,9 bis 2,4% des jährlichen Wärmebedarfs.

Auf Basis der grundsätzlich machbaren Anlagenkonfigurationen und Einschätzung der derzeitig möglichen Investitionsförderungen, wie z.B. 45% für die Kollektoranlage und 30% für den Wärmespeicher, kann für die Solarthermieanlage von Kosten von 18-30 ct/kWh ausgegangen werden. Da nicht nur die zugrundeliegenden Annahmen zur Ermittlung des Versorgungsszenarios, sondern auch die Annahmen einer Wirtschaftlichkeitsberechnung großen Einfluss auf die Wärmegestehungskosten haben, und zudem

[8] Autoren des Abschnitts: Michael Klöck, Sabine Ott, Tim Theophil (Solites)

keine Sensitivitätsanalyse durchgeführt wurde, können diese Angaben nur als grobe Richtwerte dienen. Für die oberflächennahe Geothermie und insbesondere für die Sondenanlage konnten die Kosten bislang im Rahmen des Projektes nicht ausreichend ermittelt werden.

Bewertung

Die Wärmegestehungskosten für die Solarthermieanlage erscheinen im Vergleich zu typischen Kosten für eine Versorgung durch Nutzung industrieller Abwärme in einem Wärmenetz mit 3-6 ct/kWh nach (dena 2019) sehr hoch. Kostentreiber einer solchen Anlage ist der im Verhältnis zur Kollektorfläche sehr große Wärmespeicher. Tendenziell sind auch Kollektoren, die auf dem Dach installiert werden, häufig teurer als bodengeständerte Kollektoren. Mögliche Kostenreduzierung wäre durch eine Freiflächenanlage in der Nähe und die Optimierung des Konzepts hinsichtlich des Wärmespeichers (multifunktionale Nutzung oder kleineres System in Verbindung mit größerem geothermischen Deckungsanteil) denkbar. Allerdings ist zu vermuten, dass ein größeres Erdwärmesondenfeld hier keine signifikanten Kostenersparnisse bringen kann. Die Einschätzung erfolgt also dahin, dass eine rein erneuerbare Wärmeversorgung für die Breslauer Höfe technisch möglich wäre, aber die günstige Lage und das große Potenzial an gut erschließbarer, industrieller Abwärme spricht technisch und wirtschaftlich eindeutig für diese Option.

3.2 Externe Energiepotenziale

Zu den externen Potenzialen zählen für urbane Quartiere im Sinne von Dunkelberg et al. (2020b) folgende:

- Fossile Brennstoffe
- Biomasse
- Power-to-Heat

3.2.1 Fossile Brennstoffe

Technisches Potenzial

Vor dem Hintergrund einer politisch gewollten Abkehr von den Energieträgern Uran (Ende 2022), Heizöl (Ende 2026[9]) und Kohle (Ende 2038[10]) erscheint auch Erdgas als Energieträger trotz vergleichsweise günstigerer Treibhausgasbilanz nicht als langfristige Alternative in der deutschen Wärmeversorgung (§ 7 Abs. 1a AtG; § 72 Abs. 4 GEG; § 2 Abs. 2 Kohleausstiegsgesetz). Kurz- bis mittelfristig wird aber noch die Verfügbarkeit und der Preis von Erdgas (samt Abgabe nach § 10 Abs. 2) BEHG als Maß für die Rentabilität der Wärmeversorgung besonders in Bereich der Prozesswärme wichtig sein. Andererseits sind energietechnische Anlagen unabhängig vom Energieträger in der Regel mit einer rechnerischen Lebensdauer von mindestens 20 Jahren im Betrieb und verhindern innerhalb dieses Zeitraums weitere Investitionen und Umstellungen auf alternative Energiesysteme (VDI 2067-1/2012 2012).
Summiert wird aktuell ein Anteil von 65 % des gebäudespezifischen Wärmebedarfs in Bramsche über Erdgas sowie ein Anteil von 18 % über Heizöl bereitgestellt (Energielenker Beratungs GmbH 2020b).

[9] Ein Verbot von Neuinstallationen soll lediglich für Kessel gelten, welche mit Heizöl oder festen fossilen Brennstoffen beschickt werden. Weiterhin erlaubt sind Hybridlösungen in Kombination mit EE und weitere Ausnahmen, vgl. § 72 Abs. 4 GEG.

[10] Stand Mitte 2021

Bewertung

Erdgas weist grundsätzlich das Potenzial zu einer Vollversorgung der Verbraucher im Untersuchungsgebiet auf, bringt aber als fossiler Energieträger bei der energetischen Nutzung im Vergleich zu erneuerbaren Energieträgern höhere THGE mit sich, vgl. (Methodenbericht; Gapp-Schmeling et al. 2021). Ein detaillierter, auf die Konzepte bezogener Vergleich erfolgt in Kapitel 6. Es ist damit vor allem als kurzfristige Brückentechnologie auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu sehen und derzeit als ein auf absehbare Zeit gesicherter Energieträger noch unverzichtbar. Dieser Aspekt gilt auch unter Beachtung einer zunehmenden Beimischung grüner oder blauer Gase, wie Bio-Methan, Wasserstoff aus Elektrolyse oder synthetischem Methan. Der Einsatz dieser Gase sollte aus heutiger Sicht aufgrund ihrer geringen Primärenergieeffizienz und ihrer hohen Kosten vorerst auf einige wenige Schlüsselfunktionen in der Wärmewende wie u.a. die industriellen Hochtemperaturanwendungen begrenzt bleiben. Laut Frontier Economics (2018) lassen sich prognostizierte Kosten für synthetisches Methan trotz technologischer Fortschritte und Skaleneffekte in 2030 noch in einem Bereich zwischen 13 und 18 ct/kWh begründen. Aktuelle Studien weisen vermehrt darauf hin, dass der Einsatz von Bio-Methan oder synthetischen Brennstoffen nicht in der breiten Anwendung zur Wärmeversorgung im Gebäudebereich liegen. So können nach Hüttenrauch et al. (2017) in das deutsche Erdgasnetz bis zu fünf Volumenprozent Wasserstoff eingespeist werden. Bei langfristigen Anpassungen ist eine Erhöhung auf 15 % möglich. Ohne Anpassung der Infrastruktur ist wiederum die Integration von synthetischem Methan möglich. Nachteilig stellt sich hierbei aber die Erhöhung der Energieaufwände im Gesamtprozess dar. (Fehrenbach et al. 2018; Klepper und Thrän 2019)
Folglich sollten in allen heutigen Planungen unter Berücksichtigung der Nutzungsdauer von Verbrennungssystemen zur Wärmeversorgung der fossile Erdgasanteil zugunsten der Anteile aus EE oder industrieller Abwärme möglichst geringgehalten und ausschließlich als zusätzliche Komponente zur Sicherstellung einer kontinuierlichen Energieversorgung eingesetzt werden.

3.2.2 Biomasse

Wie schon in Kapitel 3.1.1 dargestellt stagniert der Anteil an Biomasse seit einem Jahrzehnt bei ca. 12 % des Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte in Deutschland (BMWi 2021c). Hoher Flächenbedarf zum Anbau von Energiepflanzen und anfallende Kosten z.B. für Aufbereitung und Transport beschränken den Ausbau. Da hohe Verbrennungstemperaturen und flexible Lastanforderungen durch Biomasseanlagen erreicht werden können, ist eine gute Anschlussfähigkeit an bestehende Heizsysteme im Bereich von Wohngebäuden mit Einzelanlagen oder auch Fernheizsystemen gegeben. Dieses ist ein großer Vorteil bei der Substitution fossiler Energieträger in klassischen Heizsystemen und kann in Einzelfällen zu einem sinnvollen Einsatz als Schlüsseltechnologie führen.

Technisches Potenzial

Die technische Einbindung ist seitens der Biomasse ein in der Regel gut lösbare Aufgabe, die grundsätzlich Vorteile mit sich bringt. Biomasse stellt in der Regel einen einfach und verlustarm speicherbaren Energieträger dar. Allerdings ist der nachhaltige Anbau der beschränkende Aspekt für den Ausbau der Versorgung mittels Biomasse. Daneben sind vor allem Nutzungskonkurrenzen bei der Verwendung von Biomasse zur Energieerzeugung von großer Bedeutung. Jede Biomasse, welche in der Energieerzeugung Verwendung findet, steht den weiteren Nutzungsformen der direkten stofflichen Nutzung sowie als Nahrungs- und Futtermittel nicht mehr zur Verfügung. Ebenfalls werden Probleme in den Bereichen der Ökosysteme im großflächigen Anbau, der Feinstaubbelastung bei der Verbrennung und weiteres gesehen (Klepper und Thrän 2019; Thrän et al. 2015).

Aktuell werden in Summe 8 % des gebäudespezifischen Wärmebedarfs in Bramsche über Biomasse und -gas bereitgestellt. Eine detaillierte Unterteilung zwischen interner und externer Erzeugung ist nicht möglich. (Energielenker Beratungs GmbH 2020b)

Holzheizung Breslauer Höfe

Am Beispiel der Nutzung von Pappelholz als schnellwachsende Energiepflanze im Bereich der Anbaubiomasse (Kurzumtriebsplantage (KUP)) wird abgeschätzt, welcher Flächenbedarf für den Anbau dieser holzartigen Biomasse entstehen würde. Bei exemplarischer Betrachtung der Breslauer Höfe mit einer benötigten Wärmemenge von ca. 233 MWh/a (inkl. thermischer Verteilungsverluste im Wärmenetz) ergibt sich bei einer jährlichen Flächeneffizienz der Plantagen von ca. 4 $kWh_{th}/(m^2\ a)$ laut Kaltschmitt et al. (2016) eine Anbaufläche von rund 5,8 ha oder 58.000 m². Bei einem Energieertrag von 41,7 MWh/(ha a) bzw. 10 t/(ha a) ergibt sich hieraus ein Transportvolumen zur Versorgung der Breslauer Höfe in Höhe von ca. 58 t/a. Durch das saisonale Bedarfsprofil fällt hiervon ein Großteil im Winterhalbjahr an. (Klepper und Thrän 2019)

Bewertung

Von den in Deutschland zurzeit genutzten 275 TWh aus Biomasse werden nur 150 TWh aus Rest und Abfallstoffen gewonnen (AGEB 2020; Klepper und Thrän 2019). Eine Mehrfachnutzung im Kaskadenprinzip erscheint hier ebenfalls sinnvoll, um Biomasse sowohl stofflich als auch energetisch effizient zu nutzen. Nach der Metastudie ‚BioRest' des Umweltbundesamtes wird bis zum Jahr 2050 mit ca. 240 bis 260 TWh Primärenergie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen gerechnet. Hiermit wird bestätigt, dass eine Steigerung des Biomasseeinsatzes keine globale, nachhaltige Strategie sein kann (Fehrenbach et al. 2018).

3.2.3 Power-to-Heat, Strom aus Windkraft- und Solaranlagen

Die Bereitstellung von Wärme aus Strom erfolgt mittels sogenannter Power-to-Heat (PtH)-Anlagen. Hierbei ist eine Umwandlung nur dann als energetisch sinnvoll zu betrachten, wenn der hochexergetische Energieträger Strom aus erneuerbaren Quellen nicht anderweitig im Stromnetz verteilt bzw. genutzt werden kann und folglich kein fossil erzeugter Strom zu ersetzen ist.

Da die immer weiter ausgebauten fluktuierenden EE-Potenziale den regionalen Bedarf zeitweise überschreiten und daher über große Strecken in die Bedarfsregionen transportiert werden müssen, befindet sich das deutsche Stromnetz fortlaufend im Ausbau, um in Zukunft den erzeugten Strom mit ausreichenden Kapazitäten verteilen zu können. Mittelfristig wird regenerativ erzeugter Strom für PtH bei einer bedarfsgerechten Fortführung des Stromnetzausbaus nur in Einzelfällen zur Verfügung stehen. Selbst bei maximalem Ausbau der regionalen Kapazitäten an Photovoltaik- und Windstrom bietet sich diese Lösung nicht an.

Im Stadtgebiet Bramsche sind keine Windkraftanlagen oder entsprechende Vorranggebiete vorhanden. Der Ausbau der Vorranggebiete in den Außenbezirken des Stadtgebiets verläuft langsam und ist geografisch sehr begrenzt, vgl. Abbildung 13. Die Nettoleistung der aktuell in Betrieb befindlichen 37 Windkraftanlagen beläuft sich auf 108 MW (BNetzA 2021).

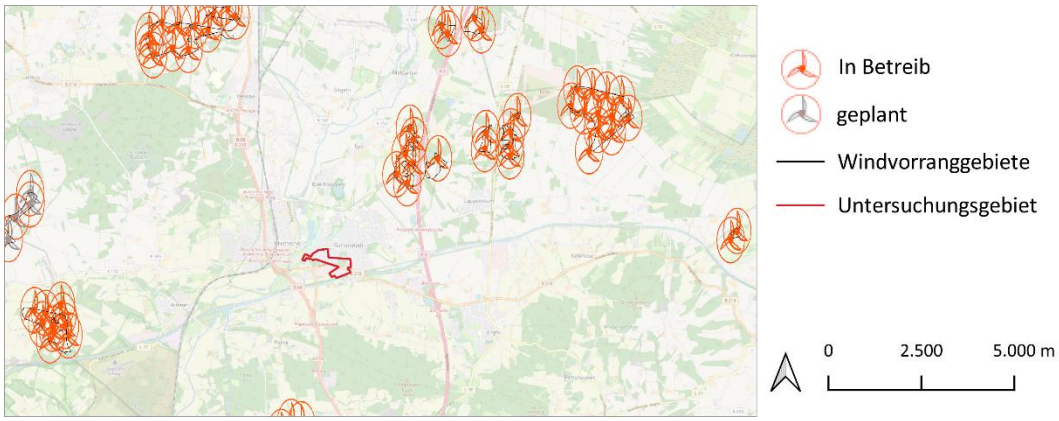


Abbildung 13: Windenergieanlagen und Vorranggebiete Wind im Umkreis der Stadt Bramsche.
Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage ML NI 2020, Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

Die im Betrieb befindlichen 926 PV-Anlagen in Bramsche besitzen eine Netto-Leistung 18,7 MW. Eine geografische Verortung dieser Anlagen ist vielfach nicht möglich. Auf Basis von Luftbilddaten und Begehungen können aber im Untersuchungsgebiet ca. 10 PV-Anlagen ausgemacht werden. (BNetzA 2021)
Das Potenzial im Untersuchungsgebiet kann ebenfalls anhand des Solardachkatasters abgeschätzt werden und ist auch im Quartierskonzept betrachtet worden. Im Ansatz wird davon ausgegangen, dass abzüglich der potenziellen Solarthermieflächen noch ca. 13.000 m² für Photovoltaik zur Verfügung stehen. Überschlägig ergibt sich daraus ein Potenzial von ca. 800.000 kWh/a bei einer für die Fläche angesetzten Leistung von 900 kW (Energielenker Beratungs GmbH 2020a).

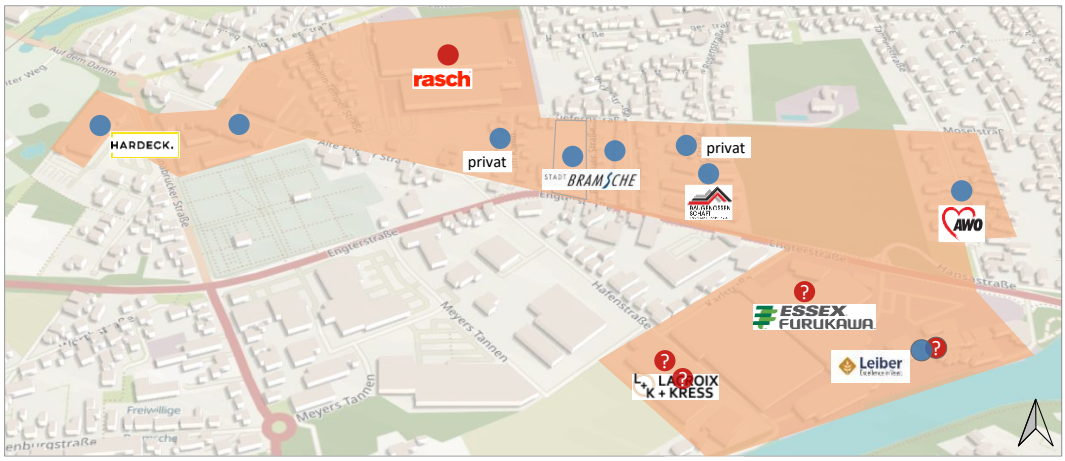
Bewertung

Aufgrund geringer Überschusspotenziale aus EE und einer vermehrten Nutzungskonkurrenz zur Bereitstellung von synthetischen Gasen, Batterieladungen (E-Mobilität) und industriellen Hochtemperaturanwendungen sollte für die nahe Zukunft eine Umwandlung von Strom zu Wärme nicht als genereller Strategiepfad der Wärmewende angesehen werden. Einzig ein Einsatz in Pilotprojekten kann sinnvoll sein. PtH sollte somit als Technologie allenfalls spezifische Ergänzung angesehen und der erneuerbar erzeugte Strom entsprechend als hochexergetische Energie direkt verteilt, gespeichert und genutzt werden. (Agora EW 2019)

3.3 Zusammenfassung und Bewertung der technischen Wärmepotenziale

In Bezug auf den Bedarf an Heizwärme, weist das Untersuchungsgebiet hohe Dichten auf, da der Anteil an Neubauten gering ist. Dreiviertel der Wohnhäuser ist vor den frühen achtziger Jahren entstanden. Im gewerblichen Bereich ist der reine Heizwärmebedarf durch die Gebäude des Möbelhauses Hardeck geprägt. Für die untersuchten Industriebetriebe konnte der Heizwärmebedarf nur in Teilen separat identifiziert werden, fällt aber typischerweise deutlich hinter den Bedarf an Prozessenergie zurück.
Aufgrund der Produktion und der benötigen Prozessanlagen, wie z.B. die Kupferschmelze oder Anlagen zur TNV, ist der Bedarf an Energie bzw. Wärme in den beteiligten Unterneh-

men branchentypisch hoch. Die in KoWa durchgeführten Analysen der Energieanlagen erlauben eine fundierte Prognose des mittelfristigen Energiebedarfs unter Berücksichtigung möglicher energetischer Optimierungen und Effizienzmaßnahmen.
Eine mögliche Deckung des Prozesswärmebedarfs aus alternativen, nicht fossilen Quellen hängt sehr stark vom zeitlichen Angebot, dem Temperaturniveau und der Leistung möglicher Wärmepotenziale ab. Prozesse weisen aber in der Regel ausgeprägte jährliche Nutzungszeiten auf. Diese sind in der Regel in einer Produktion nur wenigen saisonalen Schwankungen unterworfen. Zurzeit wird die Prozesswärme in den Unternehmen vorwiegend aus Erdgas oder Strom gewonnen.
Die analysierten Industrieunternehmen weisen zum Teil sehr hohe und gut verfügbare Abwärmepotenziale auf, die bislang meist ungenutzt in die Umgebung abgegeben werden. Aufgrund der guten Verfügbarkeit und der Nähe zu geeigneten Senken des Neubaugebietes wird die Erschließung der Potenziale der Tapetenfabrik Rasch priorisiert betrachtet. Das Temperaturniveau der Abwärme ist hoch und die Abwärmeleistung ist groß. Das Potenzial der TNV und der Drucklufterzeugung können Bausteine sein, die im ersten Schritt vergleichsweise einfach zu erschließen erscheinen.
Solange umfangreiche Abwärmepotenziale mit günstigen Nutzungseigenschaften im Untersuchungsgebiet effektiv verfügbar zu machen sind, wird die Erschließung dieser als vorrangig bewertet. Sowohl die Solar- und Geothermie als auch andere Umweltwärmequellen müssten in Bramsche mit deutlich höherem apparativen und finanziellem Aufwand verfügbar gemacht werden. Effektiv sind diese Technologien vor allem bei niedrigen Nutzungstemperaturen einzusetzen, so dass sich Prozessanwendungen und auch die Beheizung von Altbauten nur bedingt eignen und eine geringere Effizienz aufweisen würden.
Das Neubaugebiet Breslauer Höfe, für das die Stadtwerkewerke Bramsche eine Wärmeversorgungpflicht eingegangen sind, bietet gute Voraussetzungen für die Umsetzung erster Schritte einer Abwärmenutzung mittels eines kommunalen Wärmenetzes. Auch wenn die umgesetzten Energiemengen anfangs eher klein sind, so kann dieses ein Einstieg für weitere Versorgungsstufen sein, beispielsweise für die Mehrfamilienhäuser der Wohngesellschaften, deren Heizanlagen in absehbarere Zeit erneuert werden müssen. Auch die Versorgung von Prozessen der Leiber GmbH bieten gute Anknüpfungspunkte, um die gemeinschaftliche Wärmeversorgung weiterzuentwickeln.
Abbildung 14 zeigt in einer schematischen Zusammenfassung qualitativ die im Untersuchungsgebiet verorteten Wärmesenken und industriellen Wärmequellen, wie sie im vorherigen Abschnitt beschrieben wurden. Nicht alle Potenziale können zum aktuellen Zeitpunkt detailliert beziffert werden, aber insgesamt wird die Situation als günstig in Bezug auf eine externe Nutzung der Quellen bewertet.



(Ab)Wärmepotenzial, extern nutzbar Wärmebedarf Potenzialgröße noch nicht bekannt

Abbildung 14: Qualitative Darstellung der Wärmesenken und Wärmequellen im Untersuchungsgebiet.
Quelle: Eigene Darstellung auf Kartengrundlage OpenStreetMap-Mitwirkende 2021.

4 Ökonomische Struktur und juristische Aspekte

4.1 Betreiberkonzepte und Liefermodelle

Im Rahmen einer Wärmelieferung und der hiermit verbundenen Zusammenarbeit zwischen Erzeuger, Infrastrukturbetreiber und Abnehmer sind verschiedene Konstellationen möglich. Nachfolgend werden einige von ihnen grundlegend erläutert.

Wärmeliefer-vertrag

Als konventionelles Betreiberkonzept wird die Wärmeversorgung mittels Wärmeliefervertrag beschrieben. Die Rechtsprechung versteht hierunter Kaufverträge im Sinne des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB) (BGH 1978). Verkauft wird ‚Wärme' bzw. ein bestimmter Wärmeträger. Unter diesen Aspekt fällt auch die Organisation der Versorgung von Gebäuden oder Industrie mittels Fernwärme.

Public Private Partnership

Die Energieversorgung ist einer der zentralen Bereiche der kritischen Infrastruktur[11] unserer heutigen Gesellschaft. Der Bau und Betrieb neuer Infrastrukturen wie der eines Wärmenetzes ist kostenintensiv und bedarf einer langfristigen Finanzierung. Gerade kleinere Stadtwerke im mehrheitlichen Eigentum der Kommunen stellt dies regelmäßig vor große Herausforderungen. Da aber wiederum die Kommune ein Interesse an einer nachhaltigen Wärmeversorgung haben sollte und im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens sowieso beteiligt ist, erscheint eine Einbindung dieser als sinnvoll. Die kommunale Wärmeplanung gehört in Niedersachsen allerdings zurzeit noch nicht zu deren Pflichtaufgaben, so dass es häufig an der nötigen finanziellen Ausstattung fehlt[12]. (Degenhart und Holstenkamp 2010: S. 103 f.)

Aus diesen Gründen etablierte sich in den vergangenen Jahren gerade für kapitalintensive Investitionen neben der konventionellen öffentlichen Bereitstellung und einer vollständigen Privatisierung eine Mischform, das Public Private Partnership (PPP)[13] (Degenhart und Holstenkamp 2010: S. 103 f.; Wigger 2017: S. 396 f.). Innerhalb dieser werden die öffentlichen Interessen mit privater unternehmerischer Tätigkeit verbunden. Das BMVBS (2003) definiert eine PPP als „langfristige, vertraglich geregelte Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Hand und Privatwirtschaft zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben, bei der die erforderlichen Ressourcen (z.B. Know-how, Betriebsmittel, Kapital, Personal) in einen gemeinsamen Organisationszusammenhang eingestellt und vorhandene Projektrisiken entsprechend der Risikomanagementkompetenz der Projektpartner angemessen verteilt werden." (BMVBS 2003: S. 2 f.).

---

[11] Als kritische Infrastruktur werden laut § 2 Abs. 10 BSIG „Einrichtungen, Anlagen oder Teile davon, die 1. den Sektoren Energie, Informationstechnik und Telekommunikation, Transport und Verkehr, Gesundheit, Wasser, Ernährung, Finanz- und Versicherungswesen sowie Siedlungsabfallentsorgung angehören und 2. von hoher Bedeutung für das Funktionieren des Gemeinwesens sind, weil durch ihren Ausfall oder ihre Beeinträchtigung erhebliche Versorgungsengpässe oder Gefährdungen für die öffentliche Sicherheit eintreten würden." bezeichnet.

[12] So musste 2018 jede fünfte Kommune unter einem Haushaltssicherungskonzept arbeiten, vgl. z.B. (Deutscher Bundestag 2020).

[13] Synonym wird im Deutschen auch die Bezeichnung Öffentlich-Private Partnerschaft (ÖPP) verwendet.

Lieferung nach Können und Vermögen

In der Regel werden Verträge zur Lieferung von industrieller Abwärme nach Können und Vermögen geschlossen. Gerade bei Produktionsanlagen sind technisch bedingte Ausfälle der Anlagen und der Wärmelieferung nicht auszuschließen. Auf Seiten des Energieversorgers müssen zur Sicherstellung einer kontinuierlichen, unterbrechungsfreien Wärmeversorgung bei diesem Liefermodell weitere Erzeugungsquellen zur Besicherung vorgehalten werden. Hierunter ist in der Wärmewirtschaft die Besicherung in der Erzeugung mit der vereinbarten Höchstlast auch bei Ausfall einer einzelnen Erzeugungsanlage (n-1) zu verstehen. In diesem Fall müssen auf Erzeugerseite nicht nur die Kosten der Abwärmebereitstellung eingepreist werden, sondern auch die Kosten des Mehraufwands für die vorgehaltenen Erzeugungskapazitäten. Wer hierbei diese Besicherung vornimmt, der Lieferant oder der Abnehmer, ist eine Einzelfallentscheidung und von mehreren Faktoren, wie z.B. weiterer schon vorhandener Kapazitäten, abhängig. (AGFW 2020: S. 64)
Auch eine Vereinbarung von jährlichen Mindestmengen ist möglich und wirkt sich werterhöhend auf die Abwärme aus. Eine garantierte und zeitlich frei abrufbare Mindestmenge erlaubt es dem Energieversorger, die angebotene Wärmemenge ohne weitere Besicherungsmaßnahmen anzubieten und somit die Kosten zur Vorhaltung dieser Menge einzusparen. (AGFW 2020: S. 63 f.)

Pooling-Modell

Ein Hindernis bei Konstellationen mit Industrie- und Energieversorgungsunternehmen stellen die Erfordernisse an unterschiedliche Amortisationszeiten dar. Hierfür wurde, z.B. das nachfolgende Modell entwickelt und angewandt.
Im Rahmen einer zeitlich fest definierten ersten Phase übernimmt der Wärmenetzbetreiber alle anfallenden Investitionen. Im Gegenzug werden alle Verkaufserlöse in einem Pool gesammelt mit dem Ziel, die Investitionskosten schnellstmöglich gegenzufinanzieren. Auch alle im Betrieb anfallenden Aufwendungen werden aus diesem Pool bestritten. Erst in einer anschließenden zweiten Phase (nachdem alle Kosten bezahlt sind) werden die Gewinne nach einem festgelegten Verteilschlüssel auf die beteiligten Akteure aufgeteilt. Mittels dieses Modells werden sowohl die Chancen als auch die Risiken gleichmäßig auf alle Partner verteilt. (AGFW 2020: S. 64; Rink 2018)

4.2 Potenzial von Wärmenetzen bei diskontinuierlichem Energieangebot und -nachfrage

Moderne Wärmenetze bringen bei der Etablierung nachhaltiger Versorgungslösungen Vorteile gegenüber dezentralen Lösungen mit sich. So können nachhaltige Wärmepotenziale an EE und Abwärme insbesondere über die Einbindung in Wärmenetze umfänglich sowie effizient erschlossen werden (Agora EW 2019). Der in den vorherig vorgestellten Potenzialanalysen erläuterte, zeitlich nicht zu beeinflussende und diskontinuierliche Anfall von industrieller Abwärme oder auch EE-Wärme mit zumeist unzureichender zeitlicher Übereinstimmung mit deren Nutzung, stellt bei Einbindung in ein Wärmenetz eine technisch abzufedernde Gegebenheiten dar (Maaß et al. 2021: S. 49).
Speichertechnologien, wie auch das Wärmenetz selbst als Kurzzeitspeicher, können in Abhängigkeit des zu überbrückenden zeitlichen Rahmens diese Problematiken aufheben oder mindern, indem sie den diskontinuierlichen Energieanfall oder -bedarf glätten. Auch in lastarmen Zeiten können diese überschüssige Energie aufnehmen und bei Hochlastzeiten wieder ausspeisen. Durch diese Flexibilisierung zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage ließe sich der Einsatz kontinuierlich verfügbarer brennstoffbasierter (fossiler) Technologie reduzieren. (Nussbaumer et al. 2021: S. 40)

Gerade auch bei der Einbindung zeitlich nicht zu beeinflussender (witterungsbedingter) Energiequellen, wie z.B. Solarstrahlung, ist die Schaffung von Speicherkapazitäten eine notwendige Bedingung für die breite Einbindung klimafreundlicher Energieträger in Wärmenetzen (Reich und Reppich 2018).

4.3 Risikoabsicherung bei diskontinuierlicher Wärmelieferung

Ein wesentliches Hemmnis bei der Nutzung industrieller Abwärme stellt die technische Auskopplung der Abwärme und Absicherung der Lieferung dar. Die Unternehmen konzentrieren sich auf ihr Kerngeschäft und haben im Allgemeinen kein Interesse als verantwortlicher Energieversorger tätig zu werden (LANUV 2019: S. 48). So wird in der Regel von Seiten der Industrie die Abwärme nur nach ‚Können und Vermögen' bereitgestellt, so dass eine Besicherung bzw. redundante Erzeugung seitens der Netzbetreibers vorgehalten werden muss. (AGFW 2020: S. 63 f.; Pehnt 2010: S. 305)

Häufig besitzen auch die beteiligten Industrieunternehmen und Netzbetreiber unterschiedliche Vorstellungen bezüglich der Vertragslaufzeiten und anderer Vertragsbedingungen. Investitionen in Industrieunternehmen werde häufig nur getätigt, wenn sie sich innerhalb von maximal drei bis fünf Jahren amortisieren. Dementgegen stehen die teilweise weit längeren Amortisationszeiten bei den Betreibern von langfristig angelegter Infrastruktur, wie Stadtwerken oder Energieversorgern. Auch Fördermöglichkeiten oder ein staatliches Absicherungsprogramm zur Besicherung des ökonomischen Ausfallrisikos fehlen, können jedoch in multivalenten Systemen durch andere Wärmeerzeuger abgefedert werden. (Pehnt 2017; Sandrock et al. 2020)

4.4 Nationaler Emissionshandel

Die finanzielle Mehrbelastung im Rahmen der Ausweitung des Emissionshandels, u.a. auf die nicht vom EU-Emissionshandel (European Union Emissions Trading System, EU ETS) umfassten Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung kleiner 20 MW schafft neue finanzielle Anreize zur Abkehr von den fossilen, emissionsreichen Brennstoffen.

Bis einschließlich 2020 mussten nur die Betreiber einer im EU-ETS erfassten Anlage pro Tonne emittiertes CO_2 ein gültiges Zertifikat vorlegen. Durch eine jährliche Reduzierung der neu in Umlauf gebrachte Anzahl an Zertifikaten und daraus resultierenden höheren Kosten soll für Anlagenbetreiber ein Anreiz zu einem emissionsreduzierenden Handeln geschaffen werden. Der Preis an der wichtigsten Handelsplattform ‚European Energy Exchange (EEX)' stieg seit Einführung Mitte 2012 von knapp 7 €/t_{CO_2} auf ein Jahresmittel in 2020 von ca. 24 €/t_{CO_2}. Im Laufe des Jahres 2021 erfolgte ein steiler Anstieg bis zu einem durchschnittlichen Auktionspreis im September 2021 von ca. 61 €/t_{CO_2} (EEX 2021). (EU-KOM 2021)

Auf Basis der Vorgehensweise des EU-ETS ist eine Erweiterung im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 für die Bereiche Wärme und Verkehr durch das nationale Emissionshandelssystem (nEHS) im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) zu Beginn des Jahres 2021 in Kraft getreten. Zunächst sollen Zertifikate mit einem Festpreis von 25 €/t_{CO_2} an Unternehmen, welche Heiz- und Kraftstoffe in den Verkehr bringen, ausgegeben werden. Ein anschließender Preiskorridor mit Steigerungen in Fünf- bzw. Zehn-Euro-Schritten pro Jahr bis zu einer Spanne zwischen 55 und 65 €/t_{CO_2} im Jahr 2026 ist festgeschrieben (§ 10 Abs. 2 BEHG). Ab 2026 soll eine Versteigerung der Zertifikate erfolgen. (BAFA 2019)

Um die verschärften Klimaziele auf Basis der europäischen (Green Deal) und nationalen Ebene (BVerfG 2021) mittels einer Lenkungswirkung des CO_2-Zertifikate-Preises zu erreichen, wurde ein Preis von 300 €/t in 2030 abgeschätzt (r2b energy consulting GmbH 2021). Diese hierin enthaltenen Verringerungen des Budgets der THGE und folglich ein angepasster Zielpreis sind im BEHG mit Stand Juli 2021 noch nicht abgebildet. Bei Annahme einer gleichmäßigen Preissteigerung der Zertifikate von 2023 (35 €/tCO_2) bis zum Zielpreis 2030 (300 €/tCO_2) würde sich beispielsweise im Jahr 2025 der Preis im Vergleich zum bisher festgeschriebenen verdoppeln.
Diese Mehrbelastung wird im nicht vom EU ETS umfassten Industriesektor und im Wohnsektor zu einer veränderten Wirtschaftlichkeit von Energieversorgungslösungen führen.

5 Grobkonzeption zukunftsfähiger Versorgungslösungen

Zielstellung

Das Arbeitspaket 4 'Konzeption' baut auf die strukturellen Grundlagen (AP 1), die Potenzialanalysen (AP 2) und die Auswertung der Clusteranalyse (AP 3) auf und hat das Ziel die clusterspezifischen Versorgungsoptionen, deren technisch-wirtschaftliche Umsetzbarkeit und die Rollen der Akteure zu definieren. Die technischen Versorgungsoptionen werden soweit möglich gemeinsam mit den Akteuren in Workshops erarbeitet und transparent diskutiert.

Das AP 4 liefert damit Grundlagen für das spätere AP 5 ‚Clusterphase Erprobung der Konzepte: Technologie, Akteure und Ökonomie'. Die in den Kapiteln 2 und 3 vorausgegangene Struktur- und Potenzialanalyse und Beteiligungen der unterschiedlichen Akteursgruppen dienen hierbei als Grundlage zur Entwicklung und Beschreibung der technologischen Konzepte und Maßnahmen zur gemeinsamen Wärmeversorgung im Untersuchungsgebiet. Durch die Beteiligung der unterschiedlichen Akteursgruppen können die Lösungsvorschläge diskutiert, weiter angepasst und abschließend optimiert werden. Auf diesem Weg soll eine Gesamtlösung entwickelt werden, die sowohl eine möglichst große Realisierungschance also auch ein hohes Maß an Nachhaltigkeit aufweist. Die Darstellung dieser Konzepte bildet den Kern dieses Kapitels.

Konzeptionsphase

In einem ersten Schritt werden auf Grundlage der Potenziale und Ergebnisse technologische Konzepte zur gemeinsamen Wärmeversorgung auf Basis der industriellen Abwärme im Untersuchungsgebiet entwickelt. Dabei werden die Datengrundlagen der beteiligten Unternehmen detailliert analysiert und mit den Akteuren diskutiert. Aus den Potenzialen, Bedarfssituationen und weiteren Überlegungen erfolgt die Entwicklung von Optionen einer möglichst nachhaltigen Versorgung. Diese und weitere Ausbaustufen werden in Bezug auf Technik, Kosten und Wirtschaftlichkeit dargestellt. Entlang der Sustainable Development Goals (SDG) der drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie und Sozialkulturelles werden die Konzepte bewertet, um deren jeweiligen Stärken und Schwächen aufzeigen zu können, vgl. Kapitel 6. Auf diesem Weg soll eine Gesamtlösung mit größtmöglichem Konsens entwickelt werden.

5.1 Technische Konzeption

In Bramsche haben die Stadtwerke die Zusage zur Wärmeversorgung der Breslauer Höfe durch ein Wärmenetz zum Anlass genommen, auch über einen weiteren Ausbau eines solchen Wärmenetzes nachzudenken. Das Projekt KoWa bietet Möglichkeiten, weitere Potenziale einzubeziehen und Akteure frühzeitig zu beteiligen. Durch diese Aktivitäten kann die Umsetzungswahrscheinlichkeit alternativer und umfassender Lösungen signifikant erhöht werden. Dieser erste Schritt zur Versorgung des Neubaugebietes wird zum Ausgangspunkt verschiedener Konzepte, die weitere mögliche Wärmequellen und Versorgungsoptionen enthalten.

Ansatz

In Nachbarschaft zu den Breslauer Höfen befinden sich Wohngebäude, die sowohl in privatem als auch in kommunalem Eigentum sind. Aufgrund von Anzahl, Baualter und Sanierungszustand der Gebäude ergibt sich eine vergleichsweise hohe Wärmebedarfsdichte (Warmwasser und Heizen), die eine gute Eignung für die Erschließung mittels eines Wärmenetzes aufweist, vgl. auch Kapitel 2.3.1. Als mögliche Prozesswärmesenke werden zuerst die Anlagen eines naheliegenden Industriebetriebes betrachtet. Diese sind aufgrund der Bedarfsstruktur und der benötigten energetischen Parameter als aussichtsreich einzuschätzen.

Die Bewertung der Energiepotenziale in Kapitel 3.1.5 legt die Einkopplung der als CO_2-neutral betrachteten Abwärme des Unternehmens Rasch in die Wärmeversorgung sehr nahe. Neben der tatsächlichen Nähe zum Versorgungsgebiet, sind die oben umschriebenen Potenziale gut zu erschließen und in allen technischen Parametern wie Temperatur, Leistung und Verfügbarkeit als geeignet einzustufen. In den folgenden Konzepten werden, ausgehend von der Versorgung der Breslauer Höfe als Basis, Schritt für Schritt sowohl die Versorgungsgebiete an Heizwärme (Niedertemperatur (NT)) erweitert als auch Prozesswärmelieferungen (Hochtemperatur (HT)) an weitere Industrieunternehmen betrachtet und umrissen. Da in Teilen unternehmensinterne Daten und tatsächliche Verbrauchsdaten genutzt wurden, können die Konzepte nur mit relativen Energiemengen dargestellt werden.

5.1.1 Konzept 1-1: Breslauer Höfe (Basiskonzept) BHKW und Erdgaskessel

Als Standardlösung zur effizienten Versorgung, aber ohne einen weiteren Anspruch auf CO_2-Reduktion, wird ein Nahwärmenetz mit Erdgas-BHKW und Spitzenlastkessel von den Stadtwerken in Betracht gezogen. Durch die entsprechenden Bewertungen des Primärenergieeinsatzes und den Anforderungen im Gebäudeenergiegesetz (GEG) können auf diese Weise alle notwendigen Auflagen und Anforderungen erfüllt werden, so dass für die Planung und Ausführung der Baukörper samt Haustechnik grundsätzlich Planungssicherheit herrscht.

Innerhalb dieses Konzeptes wird die Heizwärme durch das BHKW und einen Spitzenlastkessel erbracht. Dieses Verhältnis wird maßgeblich durch die Größe des BHKWs bestimmt und kann sich entsprechend durch Anpassen der Planungen ändern. Der Heizwärmebedarf wurde auf Basis der vorliegenden Heizlastberechnung nach DIN EN 12831 ermittelt. Enthalten sind hierin bereits der erwarteten Abstrahlungsverluste des Wärmenetzes, die mit 20 % angesetzt werden. (Krampe 2021)

Abbildung 15 zeigt die relativen monatlichen Mengen des Heizwärmebedarfs (inkl. Warmwasser) und den Anteil, der aus dem BHKW zur Verfügung gestellten Wärme. Bezugsgröße ist der jährliche Gesamtwärmebedarf (=100 %). Die Verteilung erfolgte anhand der Heizlastberechnungen des beauftragen Energieberaters und zuzüglich der oben genannten Verluste in Höhe von 20 %. Die BHKW-Deckungsrate in den Wintermonaten hängt zudem von der genauen Ausgestaltung der Speicherkapazitäten und der Betriebsweise des Netzes ab.

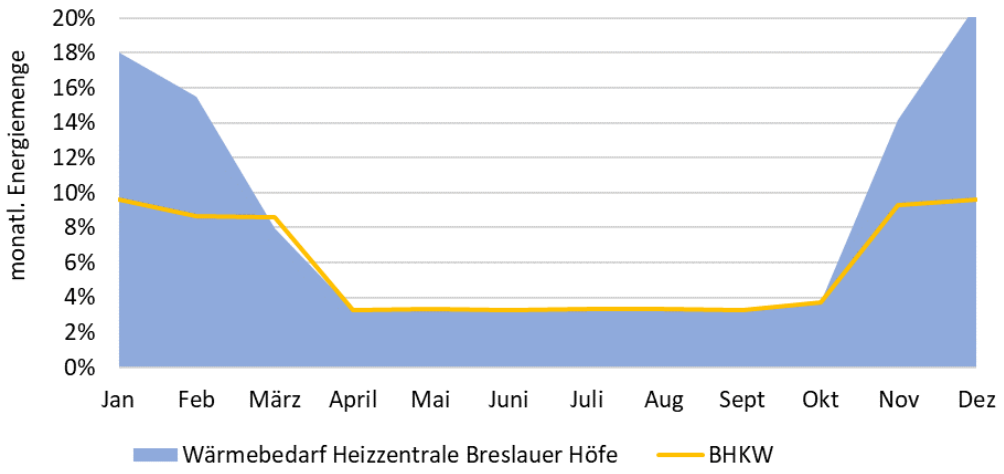


Abbildung 15: Überschlägige Darstellung der relativen monatlichen Mengen an Heizwärmebedarf Konzept 1-1 (Bezug Gesamtwärmebedarf im Jahr).
Quelle: Eigene Darstellung.

5.1.2 Konzept 1-2, NT: Breslauer Höfe und Heizwärmenetze BHKW, Erdgaskessel und Abwärmenutzung aus der TNV

Mittels einer Einkopplung der Abwärme aus den Anlagen zur TNV der Tapetenfabrik Rasch kann ein sehr großes Potenzial an zusätzlicher CO_2-neutraler Wärme erschlossen werden. Hieraus ergibt sich die damit verbundene Möglichkeit, umfangreich Nahwärmenetze mit Heizwärme zu versorgen. Wird vorerst nur diese Nutzung über NT-Heizwärmenetz mit einbezogen, so sind die Mehrfamilienhäuser der BGLO und der Stadt Bramsche aufgrund ihrer räumlichen Nähe, vgl. Abbildung 7, Eigentümerschaft und guter Erschließbarkeit sinnvolle Optionen. Zur Umschreibung dieses Konzepts wird davon ausgegangen, dass die gesamte Menge an verfügbarer Abwärme, die zur Heizperiode nutzbar wäre, auch in Heiznetze eingespeist werden kann. Dabei sind typische Gesamtverluste von 20 % für moderne Wärmenetze (Vorlauf 75 °C) und Heizzentralen sowie ein Erdgaskessel bereits berücksichtigt (Good et al. 2005).
Das entwickelte Konzept zur Heizwärmeversorgung der naheliegenden Wohngebäude geht von einer Deckung des Bedarfs mittels industrieller Abwärme der TNV zu ca. 85 %, zu 10 % aus dem BHKW und zu 5 % aus dem Spitzenlastkessel aus. Überschlägig können bei einer durchaus reellen sehr hohen Anschlussquote der Gebäude in Eigentümerschaft der Stadt Bramsche (inkl. der Breslauer Höfe) und der BGLO eine große Menge an Abwärme durch ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden (Müller 2020a; Strehl 2020a).
Bei einer potenziellen Versorgung des Möbelhauses Hardeck würde ebenfalls ein großer Heizwärmebedarf eines Ankerverbrauchers gedeckt werden können. Im Rahmen einer Energiekonzeptstudie ist für die drei Gebäudeteile des Möbelhauses der Wärmebedarf abgeschätzt worden (iNeG 2018). Der Bedarf wurde im Vergleich zu den bisher diskutierten Wohngebäuden in Summe als sehr hoch angenommen und wird im Lauf des Projektes noch detaillierter erhoben. Die von der AWO als Altenwohnanlage genutzten Gebäude weisen ebenfalls einen hohen Heizwärmebedarf auf und könnten, wie die zusammenfassende Darstellung in Abbildung 16 zeigt, ebenfalls noch mit Wärme versorgt werden (Acksel et al. 2017). Auch für die weiteren privaten Wohngebäude im Untersuchungsgebiet (EFH bei BGLO und am westlichen Rand des Untersuchungsgebiets) wäre nominell noch genügend Wärme vorhanden. Eine hohe Anschlussquote ist hier aber aufgrund der großen Anzahl verschiedener Eigentümer*innen vermutlich nur schwer zu erreichen. Im Konzept wird vom KoWa-Team eine Quote von 70 % angenommen.

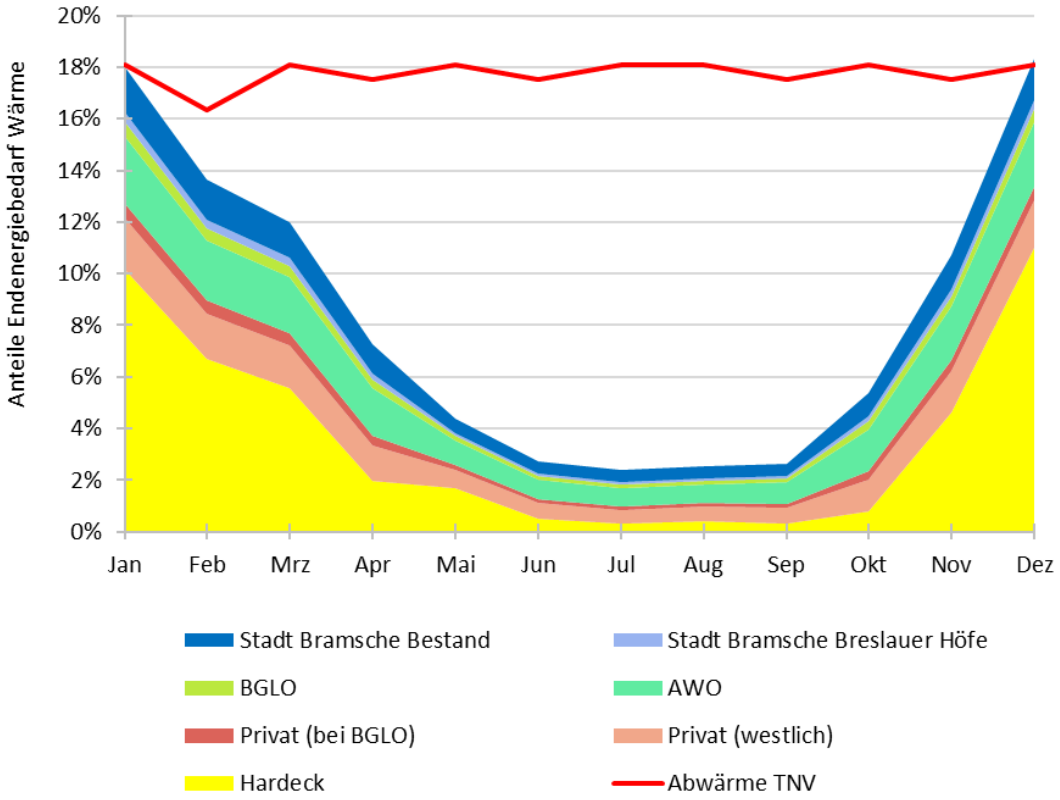


Abbildung 16: Relativer monatlicher Heizwärmebedarf der Wohngebäude bzw. des Möbelhauses und relatives Abwärmepotenzial, Konzept 1, Stufe 2 NT (inkl. Netzverluste und angesetzter Anschlussquoten) Bezugsgröße: Gesamtbedarf Heizwärme.

Quelle: Eigene Darstellung.

5.1.3 Konzept 1-2, HT: Breslauer Höfe, Heizwärmenetze und Prozesswärme BHKW, Erdgaskessel und Abwärmenutzung TNV

Aufgrund des hohen nutzbaren Temperaturniveaus der TNV-Anlagen ist zusätzlich die Errichtung einer Wärmeversorgung für Prozesse des Unternehmens Leiber GmbH denkbar. Diese benötigt ganzjährig eine saisonunabhängige und vergleichbar große Heizenergiemenge auf einem hohen Temperaturniveau (HT, oberhalb typischer Heizwärmeanwendungen).

Die Subnetze zur Heizwärmeversorgung der Wohngebäude könnten von dem HT-Prozesswärmenetze hydraulisch entkoppelt und mit Temperaturen von 75 °C im Vorlauf erschlossen werden, vgl. Stufe 1. Das Konzept sieht hierbei vor, dass etwa 80 % des Wärmebedarfs über die industrielle Abwärme zu decken sind. Nur 15 % müssen über das BHKW und der die restlichen 5 % über den Spitzenlastkessel realisiert werden.

Abbildung 17 zeigt, dass mit der Prozesswärme als Sockelverbrauch auch die Gebäude der kommunalen Träger (BGLO und Stadt) sowie das Möbelhaus noch problemlos versorgt werden könnten. Bei der angenommenen Anschlussquote von 70 % im privaten Wohngebäudebereich ist einzig in den Wintermonaten bilanziell keine komplette Deckung des Wärmebedarfs mittels Abwärme möglich. Durch den für die Breslauer Höfe sowieso vorgesehenen Spitzenlastkessels und das BHKW ist eine Übernahme durch diese denkbar.

Abbildung 17 zeigt die beschriebenen monatlichen Wärmebedarfsmengen für Prozess- und Heizwärme sowie die zur Verfügung stehende Abwärme der TNV.

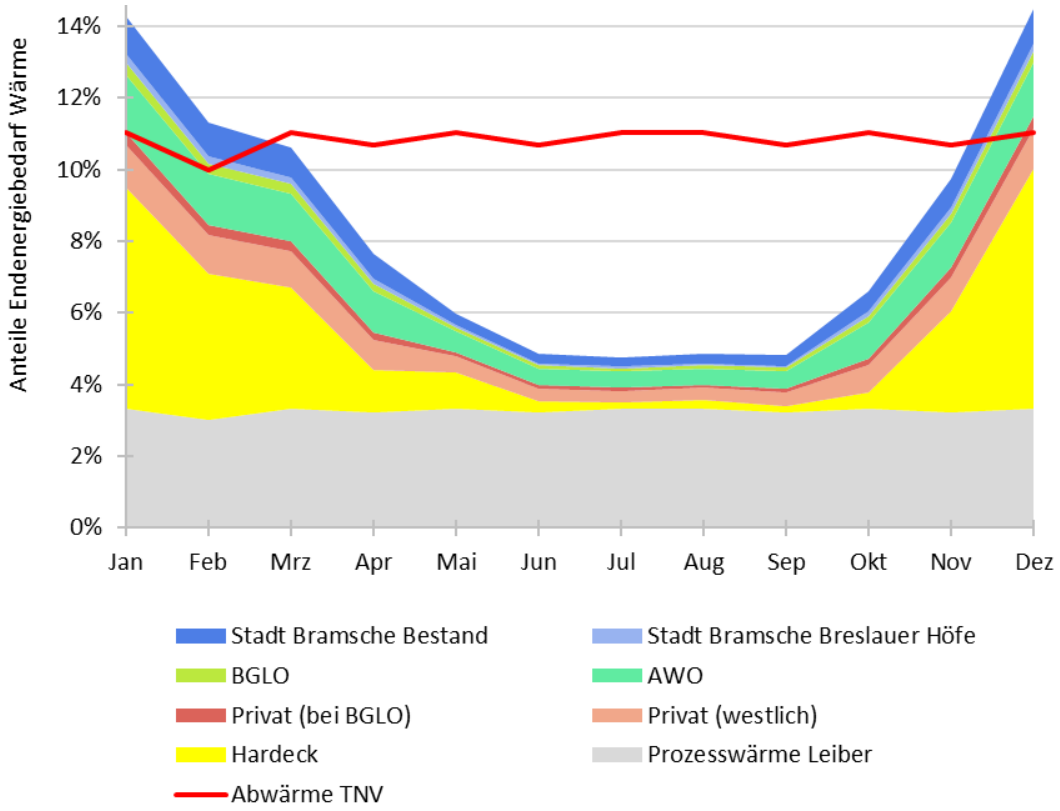


Abbildung 17: Relative monatliche Energiemengen an Heiz- bzw. Prozesswärme und Abwärme aus TNV, Konzept 1-2 HT (inkl. Netzverluste und angesetzter Anschlussquoten), Bezugsgröße: gesamter jährlicher Bedarf Heizwärme und Prozesswärme.

Quelle: Eigene Darstellung.

5.1.4 Konzept 2-1: Breslauer Höfe Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und Erdgaskessel

Ausgehend von der Anforderung niedrige Primärenergiefaktoren (PEF) in der Wärmeversorgung der Breslauer Höfe zu realisieren, ist in einem ersten Schritt auch eine Einkopplung der Abwärme aus den Druckluftkompressoren des Unternehmens Rasch möglich. Im Vergleich zu Konzept 1 können diese das BHKW in der Wärmeerzeugung ersetzen, würden aber ebenfalls durch einen Erdgaskessel als Spitzenlast ergänzt werden. Das erreichbare Temperaturniveau und die Verfügbarkeit der Wärme aus der Drucklufterzeugung sind als ausreichend bewertet worden. In dieser Kombination ist es technisch möglich, ca. 60 % des Wärmebedarfs aus der Abwärme zu decken. Abbildung 18 verdeutlicht die Energieverteilung für dieses Konzept.

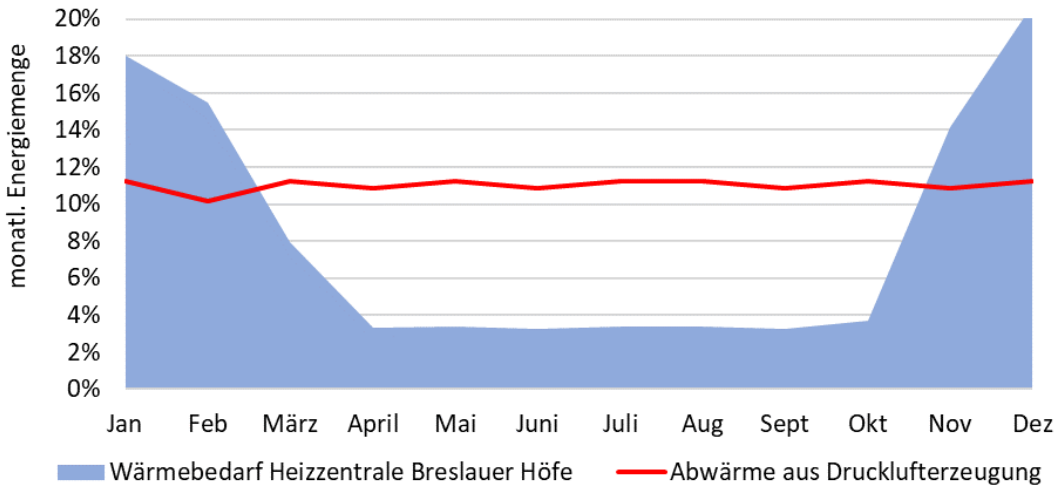


Abbildung 18: Relative monatliche Energiemengen Abwärme aus der Drucklufterzeugung und benötigter Heizwärme (inkl. Netzverluste). Bezug: Jährlicher Gesamtheizwärmebedarf.

Quelle: Eigene Darstellung.

5.1.5 Konzept 2-2, NT: Breslauer Höfe und Heizwärmenetze Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und TNV, Erdgaskessel

Ähnlich wie in Konzept 1, wird auch hier die Einkopplung der TNV-Abwärme als weitere Ausbaustufe für Heizwärmenetze (NT) genutzt. Der summierte Anteil an Druckluftabwärme (5 %) fällt insgesamt weiter hinter der der TNV zurück. Der Anteil an Abwärme (TNV und Druckluft) wird auf Basis der Erfahrungen im KoWa-Team auf 90 % angesetzt, so dass sich im Grunde eine vergleichbare Situation zum Konzept 1, Stufe 2 NT ergibt, vgl. Abbildung 17. Ein Unterschied besteht in dem nicht mehr vorhandenen BHKW, welches in großen Teilen durch Abwärme aus Druckluft und die TNV ersetzt wird. Der Anteil an fossil erzeugter Wärme (Erdgas) beläuft sich auf insgesamt ca. 10 %.

5.1.6 Konzept 2-2, HT: Breslauer Höfe, Heizwärmenetze und Prozesswärme Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und TNV, Erdgaskessel

Auch die Stufe 2, welche als HT-Variante zusätzlich den Wärmebedarf eines Prozesses bei der Leiber GmbH einbindet, entspricht in Teilen dem aus Konzept 1, Stufe 2 HT bekannten Rahmenbedingungen. Allerdings wird auch hier durch die Einkopplung der Abwärme aus Druckluft sowie TNV der Erdgasanteil am Gesamtenergieeinsatz von geschätzten 20 % auf 10 % gesenkt. Der Prozesswärmebedarf wird aufgrund der benötigten hohen Temperaturen aus der TNV-Abwärme gedeckt. Hier sind nach Einschätzung des KoWa-Teams die zeitlichen Verfügbarkeiten der Wärme dafür verantwortlich, dass weiterhin bis zu 10 % Erdgas im Einsatz sind. Damit ergeben sich in beiden Stufen deutlich Vorteile in Bezug auf die Reduktion der absoluten CO_2-Emissionen. Die Darstellung der Mengen an Wärmebedarf und Abwärme entspricht größtenteils der in Abbildung 17.

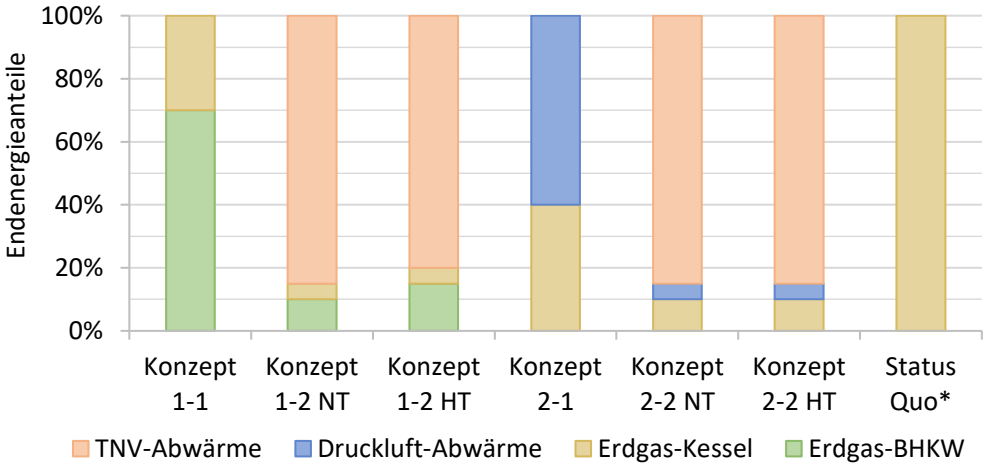
5.1.7 Status Quo: Fossile Versorgung wie bisher

Um einen Vergleich zum derzeitigen Stand der Wärmeversorgung der Gebäude mit Heizwärme und der mit betrachteten industriellen Prozesse anstellen zu können, wird die zurzeit existierende Versorgung ebenfalls abgebildet. Dieses ist vor allem für die Darstellung der in Kapitel 6 folgenden Nachhaltigkeitskriterien wichtig. Innerhalb dieser wird auch der

aktuelle Stand als Referenz bewertet und dargestellt. Einzig für die Breslauer Höfe ist dieses aufgrund des Status als Neubaugebiet nicht möglich. Da aber in der Gesamtbetrachtung der Bedarf der Breslauer Höfe verschwindend gering ist, fällt dies nicht nennenswert ins Gewicht. Für alle anderen betrachteten Versorgungsobjekte sind für den Status Quo die bekannten eingesetzten Energieträger angesetzt bzw. anhand der statistischen Daten für Bramsche angenommen worden, vgl. auch Kapitel 2.3.

5.1.8 Übersicht der konzeptspezifischen Endenergiebereitstellung

Die für das Untersuchungsgebiet in Bramsche erarbeiteten Konzeptoptionen nehmen alle den Neubau der Breslauer Höfe als Startpunkt einer kommunalen Wärmenetzentwicklung, so wie es die Stadtwerke Bramsche als assoziierter Partner zu Projektstart formuliert haben. Je nach Ausbau und Entwicklungsgeschwindigkeit wird entweder anfangs auf die Einkopplung von Wärme aus dem BHKW oder Abwärme aus der Drucklufterzeugung gesetzt. Die Entscheidung für einen der Pfade hängt neben der finalen technisch-wirtschaftlichen Bewertung durch den zukünftigen Betreiber vor allem auch von der weiteren Einschätzung zum erwarteten Netzausbau und den prognostizierten Kosten ab.
Abbildung 19 zeigt in einer Übersicht die entwickelten Konzepte mit ihren jeweiligen Energieanteilen. Nicht berücksichtigt ist in allen wärmenetzbasierten Konzepten der für die Bereitstellung und den Transport anfallende Pumpenstrom. Bei optimaler Auslegung des Wärmenetzes beträgt laut Nussbaumer et al. (2021: S. 134) der jährliche Energiebedarf der Pumpen zwischen 0,5 und 1,0 % der verteilten Wärmemenge und ist somit nicht als entscheidend einzuschätzen.



NT = nur Heizwärmeversorgung, HT = inkl. Prozesswärmeversorgung
* Status Quo mit aktuellen Brennstoffmix

Abbildung 19: Relative Anteile Endenergie der Wärmequellen der verschiedenen Konzepten.
Quelle: Eigene Darstellung.

Vorentscheidende Details

Bei der Entwicklung von Ausbaustufen müssen schon bei der Planung und Durchführung der ersten Schritte einige Gegebenheiten und Voraussetzungen mitbetrachtet werden. Nur so lassen sich technisch vermeidbare Hürden bzw. zusätzlichen Kosten im weiteren Verlauf vermeiden. Diese Aspekte können aber in der Beschreibung der Konzepte und auch in der Bewertung nicht in dem Maße zum Tragen kommen.

Sollte ein HT-Konzept zur Prozesswärmeversorgung umgesetzt werden, so kann der Aufbau und die Gestaltung der ersten Wärmenetzabschnitte von großer Bedeutung sein. So spielt z.B. das Material der zentralen Erschließungsleitungen eine relevante Rolle. Werden diese in Kunststoff und nicht in Stahl ausgeführt, was anfangs einen gewissen Kostenvorteil auch in der Verlegung mit sich bringen würde, so ist eine Nutzung zum Transport von Prozesswärme mit Temperaturen von größer 90 °C nicht möglich. Nur Stahlrohre lassen auf Dauer solche Temperaturbereiche zu. Eine Mehrinvestition in Stahl und entsprechende Reserven im Durchmesser birgt wiederum ein finanzielles Risiko für den Betreiber bzw. Investor.
Der Versorgung der Breslauer Höfe kommt eine Schlüsselrolle zu. Als Neubaugebiet werden sie mit einem Wärmenetz versorgt werden. Wenn es gelingt, hier die industrielle Abwärme in die Nutzung zu bringen, ist dies sicher eine gute Voraussetzung für den weiteren Ausbau der kommunalen Wärmeversorgung samt Abwärmenutzung.

Vision: Nachhaltiger Wärmeverbund in gesamten Untersuchungsgebiet
Eine rein qualitative Versorgung des gesamten Untersuchungsgebietes durch klimafreundliche Abwärme wird lediglich als Vision umrissen. Bislang lassen sich nicht alle Energie- und Abwärmepotenziale beziffern, dennoch scheint eine Weiterentwicklung der Versorgungsstrukturen auf weitere Wohngebiete und auch die Integration von zusätzlichen Industrie- und Gewerbeunternehmen als Fernziel durchaus möglich und sinnvoll. Besonders die ersten Abschätzungen der Abwärmepotenziale der Unternehmen, vgl. Kapitel 3.1.5, und die Schätzung des Wärmebedarfs im Gebiet lassen eine weitere Entwicklung der Konzeptoptionen sinnvoll erscheinen.

Eine schematische Darstellung der aufbauenden Konzeptoptionen für das Untersuchungsgebiet ist der nachfolgenden Abbildung 20 zu entnehmen.

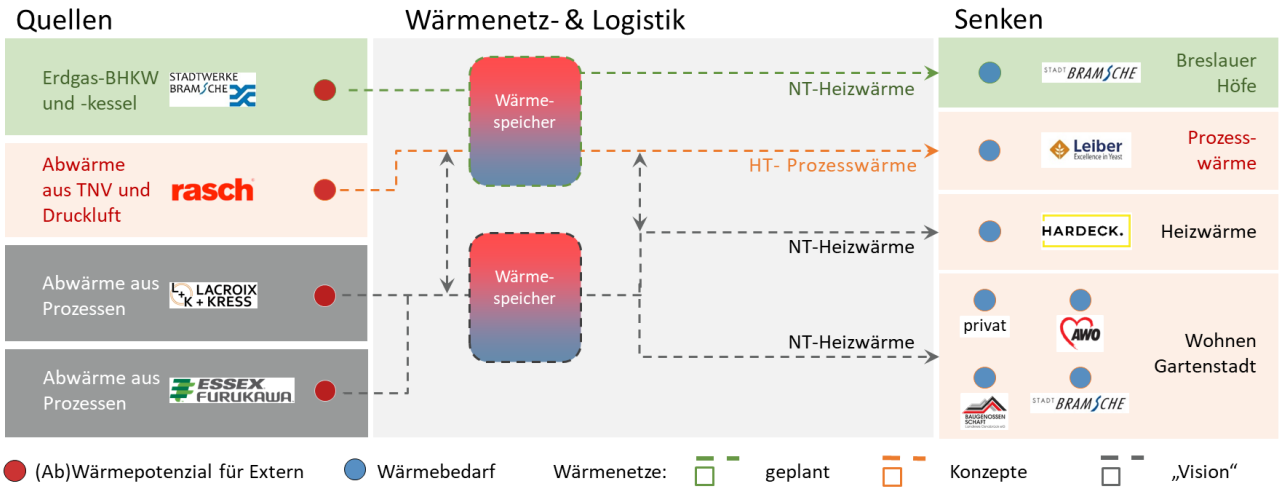


Abbildung 20: Schematische Darstellung der Bausteine der verschiedenen Konzeptoptionen für das Untersuchungsgebiet im Projekt KoWa.
Quelle: Eigene Darstellung.

5.2 Ökonomische und ökologische Analyse

5.2.1 Treibhausgasemissionen

Zur Bewertung der THGE der einzelnen Konzepte wird auf Prozessdaten der bestehenden Datenbank GEMIS[14] zurückgegriffen. Mit den vorhandenen Prozessen werden die in Kapitel 5 beschriebenen technischen Konzepte u.a. auf Basis dieses ökologischen Indikators bewertet.

Bei reiner Betrachtung der direkten Emissionen von unvermeidbarer industrieller Abwärme wird in diesem Bericht ebenso wie in verschiedenen Förderprogrammen und dem ‚Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung' der AGFW die Wärme als klimaneutral angesehen, wenn sie als Nebenprodukt und ohne zusätzlichen Brennstoffeinsatz entstehend in die Umgebung abgegeben werden würde (AGFW 2020: S. 14, 44). Vergleichbar ist die Bewertung als klimaneutraler Brennstoff auch bei einer nachstehenden thermische Nutzung der Industrieresthölzer zu sehen, bei denen keine weitere stoffliche Nutzung abzusehen ist (UBA 2019: S. 93).

Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen zu den spezifischen THGE der einzelnen Konzeptvarianten auf Basis der Prozesse der Datenbank GEMIS. Die Mengen beziehen sich jeweils auf den spezifischen Endenergiebedarf. Leitungs- sowie Umwandlungsverluste sind berücksichtigt. Grundlage für die Berechnungen sind die ermittelten Energiekennwerte, die aber aufgrund der Bezüge zu den Produktionsdaten der beteiligten Unternehmen nicht angegeben werden können.

Tabelle 1: Spezifische Treibhausgasemissionen der Konzeptvarianten.

Konzept	**Wärmeerzeugung** in MWh/a				**spez. Emissionsfaktor 2020** in $kg_{CO_{2eq}}/MWh_{Hu}$[1]
	Erdgas-BHKW	Erdgas-Kessel	Druckluft-Abwärme	TNV-Abwärme	
1-1	70 %	30 %			199
1-2 NT	10 %	5 %		85 %	66
1-2 HT	15 %	5 %		80 %	51
2-1		40 %	60 %		72
2-2 NT		10 %	5 %	85 %	43
2-2 HT		10 %	5 %	85 %	45
Status Quo		100 %[2]			221

[1] Datengrundlage GEMIS [2] 96 % fossile Energieträger

Quelle: Eigene Darstellung.

[14] GEMIS umfasst ein Simulationsmodell mit LCA-Datenbank für Energie-, Stoff- und Transportsysteme sowie weiteren speziellen Funktionen, z.B. für Verbrennung in Kraftwerken und Heizungen). Es können somit u.a. Technologievergleiche auf Basis von Ökobilanzen, PEF und Stoffstromanalysen durchgeführt werden. (Fritsche 2016).

5.2.2 Einfluss des nationalen Emissionshandels

In die zu betrachtenden verbrauchsbezogenen Kosten fließen auch die Preise zum Einkauf von CO_2-Zertifikaten ein. Die berücksichtigte Preisentwicklung im nEHS orientieren sich an den aktuell gültigen Festpreisen der Emissionszertifikate der Einführungsphase, wie sie in § 10 Abs. 2 BEHG aufgeführt und bis 2026 festgelegt sind. Aufgrund des europäischen Green Deals, wie in Kapitel 4.4 erläutert, ist nach Meinung der Autor*Innen mit einer Anpassung der bestehenden Regelungen und einer Preissteigerung zu rechnen.

eingesetzte Energieträger

Werden noch fossiler Energieträger eingesetzt, so wird in alle Konzepten Erdgas vorausgesetzt. Lediglich der Status Quo enthält Öl. Unvermeidbare Abwärme als Energieträger fällt nicht unter die im Rahmen des § 2 Abs. 1 BEHG, bepreisten Brennstoffe (Destatis 2020: S. 280). Somit fällt diese aufgrund ihrer sekundären Nutzung nicht unter das BEHG.

Wärmenehmer

Folglich ergibt sich einzig für das eingesetzte Erdgas eine direkte Preissteigerung aufgrund der zusätzlichen Kosten der CO_2-Zertifikate. Diese wird vom Inverkehrbringer des Energieträgers direkt an den Endverbraucher weitergegebenen. Somit ergäben sich zukünftig stetig steigende Energiekosten. Bei dem unter Kapitel 5.2.1 beschriebenen heizwertbezogenen Emissionsfaktor für Erdgas ergäben sich für den Status Quo z.B. im Jahr 2025 Mehrkosten in Höhe von knapp über 60.000 €. Bei Annahme des in Kapitel 4.4 genannten Zielpreises im Green Deal von etwa 300 €/t_{CO_2} und gleichbleibenden spezifischen Emissionen läge die Differenz zwischen dem Status Quo und den beiden HT-Konzepten bei 140.000 bzw. 170.000 €/a (r2b energy consulting GmbH 2021). Alle konzeptspezifischen Werte sind der **Abbildung** 21 zu entnehmen. Den Kosten für das Jahr 2026 liegt hierbei der als Maximalwert festgeschriebene Betrag von 65 €/t_{CO_2} zu Grunde.

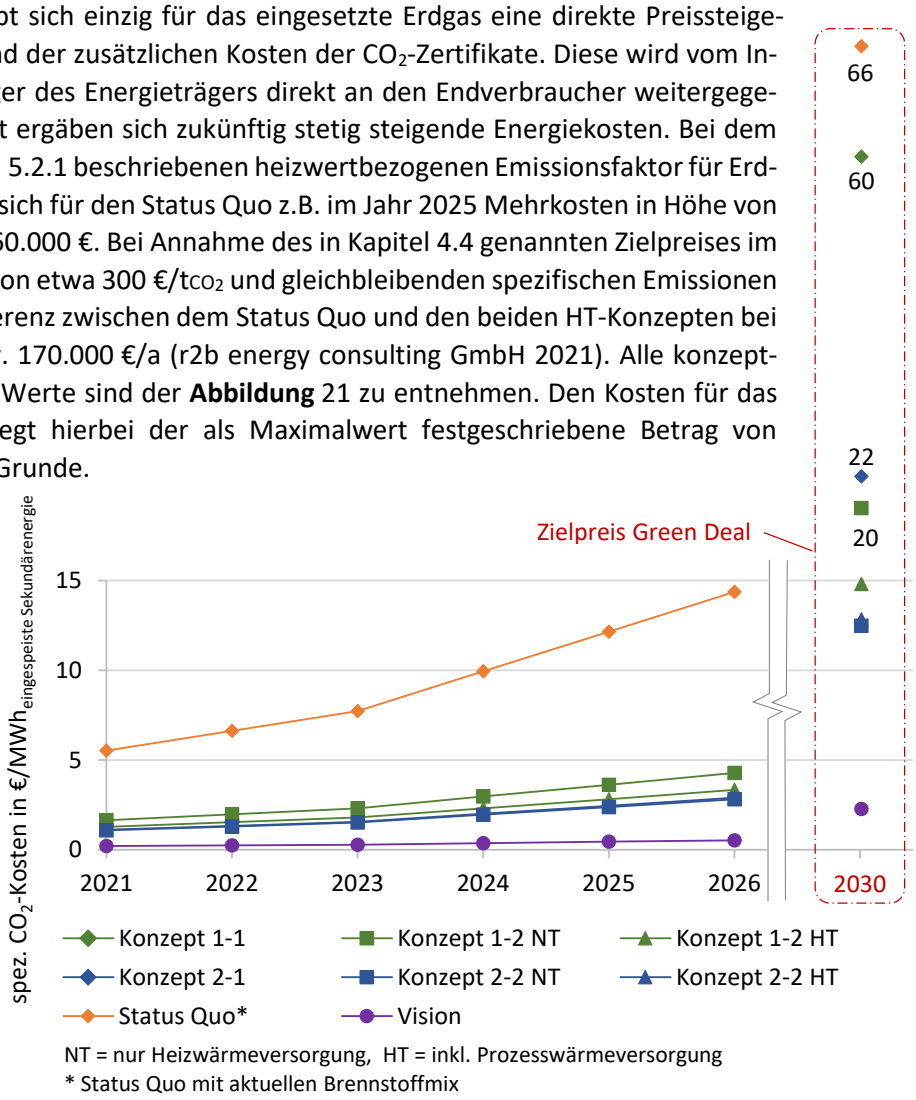


Abbildung 21: Konzeptabhängige Preisentwicklung der CO_2-Zertifikate mit dem Vergleichswert bei Erreichen der Klimaziele auf europäischer Ebene in 2030 (Green Deals).

Quelle: Eigene Berechnung; Preis Emissionszertifikate nach § 10 Abs. 2 BEHG.

5.2.3 Auswahl möglicher Förderoptionen

Die steigende Bedeutung, die der Abwärme in der Wärmewende zugedacht wird, zeigt sich auch darin, dass Abwärme in zahlreichen aktuellen Förderprogrammen als wichtiger Energieträger z.B. für die kommunale Wärmeplanung unmittelbar oder indirekt adressiert wird. Auf Bundesebene ist in diesem Kontext v. a. das Förderprogramm ‚Wärmenetzsysteme 4.0' zu nennen, welches die aus Abwärme rückgewonnene Wärmeenergie mit EE gleichsetzt. Dieses Programm soll voraussichtlich im Jahr 2022 durch die ‚Bundesförderung energieeffiziente Wärmenetze (BEW)' abgelöst werden, welche den durch das Vorgängerprogramm eingeschlagenen Pfad fortsetzen und weiter vertiefen soll. Im Folgenden ist jeweils ein kurzer Überblick über die relevanten Förderbedingungen gegeben.

Bundesförderung energieeffiziente Wärmenetze

Im Rahmen der Novellierung der ‚Bundesförderung energieeffiziente Wärmenetze (BEW)' sollen laut dem Entwurf der Förderrichtlinie (Stand 18.08.2021) u.a. die Erstellung von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen (Förderquote bis zu 50 % der förderfähigen Kosten, max. 600.000 €) zur Errichtung bzw. Veränderung zu Wärmenetzsystemen, welche ein niedriges Temperaturniveau und einen hohen Anteil erneuerbarer Energien oder eingekoppelter Abwärme aufweisen, gefördert werden. Auch die Investition in diese Netze soll bei einer Mindesteinspeisung von 75 % aus erneuerbaren Wärme- oder Abwärmequellen systematisch gefördert werden (bis zu 40 % der förderfähigen Ausgaben, notifizierungsfrei bis 50 Mio. €). Unter identischen Bedingungen sind auch Einzelmaßnahmen förderfähig.

Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2020

Bei der Förderung u.a. von Energienetzen und -speichern auf Basis des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG 2020) ist einzig der Netzbetreiber antragsberechtigt.
Die Versorgung von Abnehmern, welche an ein neues oder ausgebautes Wärmenetz angeschlossen sind, muss laut § 18 Abs. 1 und 2 KWKG 2020 mindestens zu 75 % aus KWK-Wärme erfolgen. Alternativ genügt ein Wärmemix aus KWK-Wärme (min. 10 %) und Wärme aus EE und industrieller Abwärme in Höhe von 75 %. Die maximale Förderung je Projekt beträgt 20 Mio. € und beläuft sich auf 40 %[15] der ansatzfähigen Nettoinvestitionskosten, vgl. § 19 Abs. 1 KWKG 2020.
Auch die Förderung von Wärmespeichern ist im KWKG 2020 in den § 22 und 23 festgelegt. Die zu speichernde Wärme muss wiederum zu mehr als 50 % aus KW(K)K-Anlagen oder innovativen KWK-Systemen stammen, die an das Netz für die allgemeine Versorgung (Stromnetz) angeschlossen sind und einspeisen können. Auf die KWK-Quote können industrielle Abwärme, die ohne zusätzlichen Brennstoffeinsatz bereitgestellt wird, sowie Wärme aus EE angerechnet werden. Der KWK-Wärmeanteil im Speicher muss aber mindestens bei 25 % liegen. Die Förderung beträgt hierbei 250 €/m³ Wasseräquivalent des Speichervolumens. Ab einer Speichergröße von 50 m³ Wasseräquivalent beträgt dieser jedoch maximal 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten, bei einer maximalen Förderung je Projekt in Höhe von 10 Mio. € (KWKG 2020).

15 Bei einer Inbetriebnahme bis Ende 2022 genügt ein Wärmemix aus KWK, EE und/oder industrieller Abwärme in von 50 %, sofern mindestens 10 Prozent KWK-Wärme vorhanden sind. Die maximale Förderung verringert sich hierbei auf eine Quote von 30 %, vgl. § 19 Abs. 1 KWKG 2020.

Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft

Im Vergleich zu den vorherig dargestellten Förderprogrammen ist die ‚Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft (EEW)' im Rahmen der dazugehörigen Richtlinie sowohl als Zuschuss und Kredit als auch als Förderwettbewerb ausgestaltet. Seit der Novellierung im Oktober 2021 werden hierbei „investive Maßnahmen zur energetischen und ressourcenorientierten Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen, die zur Erhöhung der Energie- oder Ressourceneffizienz beziehungsweise zur Senkung und Vermeidung des fossilen Energieverbrauchs oder CO_2-intensiver Ressourcen in Unternehmen beitragen. […] Förderfähig sind insbesondere: […] Maßnahmen zur Nutzung von Abwärme, die durch Prozesse entsteht, wie z.B. Einbindung der Abwärme zur Bereitstellung von Wärme inklusive aller hierfür erforderlichen Maßnahmen an der Anlagen- oder Gebäudetechnik, Einspeisung in Wärmenetze inklusive der Verbindungsleitungen, Verstromung von Abwärme" gefördert (BMWi 2021a: S. 5). Im Rahmen des Zuschuss- und Kreditprogramms richten sich die förderfähigen Kosten nach den eingesparten THGE und sind im Rahmen einer Abwärmeerschließung zur außerbetrieblichen Nutzung begrenzt auf 500 € pro jährlich eingesparter Tonne CO_2 und maximal 40 % der förderfähigen Investitionskosten. KMU erhalten einen Bonus von 10 % bis zu einer maximalen Förderung von 900 € pro jährlich eingesparter Tonne CO_2. (BMWi 2021a). Im Rahmen des Förderwettbewerbs können Koste anteilig in Höhe von bis zu 60 % der förderfähigen Kosten bei einer maximalen Fördersumme von 10 Mio. € gefördert werden. Die Förderentscheidung richtet sich hierbei nach der Fördereffizienz[16] eines jeden Antrags. Hierbei werden je Wettbewerbsrunde die Anträge mit der höchsten Fördereffizienz entsprechend der zur Verfügung stehenden Mittel bewilligt. (BMWi 2021b)

5.2.4 Wärmekosten

Berechnungsgrundlagen

Für die Analysen der entstehenden Kosten müssen die kapital-, betriebs- und verbrauchsgebundenen Kosten berücksichtigt werden. Die kalkulatorische Anfangsauszahlung (Investitionssumme) beinhaltet die Anschaffungs- und Herstellkosten. Die Betriebskosten für die Konzeptvarianten werden vereinfacht prozentual über die Anlagenkosten plus pauschale Zuschläge ermittelt. Die Richtlinie VDI 2067 zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen bildet mit der Annuitätenmethode genau diese, in der technischen Planung, gängige Herangehensweise ab (VDI 2067-1/2012 2012).
Die Anschaffungskosten sowie weitere Bestandteile der kostenrelevanten Komponenten konnten bislang nur für die erste Stufe (Versorgung Breslauer Höfe) geschätzt bzw. konkret angefragt werden. Demzufolge konnten auch die betriebsgebundenen Kosten der weiteren Varianten nicht erstellt werden. Eine Aufstellung der vergleichenden Kostenbasis der Konzeptvarianten auf gleicher Grundlage ist damit noch nicht möglich.
Um den systemischen Vergleich trotzdem im ersten Schritt durchführen zu können, werden die Ergebnisse aus der dena-Studie ‚Urbane Wärmewende' genutzt. Dort sind typische Wärmegestehungskosten für Versorgungssysteme mit Wärmenetzen ermittelt worden. Für den Fall der Abwärmenutzung sind keine verbrauchsgebundenen Kosten angesetzt worden. Für die Bewertung im Rahmen der Nachhaltigkeitskriterien wird die Genauigkeit des Ansatzes als ausreichend bewertet. (dena 2019)

[16] CO_2-Einsparung pro Jahr je eingesetzten Fördereuro.

Kosten CO_2-Zertifikate

In die Verbrauchskosten müssen für die Zukunft auch die Kosten der CO_2-Zertifikate eingehen, die für die Verbrennung fossiler Brennstoffe benötigt werden. Die hierbei berücksichtigte Preisentwicklung wird sich an den in § 10 Abs. 2 BEHG festgeschriebenen Zertifikatekosten bis 2026 orientieren. Im Anschluss wird ein moderater Anstieg von 2 €/(t_{CO_2} a) für den restlichen Betrachtungszeitraum angenommen. In den Berechnungen werden 100 % jener verbrauchsgebundenen Kosten, welche im Rahmen des CO_2-Zertifikatehandels anfallen, auf den Wärmepreis der Verbraucher*innen umgelegt. Nach Meinung der Autor*innen ist u.a. aufgrund des europäischen Green Deals, wie in Kapitel 4.4 erläutert, aber eine weitergehende Anpassung der bestehenden Regelungen hin zu einem stärkeren Anstieg der Zertifikatekosten zu erwarten, vgl. auch Kapitel 5.2.2.

Förderoptionen

Die vorherig vorgestellten Förderoptionen sind dahingehen berücksichtigt, dass Investitionszuschüsse wie folgt eingepreist worden sind. Für die industrielle Abwärmesenke ist ein Fördersatz von 50 %, für den Wärmenetzbetreiber von 45 % sowie für die industriellen Abwärmequellen in Höhe von 40 % berücksichtigt worden. Diese Fördertatbestände und -sätze beruhen auf Erfahrungen im KoWa-Team und basieren hauptsächlich auf Anwendungen der schon oben genannten Bundesförderprogramme. Eine weitergehende Prüfung ist nicht erfolgt, vgl. Kapitel 5.2.3.

Ergebnisse

Um für die Gesamtbewertung des Wärmeversorgungssystems schon an dieser Stelle zu transparenten Wärmekosten zu gelangen, wird die dena-Studie ‚Urbane Energiewende' herangezogen, die die Gestehungskosten für Wärmenetze mit verschiedenen Quellen angibt (dena 2019: S. 49). Der Status Quo wird mit Erfahrungswerten aus dem KoWa-Team abgebildet.

6 Nachhaltigkeitsbewertung

Vorgehen

Im Rahmen des Arbeitspakets 4 'Konzeption' werden auf Basis der zuvor durchgeführten Arbeiten (strukturellen Grundlagen (AP 1), Potenzialanalysen (AP 2) und Auswertung der Clusteranalyse (AP 3)) werden die zuvor technisch beschriebenen Konzepte auf ihre jeweiligen Stärken und Schwächen hin untersucht und bewertet.
Diese detaillierte Diskussion erfolgt hierbei entlang von 15 Nachhaltigkeitskriterien in den drei Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Sozial-kulturelles betrachtet, vgl. Übersicht 1. Den Kriterien ist hierbei jeweils ein zu erreichendes Qualitätsziel zugeordnet. Eine ausführliche Beschreibung und Definition dieser 15 Qualitätsziele zur Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungsoptionen ist der gleichnamigen Ausarbeitung von Gapp-Schmeling et al. (2021) zu entnehmen.

Übersicht 1: Zielsystem, Bewertungskriterien und Indikatoren einer nachhaltigen kommunalen Wärmeversorgung.

Herausforderung	Qualitätsziel	Kriterien und Indikatoren
Ökologische Dimension		
Klimaerwärmung	Klimaneutralität	THG-Emissionen in kg CO_{2eq}/ MWh
Materialaufwand	Geringer Nutzungsgrad an Primärrohstoffen	Kumulierter Stoffaufwand in kg / MWh
Übernutzung erneuerbarer Ressourcen	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	Auswirkungen auf die Einhaltung der Regenerationsrate
Gefährdung der menschlichen Gesundheit	Gesunde Lebensbedingungen	Schadstoffemissionen in kg SO_{2eq} / MWh
Zerstörung Arten- und Biotopvielfalt	Naturverträglichkeit	Auswirkungen auf die Naturverträglichkeit
Ökonomische Dimension		
Negative Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt	Existenzsichernde Erwerbsarbeit bei akzeptabler Arbeitsqualität	Beitrag zur regionalen Wertschöpfung
Unzureichende Befriedigung der Grundbedürfnisse mit nachhaltigen Produkten	Unterbrechungsfreie Versorgungssicherheit/ Systemstabilität	Redundanz
Instabilitäten (Geld, Finanzmärkte, Wettbewerbsfähigkeit), Externalitäten	Geringe betriebswirtschaftliche Wärmegestehungskosten	Wärmegestehungskosten (€ / MWh)
globale und außenwirtschaftliche Ungleichgewichte, Abhängigkeiten	Geringe außenwirtschaftlichen Abhängigkeit	Importe von Energieträgern und Betriebsstoffen
Staatsverschuldung; unzureichende Ausstattung mit meritorischen Gütern	Finanzielle Handlungsfähigkeit	Finanzielle Planbarkeit
Sozial-kulturelle Dimension		
Fehlentwicklungen in Wirtschaft, Politik & Gesellschaft	Good Governance	Erwartete Akzeptanz vor Ort
Unsicherheit der dauerhaften Energieversorgung	Langfristige Versorgungssicherheit	Reichweite der eingesetzten Ressourcen bei gleichbleibendem Verbrauch

Herausforderung	Qualitätsziel	Kriterien und Indikatoren
Zentralisierung der Versorgungsstrukturen	Angemessene Dezentralisierung und Partizipation	Komplexität der Entscheidungsstrukturen
Gewaltsame Konflikte	Innere und äußere Sicherheit, globale Verträglichkeit	Konfliktpotenzial der eingesetzten Ressourcen
Technische Risiken (z.B. Atomtechnik, Fracking)	Vermeidung von Risikotechnologien	Risikoeinschätzung

Quelle: Gapp-Schmeling et al. 2021: S. 3

Ziel der Bewertung

Ziel dieser Nachhaltigkeitsbewertung ist vorrangig die entwickelten Konzeptoptionen innerhalb des Untersuchungsgebietes vergleichbar zu machen. Dabei können die Stärken und Schwächen der Alternativen systematisch identifiziert und eine rationale Entscheidungsfindung unterstützt werden.

In nachfolgender Abbildung 22 sind die Stärken und Schwächen der Konzeptvarianten je Indikator visualisiert in einem Profilliniendiagramm dargestellt. Die Ordinatenachse benennt die 15 Indikatoren zur Erreichung der Qualitätsziele in einem nachhaltigen Energiesystem. Jeder dargestellte Bewertungspunkt beschreibt somit den konzeptspezifischen Beitrag zur Erreichung dieses Indikators, wobei eine Bewertung mit ‚1' als besonders positiv, mit ‚2' als eher positiv, mit ‚3' als neutral, mit ‚4' als eher negativ und mit ‚5' als besonders negativ anzusehen ist.

Die detaillierten Erläuterungen der konzeptspezifischen Bewertungen sind dem Anhang B zu entnehmen.

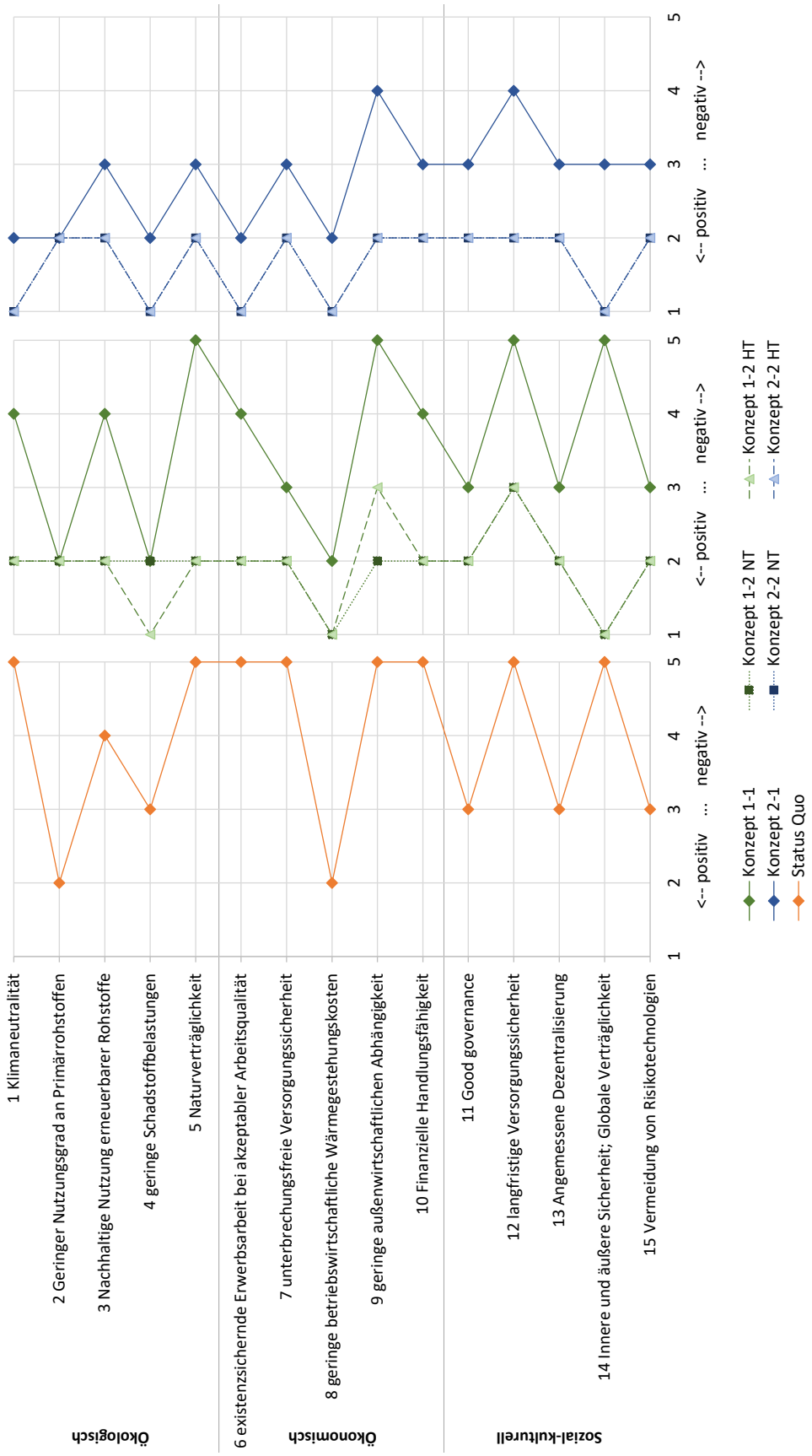


Abbildung 22: Grafische Gegenüberstellung der Konzeptbewertung auf Grundlage der Nachhaltigkeitsdimensionen.

Quelle: Eigene Darstellung.

Ökologisch

Alle abwärmebasierten Konzepte weisen grundsätzlich eine gute Bewertung (2) der Treibhausgasbilanzen auf. Bei 90 %-Abwärmenutzung aus der TNV in Konzept 2-2 NT und HT liegt sogar eine sehr gute Bewertung mit 1 vor. Sobald mehrheitlich Erdgas zum Einsatz kommt (Konzept 1-1 und Status Quo) erfolgt eine negativere Bewertung der Klimaneutralität mit 4 oder 5. In puncto Stoffaufwand (Nutzung Primärrohstoffe) unterscheiden sich die Konzepte nicht substanziell, da auch Erdgas hier mit 2 bewertet wird. Die Übernutzung erneuerbarer Rohstoffe wird für die erdgasbasierten Konzepte 1-1 und Status Quo negativer mit 4 bewertet. Da Abwärme diesbezügliche als neutral angesehen wird, erhalten die Konzepte mit überwiegendem Anteil an Abwärme eine Bewertung 2. Eine Ausnahme stellt das Konzept 2-1 dar. Dieses weist noch einen Anteil von ca. 40 % Erdgas auf, somit fällt hier die Bewertung mit 3 negativer aus. Die Bewertung der Schadstoffbelastungen aller Konzepte erfolgt mit 2, nur der Status Quo fällt auch aufgrund des Anteil an Ölheizungen in Stufe 3. Die Bewertung der Naturverträglichkeit mit dem Indikator Flächenverbrauchs fällt sowohl für die abwärme- als auch erdgasbasierten Konzepte neutral aus, so dass alle mit 3 gewertet werden können.
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Abwärmekonzepte ökologisch deutlich besser einzuordnen sind, als die fossil basierten. Die rein fossile Energieversorgung in Konzept 1-1 und dem Status Quo bekommt als Brückentechnologie immer eine der schlechtesten Bewertungen.

Ökonomisch

Die Bewertung zur regionalen Wertschöpfung weist bei den Versorgungen über Wärmenetze aufgrund der vor Ort erbrachten Leistungen (Bau, Wartung, Betriebsführung, etc.) grundsätzlich gute Voraussetzungen auf. Im Falle des erdgasbasierten Konzepte 1-1 erfolgt insgesamt eine Bewertung mit 4. Für den Status Quo muss eine Wertung mit 5 ergehen, da ein großer Teil der Wertschöpfung ins Ausland geht (Förderung und Transport von Erdgas) und kein Wärmenetz existiert. Alle Abwärmekonzepte liegen in der Wertung 2. Die mit lediglich 10 % Erdgaseinsatz (Konzepte 2-2, NT und HT) können sogar mit 1 gewertet werden. Die Bewertung der Versorgungssicherheit ist stark von der Art der technischen Systeme abhängig und weniger von der Energiequelle. Die Einzelsysteme des Status Quo werden schlecht mit 5 bewertet. Wobei für die Konzepte 1-1 und 2-1 durch die zwei unabhängigen technischen Systeme eine Verbesserung hin zu 3 erfolgt. Alle Konzepte mit zusätzlicher TNV-Abwärmequelle werden nochmals positiver mit 2 bewertet. Für die Wärmegestehungskosten kann generell bei den fossilen Versorgungen und beim Status Quo von mittleren Kosten ausgegangen werden, die rasch steigen werden. Die Wertung erfolgt mit 2. Durch den Wegfall von Brennstoffkosten und CO_2-Abgaben sind Systeme mit Abwärmenutzung auch langfristig kostengünstiger zu bewerten (noch 1). Die Abhängigkeit von ausländischen Ressourcen ist bei erdgasbasierten Systemen aufgrund einer Importquote von 95 % (UBA 2020) negativ zu betrachten. Folglich werden die Szenarien 1-1 und Status Quo mit 5 bewertet. Konzept 2-1 mit 40 % Erdgasanteil liegt im Bereich 4 und das System 1-2 HT (20 % Erdgas) neutral bei einer 3. Erst mit einem Erdgasanteil von kleiner 20 % erfolgt aufgrund der Gewichtung für die Konzepte 1-2 NT, 2-2 NT und 2-2 HT eine bessere Bewertung mit 2. Für eine Erhaltung der finanziellen Handlungsfähigkeit sollten die Kostenfaktoren stabil und planbar sein. Dieses ist bei fossilen Einzelanlagen nicht der Fall und führt im Konzept Status Quo zu einer Bewertung mit 5. Rein erdgasbasierte Versorgungssysteme (Konzept 1-1) bieten durch eine Bindung an kommunale Netze etwas mehr Stabilität, die Wertung erfolgt mit 4. Alle weiteren Konzepte weisen aufgrund der energetischen Nachnutzung der Prozesswärme in Wärmenetzen eine neutrale Bewertung mit 3 oder 2 (bei Abwärme-Anteil über 80 %) auf. Die indirekte Abhängigkeit von fossilen

Energieträgern der vorgelagerten Prozesse im Falle der Abwärmenachnutzung wird nicht mit betrachtet. Dafür ist aber ein gewisses Risiko durch die Abhängigkeit von der industriellen Produktion und der Wirtschaftlichkeit des Standortes durchaus zu beachten.
Zusammenfassend ist in den ökonomischen Aspekten der Nachhaltigkeit zu sagen, dass auch hier die abwärmebasierten Systeme aufgrund der Kombination der energetischen Nachnutzung, der größeren außenwirtschaftlichen Unabhängigkeit und des Ausbaus der Wärmenetze deutliche Vorteile aufweisen, ohne aber Bestwertungen zu erlangen.

Sozial-kulturell

Die zu erwartende Akzeptanz vor Ort ist oft mitentscheidend für die Umsetzbarkeit eines Konzeptes. Konzept 1-1 und der Status Quo beinhaltet bewährte, bekannte und effektive Technologien, welche heute zum Stand der Technik gehören, im Sinne zukunftsfähiger Wärmelösungen jedoch überholt sind. Diese werden sowohl ein Für als auch ein Wider erfahren und werden somit neutral mit 3 bewertet. Auch Konzept 2-1 wird trotz der Abwärmenutzung wegen der Abhängigkeit zu einem weiteren Industrieunternehmen und den verbundenen Risiken noch vergleichbar in der Akzeptanz eingeschätzt. Erst mit deutlich mehr Innovation und ambitioniertem Klimaschutz punkten die übrigen Konzepte in den späteren Ausbaustufen -2 NT und -2 HT, auch wenn hier ebenfalls noch Gegenstimmen zu erwarten sind. Eindeutige nur positive Bewertungen sind nicht zu erwarten. Aufgrund des THG-Budgets für das 1,5°C Ziel können Konzept 1-1 und der Status Quo im Rahmen der langfristigen Versorgungssicherheit nur mit 5 bewertet werden. Konzept 2-1 wird aufgrund des fossilen Anteils noch mit 4 bewertet. Mehr Abwärmenutzung im Konzept 2-2 führt aufgrund der Gewichtung zwischen Erdgas und Abwärme zu einer 3. Erst bei unter 20 % Erdgaseinsatz wird mit 2 bewertet. Um positive dezentrale Entscheidungsstrukturen zu stärken und der Daseinsvorsorge in diesem Bereich Rechnung zu tragen, werden gemeinsame Versorgungsstrukturen in kommunaler Hand (Stadtwerke) grundsätzlich eher positiv bewertet. Für den Status Quo (Einzelversorgung) in seiner Abhängigkeit zu einseitigen Versorgungsstrukturen erfolgt die Bewertung mit 4. Konzept 1-1 beschränkt sich auf klassische Rollen in der konventionellen Versorgung durch Wärmenetze und erhält eine 3. Durch das abwärmeliefernde (NT-Konzepte) bzw. prozesswärmeaufnehmende Unternehmen (HT-Konzepten) weitet sich das Akteursspektrum auf, weshalb hier Konzepte grundsätzlich positiver und folglich mit einer 2 bewertet werden. Wie zu erwarten, werden Konzept 1-1 sowie der Status Quo aufgrund ihrer Vollversorgung durch fossile Energieträger bzgl. des globalen Konfliktpotenzials (Sicherheit) mit Stufe 5 bewertet. Durch den überwiegenden Einsatz von Abwärme bzw. stark reduzierter Anteile fossiler Energie und die damit einhergehende in Teilen erreichte Unabhängigkeit, erfolgt innerhalb aller weiteren Konzepte eine positivere Bewertung aufgrund der reduzierten Konfliktpotenziale. Konzept 2-1 wird noch mit 3 bewertet, während alle anderen wegen des hohen Abwärmeanteils schon mit 1 bewertet werden können. In der technischen Risikobewertung sind die Konzepte mit einem Anteil von über 40 % Erdgas und Öl moderat mit der Stufe 3 bewertet (lokales Schadensmaß). Bei vermehrtem Einsatz von Abwärme in Wärmenetzen erfolgt durch die Gewichtung eine verbesserte Einschätzung in Stufe 2 für die Konzepte 1-2, 2-1, 2-2 (jeweils in NT und HT). Aus Sicht der sozial-kulturellen Dimension unterscheiden sich die Konzepte in Bezug auf die Einschätzung der Akzeptanz und Risikobewertung hinsichtlich des Einsatzes fossiler Energien. Durch die Beteiligung der Stadtwerke als kommunaler Energieversorger ist in den meisten Konzepten aber eine transparente, positive Entscheidungsstruktur zu sehen.

TEIL II: AKTEURS-, CHANCEN- UND HEMMNISANALYSE

7 Vorgehensweise Akteursinterviews

Vorgehensweise Interviews allgemein

Um eine Analyse der Akteursstrukturen und der empfundenen bzw. erlebten Hemmnisse bei der Wärmewende durchzuführen, wurden im Zeitraum September 2020 bis März 2021 in Bramsche und auf Landkreisebene Interviews bzw. Gespräche geführt. Das allgemeine Vorgehen in den Interviews und der Auswertung der Interviews wird detailliert im Methodenbericht ‚Erhebung der Akteursstrukturen' (Welz et al. 2021) beschrieben. Nachfolgend wird das allgemeingültige Vorgehen im Cluster Osnabrück sowie das spezifische Vorgehen für das Untersuchungsgebiet Bramsche erläutert.

7.1 Vorbereitungen und Auswahl der Interviewpartner

Besonderheiten in der Clusterbetreuung

Im Cluster Osnabrück (Untersuchungsgebiete Bramsche und Georgsmarienhütte) werden die Akteursanalysen nicht vom Clusterbetreuer, der Hochschule Osnabrück (HSO), sondern von der Hochschule für Wirtschaft und Recht (HWR) durchgeführt. Daraus ergaben sich Besonderheiten während der Erhebung und die clusterbetreuende Hochschule wird selber zum Ankerakteurin.

Feldzugang

Durch gemeinsame Vorprojekte (vgl. Kapitel 2.1) besteht zwischen der HSO und diversen lokalen Akteuren bereits ein jahrelanger Austausch. Aufgrund der bestehenden Kontakte konnte die Ansprache der Akteure sehr einfach erfolgen. In der Vergangenheit konzentrierte sich der Austausch zwischen der HSO und den angesprochenen Akteuren primär auf technologische und planerische Aspekte. Aus Sicht der HWR waren die KoWa-Verbundpartner HSO und EES zu aktiven Akteuren im Cluster geworden. Beide übernehmen somit die Rolle eines Ankerakteurs. Hierauf begründet, ist zunächst ein Online-Interview mit dem Team der HSO geführt worden, um die relevanten Akteure für die konkrete Erhebung der Akteursstrukturen zu ermitteln.

Auswahl der Gesprächspartner

Auf Basis dieses Interviews konnte eine Liste mit relevanten Akteuren aus Bramsche und dem Landkreis Osnabrück erstellt werden, vgl. Übersicht 2. Im Cluster Osnabrück existieren Potenziale zur Nutzung industrieller Abwärme, woraus sich die entsprechenden Akteurslisten in den Untersuchungsgebieten ableiten.

Übersicht 2: Liste der relevanten Akteure im Untersuchungsgebiet Bramsche.

Akteursgruppe	Akteur
Indirekte Akteure	
Öffentliche Institutionen	Landkreis Osnabrück
Sonstige	Planer und Berater
Direkte Akteure	
Kommune & Stadtverwaltung	Bürgermeister Wirtschaftsförderung Gebäudemanagement
Energieversorgungsunternehmen	Stadtwerke Bramsche
Wärmeabnehmer*innen	Mieter*innen Eigentümer*innen Wohnungswirtschaft
Gewerbliche Unternehmen	Industrie Handel

Quelle: Eigene Erstellung.

Ansprache der Akteure und Vorbereitung

Die erste Ansprache der identifizierten Akteure fand durch die HSO statt. Die Terminvereinbarung und Durchführung der Interviews wurde von der HWR im Rahmen der Akteursanalyse übernommen. Die konkrete Akteursansprache im weiteren Projektverlauf wurde aber weiterhin von der HSO als Cluster-Betreuerin durchgeführt. Damit die Ergebnisse der Akteursanalyse möglichst frühzeitig berücksichtigt werden konnten, stimmte sich die HSO dazu mehrfach mit den Akteursforscherinnen ab.

Anpassungen im Interviewleitfaden

Im Untersuchungsquartier Bramsche hat keine Anpassung des Interviewleitfadens stattgefunden und es wurde der Standard-Interviewleitfaden (Anhang E) verwendet.

7.2 Durchführung, Dokumentation und Nachbereitung

Interviews

Es war zunächst geplant, einzelne Interviews bei Bedarf auch vor Ort durchzuführen. Dazu wären zwei Forscherinnen des HWR Teams nach Osnabrück gereist. Aufgrund der Verschlechterung des Infektionsgeschehens und der Einstufung Berlins als Risikogebiet, wurde jedoch im Herbst 2020 bis auf weiteres von vor Ort Terminen abgesehen. Folglich sind die insgesamt sechs Interviews mit verschiedenen Akteuren im Untersuchungsgebiet sowie drei weiteren Akteuren auf Landkreisebene als Online-Interviews durchgeführt worden. Diese Akteure beinhalteten einen Ankerakteur, Fachabteilungen der Stadtverwaltung, die Stadtwerke, ein ortsansässiges Industrieunternehmen, einem Wohnungsbauunternehmen, Fachexpert*innen und einem Fachamt auf Landkreisebene.
Im Untersuchungsgebiet Bramsche wurden in der ersten Clusterphase die Unternehmen Lacroix + Kress, Essex Furukawa und Leiber noch nicht interviewt. Ebenfalls konnte kein Interview mit dem Schlüsselakteur EES durchgeführt werden.

Dokumentation

Die Gespräche mit Akteuren im Cluster Osnabrück wurden in der Regel wie im Methodenbericht (Kapitel 3.3; Welz et al. 2021) beschrieben aufgezeichnet. Es wurden auch stets während der Interviews schriftliche Notizen angefertigt. Die Interviews wurden per Webkonferenz durchgeführt.

Kodierung, Auswertung

Die Kodierung und Auswertung der Interviews erfolgt, wie im Methodenbericht (Kapitel 4; Welz et al. 2021) beschrieben, mittels eines Kodierleitfadens. Dabei erfolgte die Kodierung und erste Auswertung immer durch zwei Personen in gemeinsamen Kodierungs- und Auswertungssitzungen.

8 Hemmnisse der kommunalen Wärmewende im Untersuchungsgebiet Bramsche

8.1 Schwerpunkte der wahrgenommenen Hemmnisse

Überblick

Die Analyse der Hemmnisse erfolgt auf Basis der Akteursinterviews und der von den Akteuren angesprochen Hemmnisse. Abbildung 23 visualisiert die angesprochenen Hemmnisse entsprechend der Häufigkeit, mit der sie von den Akteuren in Bramsche genannt wurden. Hieran ist deutlich zu erkennen, dass organisatorische, wirtschaftliche und regulatorische Hemmnisse am häufigsten erwähnt werden. Es lassen sich somit Schwerpunkte erkennen, die die Realisierung der Wärmewende im Cluster hemmen. Daher werden diese drei Kategorien etwas ausführlicher dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Hemmnisse in der Regel nicht isoliert voneinander auftreten und nicht immer vollständig zu trennen sind. In der Tendenz zeigt die Analyse dennoch klare Schwerpunkte.

Abbildung 23: Visualisierung der wahrgenommenen Hemmnisse nach Schwerpunkten
Quelle: Eigene Darstellung.

8.2 Organisatorische Hemmnisse

Überblick

Unter den organisatorischen Hemmnissen wurden Zeit- und Personalmangel, Priorisierung und Organisation von Themen und die Strukturierung der Fachämter genannt.

Abbildung 24: Visualisierung der organisatorischen Hemmnisse.
Quelle: Eigene Darstellung.

Zeit- und Personalmangel

Häufig wurde von den Akteuren sowohl Zeit- als auch Personalmangel genannt. In der Kommune und den Fachämtern müssen Personen gefunden werden, die bereit sind Zeit zu investieren. Zum einen fehlt dem vorhandenen Personal die Zeit, zum anderen wurden auch geplante Stellen nicht besetzt. Klimaschutzteams im Landkreis sind für vielfältige Themen zuständig (z.B. Mobilität, Strom, etc.), so dass nicht alle Themen gleichzeitig bearbeitet werden können (Interview Osnabrück 01 - indirekter Akteur 2020).

Themensetzung

Die Themensetzung wird auch als Hemmnis genannt. In Unternehmen sind interne Themen höher priorisiert, sodass keine weiteren Kapazitäten für Wärmeplanungsprojekte vorhanden sind. Aber auch auf kommunalpolitischer Ebene müssen Themen gesetzt werden, dieses geschieht zum Teil nicht oder nicht mit genügend Nachdruck. Die Organisation nach Projekten wird ebenfalls als Hemmnis genannt und zur Verbesserung eine themenspezifische Organisation vorgeschlagen (Interview Osnabrück 01 - indirekter Akteur 2020).

Fachamt

Die Zuordnung des Themas Wärme und Wärmeplanung im Landkreis wechselte vor ein paar Jahren das zuständige Fachamt. In der Vergangenheit war es der Abteilung Umwelt zugeteilt, in der Neuaufteilung wurde es der strategischen Planung zugeschlagen. Dadurch erfuhr es eine Aufwertung, da es nun eine Stabstelle der Landrätin ist und somit mehr Zugang zur Politik bietet. Gleichzeitig fehlt aber Expertise, die durch die Zuordnung zum Fachamt Umwelt gegeben wäre. Auch können nicht alle Fachämter, die an einer strategischen Wärmeplanung beteiligt sein sollten, aktiviert werden (Interview Osnabrück 01 - indirekter Akteur 2020).

8.3 Wirtschaftliche Hemmnisse

Überblick

Unter den wirtschaftlichen Hemmnissen wurden am häufigsten die Zugänglichkeit zu Fördermitteln genannt. Weitere Hemmnisse sind lange Amortisationszeiten und die fehlende Wirtschaftlichkeit von Projekten der Wärmewende.

Abbildung 25: Visualisierung der wirtschaftlichen Hemmnisse.
Quelle: Eigene Darstellung.

Fördermittel

Das am häufigsten genannte wirtschaftliche Hemmnis, ist der Zugang zu Fördermitteln. Projekte im Bereich alternativer Energieversorgungen hängen oft stark von der Teilfinanzierung über Fördermitteln ab und sind von den aktuellen und sich möglicherweise während der anfänglichen Projektphase ändernden Förderbedingungen (Interview Osnabrück 03 - indirekter Akteur 2021). Förder- bzw. Marktanreizprogramme sind oft befristet und neu angekündigte Programme werden im Detail erst spät veröffentlicht oder verschieben sich im Startzeitpunkt (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021).

Investitionen & Wirtschaftlichkeit

Für Unternehmen, die Investitionen tätigen, müssen diese betriebswirtschaftlich darstellbar sein. In der Regel müssen sich Investitionen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes amortisieren. Ist dies nicht gegeben, investieren Unternehmen nicht. Amortisationszeiten von bis zu 15 Jahren sind nicht sinnvoll (Interview Bramsche 02 - direkter Akteur 2020). Dieses kann auch betriebsintern zu weiteren Abstimmungsprozessen führen und die Zeit bis zum tatsächlichen Projektbeginn verzögern.

8.4 Regulatorische Hemmnisse

Überblick

Unter den regulatorischen Hemmnissen wurde der Datenschutz genannt, der die Erstellung und Veröffentlichung von Daten wie Wärmekatastern hemmt. Förderbedingungen, die sich in der anfänglichen Planungsphase ändern werden ebenfalls als Hemmnis wahrgenommen. Weiterhin wurden die rechtlich begrenzte Dauer von Wärmelieferverträgen und die fehlende strategische Ausrichtung als Hemmnisse genannt.

Abbildung 26: Visualisierung der regulatorischen Hemmnisse.
Quelle: Eigene Darstellung.

Datenschutz

Am häufigsten wurde der Datenschutz als regulatorisches Hemmnis genannt. Dieser verhindert, dass Planungsmittel wie Wärmekataster online gestellt werden können, da diese z.B. Informationen zum (theoretischen) Wärmebedarf einzelner Immobilien beinhalten. Kann ein entwickeltes System nicht zum Einsatz kommen, ist dieses eine große Demotivation für die beteiligten Projektpartner*innen, und insbesondere für die initiierende Behörde, und stellt somit ein Hemmnis dar (Interview Osnabrück 01 - indirekter Akteur 2020).

Förderung & Vergütung

Es wird auch als regulatorisches Hemmnis gesehen, dass Förderungen nicht verlässlich über einen Zeitraum von vier Jahren vorhanden sind und sich ändern. Dies beeinträchtigt vor allem Projekte in der frühen Planungsphase. Bei Folgeprojekten kann nicht von den selben Ausgangsbedingungen ausgegangen werden (Interview Osnabrück 03 - indirekter Akteur 2021). Dabei liegt das Hemmnis in der Planungs- und Antragsphase. Ist eine Förderzusage erfolgt, ist diese über die gesamte Projektlaufdauer verlässlich. Darüber hinaus wird die Änderung von Gesetzen wie z.B. dem EEG und dem KWKG als Hemmnis wahrgenommen (Interview Osnabrück 03 - indirekter Akteur 2021).

Dauer Wärmelieferverträge

In einem Neubaugebiet mit Anschlusspflicht an die Fernwärme, ist der Kauf eines Grundstückes an den Abschluss eines Wärmeliefervertrags geknüpft. Rechtlich muss dieser Wärmeliefervertrag befristet werden, in diesem Fall auf 10 Jahre. Dies ist ein Hemmnis, da bei Abschluss den Wärmeabnehmenden erklärt werden muss, dass die Wärmelieferung auch über diesen Zeitraum weitergeführt werden soll. Es ist aber eine rechtliche Rahmenbedingung, diesen zu befristen und bedeutet nicht automatisch ein Ende der Wärmelieferung (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021).

Strategische Ausrichtung

Wie auch unter den organisatorischen Hemmnissen dargelegt, gibt es keine strategische Ausrichtung der Klimathemen im Landkreis und auch keine Klimaschutzvereinbarung, wie z.B. im Land Berlin das BEK. Klimaschutzthemen sind kein Gegenstand größerer Planungen und werden nach Baugesetzbuch umgesetzt und nicht aus raumplanerischer Sicht, was als Hemmnis gesehen wird.

8.5 Weitere Hemmnisse

Überblick

Unter den weiteren Hemmnissen wurden die Eigentümer*innen von Liegenschaften genannt. Fehlende Redundanzen im Wärmenetz und mangelnde Kommunikation zwischen und mit Akteuren sind weitere Hemmnisse.

Abbildung 27: Visualisierung der weiteren Hemmnisse.
Quelle: Eigene Darstellung.

Eigentümer*innen

Wenn die Stadtwerke Bramsche ein Neubaugebiet neu planen, werden die Eigentümer*innen der darin liegenden Liegenschaften angesprochen. Aus der Erfahrung eines früheren Neubaugebiets mit einer teilweise vorhandenen Anschlusspflicht an ein Nahwärmenetz, wissen die Stadtwerke Bramsche, dass vor allem Eigenheimbesitzer*innen die Heizung in ihrem Haus selbst besitzen wollen und zögerlich auf Wärmeversorgungslösungen wie Wärmenetze reagieren (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021). Um Eigenheimbesitzer*innen von Wärmenetzen überzeugen zu können und um deren Unsicherheit und Skepsis zu überwinden, müssten diese erst informiert werden. Dabei stellen sich die Frage, wie diese potenziellen Kund*innen erreicht und angesprochen werden können (Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021). Außerdem ist Anschlusszwang kein besonders gut geeigneter Begriff und stellt ein zusätzliches Kommunikations-Hemmnis dar.

Redundanz in Wärmenetzen

Bei der Nutzung von industrieller Abwärme in einem Wärmenetz wird von potenziellen (industriellen) Wärmeabnehmern*innen die Frage nach einer Redundanz gestellt, da diese bei Investitionen mitgerechnet werden. Speziell für abnehmende Unternehmen muss eine Absicherung angeboten werden, selbst wenn sich drei Betriebe gegenseitig ergänzen (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021).

Kommunikation

Wenn Unternehmen in unmittelbarer Nachbarschaft zu Wohngebieten angesiedelt sind, ergeben sich weitere Punkte, die zu klären sind. Unter anderem muss eine Prüfung nach dem BImSchG erfolgen. Speziell müssen die zusätzlichen Geräuschemissionen geprüft werden, auch bei Nacht. In der Vergangenheit gab es bereits Bürger*innenbewegungen gegen Lärm. Diese wurden von einem Akteur als Hemmnis wahrgenommen, während eine mangelnde Kommunikation als Kern des Hemmnisses beschrieben wurde. (Interview Bramsche 06 - direkter Akteur 2021).

8.6 Zusammenfassung: Hemmnisse der kommunalen Wärmewende in Bramsche

Am häufigsten haben die interviewten Akteure organisatorische, Kommunikations- und wirtschaftliche Hemmnisse genannt. Alle Hemmnisse werden hier nochmal zusammengefasst und anschließend in Übersicht 3 tabellarisch dargestellt.

Organisatorische Hemmnisse

Unter den organisatorischen Hemmnissen wurden insbesondere Zeit- und Personalmangel in den Kommunen und Fachämtern genannt. Sie haben zu wenig Personal für die Vielzahl an Themen die in den Bereich Klimaschutz fallen. Unternehmen priorisieren interne Themen höher. Ebenso ist die Zuordnung des Themas Wärme und Wärmeplanung zu einem Fachamt nicht einheitlich und häufig erfolgt sowohl in Unternehmen als auch Fachämtern eine Organisation nach Projekten nicht nach Thema.

Wirtschaftliche Hemmnisse

Unter den wirtschaftlichen Hemmnissen wurden Fördermittelbedingungen und Investitionen genannt. Projekte sind oft stark von Fördermitteln abhängig, sie sind befristet und die Antragsbedingungen können sich ändern. Investitionen müssen sich innerhalb einer vorgegebenen Zeit amortisieren und die Wirtschaftlichkeit muss darstellbar sein. Wenn nicht, stellen sie ein wirtschaftliches Hemmnis dar.

Regulatorische Hemmnisse

Untern den regulatorischen Hemmnissen, wurde der Datenschutz am häufigsten genannt. Er erschwert die Datenermittlung aber auch die Veröffentlichung von Daten, z.B. im Rahmen eines Wärmekatasters. Änderungen in Förderprogrammen und Änderungen in Gesetzen wie dem EEG werden ebenfalls als regulatorisches Hemmnis wahrgenommen. Ein Akteur machte die Erfahrung, dass in einem Neubaugebiet mit Anschlusspflicht an das Fernwärmenetz die Befristung der Wärmelieferverträge auf max. 10 Jahre ein Hemmnis darstellt. Auf übergeordneter Ebene wurde die fehlende strategische Ausrichtung und die fehlende Einbeziehung von Klimaschutz in größere Planungen im Landkreis als Hemmnis beschrieben.

Weitere Hemmnisse

Eigentümer*innen stellen ein weiteres Hemmnis dar. Sie wurden als skeptisch gegenüber Wärmenetzen beschrieben, da sie Heizungen besitzen möchten. Ebenso ist das Wort Anschlusszwang ein wenig geeigneter Begriff und kann weitere Hemmnisse bei Eigentümer*innen auslösen. In Wärmenetzen muss die Redundanz sichergestellt sein und dies in den Investitionen berücksichtigt werden. Fehlt hier und auch in anderen Projekten die Kommunikation, kann dies Projekte der Wärmewende hemmen.

Übersicht 3: Zusammenfassung der genannten Hemmnisse in Bramsche.

Schwerpunkte	Hemmnisse	Zusammenfassung
Organisatorische Hemmnisse	Zeit- und Personalmanagement	Zeit- und Personalmangel in Kommunen und Fachämtern, zu wenig Personal für Vielzahl an Themen
	Themensetzung	In Unternehmen interne Themen höher priorisiert, Organisation nach Projekten
	Fachamt	Zuordnung des Themas Wärme und Wärmeplanung zum Fachamt
Wirtschaftliche Hemmnisse	Fördermittel	Projekte sind stark Fördermittel abhängig, diese sind befristet und verändern sich.
	Investitionen und Wirtschaftlichkeit	Investitionen müssen sich amortisieren und Wirtschaftlich darstellbar sein.

Schwerpunkte	Hemmnisse	Zusammenfassung
Regulatorische Hemmnisse	Datenschutz	Erschwert Datenerhebung, vor allem aber auch Veröffentlichung in Form von z.B. Wärmekatastern
	Förderung und Vergütung	Förderprogramme ändern sich, Änderungen in Gesetzen wie EEG und KWKG
	Dauer Wärmeliefer-verträge	Befristung des Wärmeliefervertrags auf max. 10 Jahre
	Strategische Ausrichtung	Keine strategische Ausrichtung im Landkreis, Klimaschutz ist kein Gegenstand größerer Planungen
Weitere Hemmnisse	Eigentümer*innen	Skeptisch gegenüber Wärmenetzen, da sie Heizungen besitzen möchten, Anschlusszwang wenig geeigneter Begriff
	Redundanz in Wärmenetzen	Redundanz muss sichergestellt sein und in Investitionen berücksichtigt werden.
	Kommunikation	Fehlende Kommunikation kann Projekte hemmen.

Quelle: Eigene Zusammenstellung aus Interviews.

9 Chancen der kommunalen Wärmewende im Cluster Bramsche

9.1 Schwerpunkte der wahrgenommenen Chancen

Überblick Die Analyse der Chancen erfolgt ebenfalls auf Basis der Akteursinterviews und der angesprochenen Chancen. Abbildung 28 visualisiert die angesprochenen Themen entsprechend ihrer Häufigkeit, mit der sie von den Akteuren in Bramsche genannt wurden. Daran ist deutlich zu erkennen, dass organisatorische und wirtschaftliche Chancen am häufigsten genannt werden. An dritter Stelle werden die technologischen genannt. Daraus lassen sich Schwerpunkte erkennen, die Vorteile für die Realisierung der Wärmewende im Cluster darstellen. Diese drei Kategorien sind nachfolgend etwas ausführlicher dargestellt. Es ist zu beachten, dass diese in der Regel nicht isoliert voneinander auftreten und nicht immer vollständig zu trennen sind. In der Tendenz zeigt die Analyse dennoch klare Schwerpunkte.

Abbildung 28: Visualisierung der wahrgenommenen Chancen nach Schwerpunkten. Quelle: Eigene Darstellung.

9.2 Organisatorische Chancen

Überblick Organisatorische Chancen für die Wärmewende werden unter anderem den Stadtwerken und auch dem Forschungsprojekt KoWa zugeschrieben. Gutes Klimaschutzmanagement birgt ebenfalls eine organisatorische Chance für die Wärmewende.

Abbildung 29: Visualisierung der organisatorischen Chancen. Quelle: Eigene Darstellung.

Stadtwerke

Am häufigsten wurden die Stadtwerke unter den organisatorischen Chancen genannt. Sie treten als Hauptakteur bei Erschließungs- und Planungsarbeiten von Wasser, Strom & Gas auf und planen mit langfristiger Perspektive. Dabei profitieren sie davon, ein Querverbundunternehmen zu sein. Wärmenetze werden geplant, wenn der Bedarf besteht. Die Stadtwerke werden auch von Seiten der Politik als Akteur ins Spiel gebracht und somit werden Projekte auch angestoßen.

KoWa

Das Forschungsprojekt KoWa bietet die Kapazitäten und Chancen ebenfalls ein Projekt anzustoßen. Durch die interne Kommunikation, festgelegte Abläufe und Projektmeilensteine wird die Chance gesehen, dass ein zentraler, neutraler Akteur die „Karten zusammen hält“ (Interview Bramsche 02 - direkter Akteur 2020).

Klimaschutzmanagement

Die geplante Ausschreibung einer Klimaschutzmanagement-Stelle könnte bestehende Vorarbeiten zusammenführen, die Kommunikation bündeln und als feste, kümmernde Person oder Team auftreten. Gleichzeitig würden in anderen Abteilungen Kapazitäten geschaffen werden. Eine weitere Chance ist, dass die Zuständigkeiten und Themen personell längerfristig gebündelt sind und eine integrierte Wärmeplanung initiiert werden könnte.

9.3 Wirtschaftliche Chancen

Überblick

Wirtschaftliche Chancen werden von den Akteuren im 2021 eingeführten Emissionshandel und in Straßensanierungen gesehen.

Abbildung 30: Visualisierung der wirtschaftlichen Chancen.
Quelle: Eigene Darstellung.

Emissionshandel

Der 2021 eingeführte nationale Emissionshandel (nEHS) mit seinem steigenden Preis der CO_2-Zertifikate, wird in der Zukunft beginnen, finanziell Druck auf die Wärme-nutzer*innen dahingehend auszuüben, das bestehende (fossilen) Heizungssystem zu verändern. Durch diesen zusätzlichen, preislichen Aspekt wird sich auch die Kosten-Nutzen-Rechnung von unvermeidbarer industrieller Abwärme verschieben. Das birgt eine Chance für die Wärmewende.

Straßensanierungen

Neben den organisatorischen Vorteilen einer von mehreren Fachämtern gemeinsam geplanten Straßensanierung, sind natürlich auch die wirtschaftlichen Chancen zu nennen. So können z.B. Leerrohre, für potenzielle zukünftige Wärmenetze bereits mitgeplant und vorbereitend verlegt werden. So kann in Zukunft bei einer Ausweitung des Wärmenetzes hierauf zurückgegriffen werden und erneute Straßenbaumaßnahmen können entfallen.

9.4 Technologische Chancen

Überblick

Chancen für die Wärmewende sehen die Akteure in folgenden Technologien: Nutzung von Abwärme, Wärmepumpen und Wärmespeichern.

Abbildung 31: Visualisierung der technologischen Chancen.
Quelle: Eigene Darstellung.

Abwärme

Die in den Unternehmen zur Verfügung stehende Abwärme bietet auch technologische Chancen. Zunehmend wird die industrielle Abwärme erschlossen, wobei diese teilweise prozessabhängig gut einzubinden ist, ohne in die eigentlichen Prozesse einzugreifen. Auch eine interne Nutzung, egal ob als Wärme oder nach einer Umwandlung in Kälte, ist denkbar.

Wärmepumpe

Die fortschreitende technologische Entwicklung von Wärmepumpen macht deren Einsatz in Verbindung mit EE immer attraktiver. In der Regel kommen Luft-Wasser-Wärmepumpen zum Einsatz und sind mittlerweile in der Lage ganze Wohngebäude mit Wärme zu versorgen. Auch hier bieten sich Chancen sobald bestehende Anlagen getauscht werden müssen.

Wärmespeicher

Mit steigendem Anteil an erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung müssen auch zunehmend Speichertechnologien zum Einsatz kommen. So kann z.B. die unternehmensinterne Abwärme durch Pufferspeicher wieder nutzbar gemacht werden und bietet somit ebenfalls technologische Chancen.

9.5 Weiter Chancen

Überblick

Dem Forschungsprojekt KoWa werden weitere Chancen, insbesondere in der Kommunikation zugeschrieben. Ebenso verhält es sich bei der Kommune, die als Türöffner für Projekte der Wärmewende dienen kann.

Abbildung 32: Visualisierung der weiteren Chancen.
Quelle: Eigene Darstellung.

KoWa / Kommunikation

Neben den organisatorischen Chancen, die dem Forschungsprojekt KoWa zugeschrieben werden, werden auch noch Kommunikations-Chancen gesehen. KoWa bietet die Moderation zwischen den industriellen Unternehmen, den Stadtwerken und der Kommunalpolitik. Hierbei profitiert das Projekt davon, dass in den Unternehmen zum Teil bereits ähnliche oder identische Ideen vorhanden waren, welche durch KoWa gebündelt werden konnten.

Kommune / Kommunalpolitik

Ist eine zentrale kümmernde Person in der Kommune bzw. der Kommunalpolitik vorhanden, ist dieses eine Chance für die Wärmewende. Diese Person kann als Türöffner dienen und bietet besonders gute Chancen, wenn sie progressiv und entscheidungsfreudig ist.

9.6 Zusammenfassung: Chancen der kommunalen Wärmewende in Bramsche

Am häufigsten haben die interviewten Akteure organisatorische, wirtschaftliche und technologische Chancen genannt. Alle werden hier nochmal zusammengefasst und anschließend in Übersicht 4 tabellarisch dargestellt.

Organisatorische Chancen

Organisatorische Chancen werden den Stadtwerken zugeschrieben, insbesondere durch ihre Funktion als Hauptakteur bei Erschließungs- und Planungsarbeiten. Die Stadtwerke zeichnet eine langfristige Perspektive aus und die Tatsache, dass sie als Querverbundunternehmen viele verschiedene Themen vereint. Das Forschungsprojekt KoWa kann als zentraler und neutraler Akteur Projekte anstoßen. Die Ausschreibung einer Stelle im Klimaschutzmanagement bietet eine organisatorische Chance für die klare Zuordnung und Zuständigkeit des Themas Wärmewende.

Wirtschaftliche Chancen

Der steigende CO_2-Preis wird zukünftig Druck ausüben, THGE-intensive Anlagen durch EE auszutauschen, somit bietet der Emissionshandel eine Chance für die Wärmewende. Neben organisatorischen Vorteilen, bieten Straßensanierungen auch eine wirtschaftliche Chance, indem Wärmenetze direkt mitgeplant und z.B. Leerrohre bereits mitverlegt werden.

Technologische Chancen

Technologische Chancen, werden den drei Technologien Abwärme, Wärmepumpen und Wärmespeicher zugeschrieben. Eine zunehmende Erschließung (industrieller) Abwärme

bietet Chancen, auch eine Umwandlung in Kälte ist denkbar. Die fortschreitende Entwicklung von Wärmepumpen gestaltet ihren Einsatz, z.B. als Luft-Wasser-Wärmepumpen in Kombination mit EE immer attraktiver und bietet in Kombination mit Wärmespeichern eine technologische Chance für die Wärmewende.

Weitere Chancen

Das Forschungsprojekt KoWa, bietet neben organisatorischen Chancen auch welche in der Kommunikation bzw. Moderation zwischen Akteuren und kann verschiedene Ideen oder Ansätze in einem Projekt bündeln. Letztlich wird auch den Kommunen eine Chance als Türöffner zugesprochen, insbesondere, wenn sie progressiv und entscheidungsfreudig sind.

Übersicht 4: Zusammenfassung der genannten Chancen in Bramsche.

Schwerpunkte	Chancen	Beispiele
Organisatorische Chancen	Stadtwerke	Hauptakteur bei Erschließungs- und Planungsarbeiten, langfristige Perspektive, Querverbundunternehmen
	KoWa	Zentraler und neutraler Akteur der Projekte anstoßen kann
	Klimaschutzmanagement	Ausschreibung Klimaschutzmanagement, klare Zuordnung von Themen
Wirtschaftliche Chancen	Emissionshandel	Steigender CO_2-Preis wird zukünftig Druck ausüben.
	Straßensanierungen	Neben organisatorischen Vorteilen, könnten Wärmenetze bereits mitgeplant werden
Technologische Chancen	Abwärme	Zunehmende Erschließung von industrieller Abwärme, auch Umwandlung in Kälte denkbar
	Wärmepumpen	Fortschreitende Entwicklung macht Wärmepumpen im Einsatz mit EE attraktiver
	Wärmespeicher	Zunehmender Anteil EE, erfordert Speichertechnologien
Weiter Chancen	KoWa	Kommunikation bzw. Moderation zwischen Akteuren, Bündelung von Ideen
	Kommune	Kann als Türöffner dienen, besonders gut wenn progressiv und entscheidungsfreudig

Quelle: Eigene Zusammenstellung aus Interviews.

10 Akteursinteressen, -forderungen und -wünsche

In diesem Kapitel werden die Interessen der Akteure im Untersuchungsgebiet Bramsche und deren Forderungen ausgewertet und dargestellt. In Bramsche wurden insbesondere die konkreten Anforderungen an das geplante Projekt und die Kriterien für das Gelingen des Projektes abgefragt.

10.1 Interessen der Akteure

Überblick

Unter den Interessen wurden Energie- und Wärmewende, Eigeninteresse (finanziell), sonstige Eigeninteressen und Klimaschutz genannt. Ein Interesse an Gemeinwohl wurde nicht kodiert.

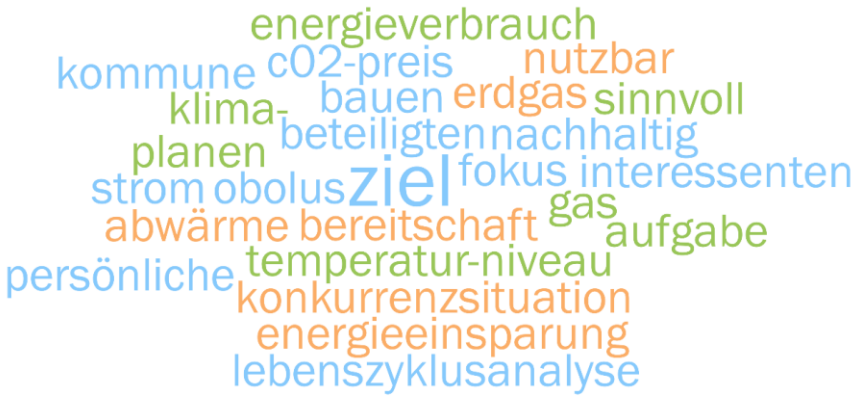


Abbildung 33: Visualisierung der Interessen der Akteure.
Quelle: Eigene Darstellung.

Energie- und Wärmewende

Seitens der Kommunalpolitik wird klar formuliert, dass verfügbare Abwärme nutzbar gemacht werden soll. Die Stadtwerke, die bisher hauptsächlich Gas, Wasser und Strom liefern, sollen die Aufgabe der Wärmelieferung übernehmen (Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021). Bei einer zukünftigen Wärmeplanung besteht der Wunsch, eine Lebenszyklusanalyse in Entscheidungen zu integrieren und nicht nur den Energieverbrauch im Objekt zu betrachten. Der alleinige Fokus auf Energieeinsparung wird als bedauerlich bezeichnet (Interview Bramsche 03 - direkter Akteur 2021).

Eigeninteresse (finanziell)

Die finanziellen Eigeninteressen beziehen sich zum einen auf die Unternehmensseite. Hier muss durch das neu eingeführte nEHS die benötigte Erdgasmenge und somit auch die CO_2-Emissionen reduziert werden. Betriebswirtschaftliche Gründe stehen zum anderen bei der Abgabe von Abwärme nicht im Vordergrund, da vor allem das BEHG Druck ausübt. Einem kleinen Obolus sind die Unternehmen aber nicht abgeneigt (Interview Bramsche 06 - direkter Akteur 2021). Gleichzeitig besteht auf der Seite der Stadtwerke die Befürchtung eine Konkurrenzsituation zu schaffen, wenn sie das Geschäft der Fernwärme nicht selber tätigen (Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021).

Sonstiges Eigeninteresse

Die Stadtwerke haben bislang keine konkreten (Klima-)Ziele. Sie reagieren, wenn Interessenten auf sie zukommen. Ein Wärmenetz wird von Seiten der Kommunalpolitik als Aufgabe der Stadtwerke betrachtet, die planungsrechtliche Verantwortung wird bei der Kommune selbst gesehen. Weitere Interessen der Unternehmen können auch Eigennutzung und Imagegründe sein (Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021).

Klimaschutz

Von den Akteuren wurde Interesse am Klimaschutz mit Überschneidungen zum Interesse an der Energie- und Wärmewende genannt. Zum einen soll Abwärme nutzbar gemacht werden, wo es möglich ist. Dies wird als Aufgabe der Stadtwerke gesehen. Und gleichzeitig müssten die Stadtwerke zu einem Wärmelieferanten umgebaut werden, sofern die Wirtschaftlichkeit gegeben ist (Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021).

10.2 Anforderungen der Akteure

Am häufigsten werden wirtschaftliche und organisatorische Anforderungen genannt. Zusätzlich wurde eine technologische Anforderung gestellt.

Abbildung 34: Visualisierung der Anforderungen der Akteure.
Quelle: Eigene Darstellung.

Wirtschaftliche Anforderungen

Als Anforderung wird von den Akteuren die wirtschaftliche Darstellbarkeit benannt. Eine Wärmeversorgung mit erneuerbaren Energien, muss nicht nur für die beteiligten Unternehmen, sondern auch für die Stadtwerke wirtschaftlich darstellbar sein. Dies ist auch eine Anforderung der Kommunalpolitik. Weiterhin wird eine sinnvolle Amortisationszeit (unter drei Jahren) gefordert (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021; Interview Bramsche 06 - direkter Akteur 2021; Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021).

Organisatorische Anforderungen

Um ein Projekt erfolgreich umzusetzen wird ein zentraler Akteur gefordert. Dieser muss in alle Richtungen kommunizieren und die Projektentwicklung innehaben. Für die Unternehmen ist es eine organisatorische Anforderung, kein Energieversorger zu werden. Sie möchten mit den Stadtwerken in einem Kunden-Liefernden-Verhältnis stehen und keine Genossenschaft eingehen (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021; Interview Bramsche 06 - direkter Akteur 2021).

Technologische Anforderung

Es wurde eine technologische Anforderung genannt, die nach eine (kleineren) Redundanz fordert, auch wenn sich mehrere Industriebetriebe gegenseitig ergänzen sollten (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021).

10.3 Wünsche der Akteure

Die Akteure wünschen sich inhaltliche Unterstützung, andere regulatorische Rahmenbedingungen, konkrete andere Technologien und finanzielle Unterstützung.

Abbildung 35: Visualisierung der Wünsche der Akteure in Bramsche.
Quelle: Eigene Darstellung.

Inhaltliche Unterstützung

Inhaltliche Unterstützung wünschen sich die Akteure vor allem in der Kommunikation mit Wärmeabnehmenden bzw. hinsichtlich einer gezielten Kommunikation für die jeweiligen Zielgruppen. Diese müssen im Wärmewende-Projekt beteiligt werden, um eine Akzeptanz zu schaffen. Außerdem wird ein gemeinschaftliches Auftreten gegenüber allen Beteiligten gewünscht (Interview Bramsche 04 - direkter Akteur 2021; Interview Bramsche 01 - indirekter Akteur 2020; Interview Bramsche 02 - direkter Akteur 2020).

Andere regulatorische Rahmenbedingungen

Bei den regulatorischen Rahmenbedingungen wird eine planungsrechtliche Nachschärfung gewünscht und eine gesetzliche Verpflichtung zur Nutzung von EE. Insbesondere ist wichtig, gleiche Bedingungen für alle zu schaffen. Ebenfalls werden gesetzliche Rahmenbedingungen für die Abwärmenutzung gefordert, zum Beispiel, dass eine Abwärmeabgabe in die CO_2-Preise einfließt. Auf jeden Fall sollte sie Berücksichtigung finden (Interview Bramsche 06 - direkter Akteur 2021; Interview Bramsche 05 - direkter Akteur 2021).

Konkrete andere Technologie

Unter den Wünschen nach konkreten, anderen Technologien wurde ebenfalls die industrielle bzw. gewerbliche Abwärme genannt. Ebenso die grundsätzliche Idee, Wärmenetze variabel zu gestalten und stetig zu erweitern. Es wurde auch der Wunsch nach dem Einsatz von Erdwärme (z.B. eine Sole-Wasser-Wärmepumpe) genannt. In diesem Fall könnte der Stromverbrauch der Wärmepumpe über PV gedeckt werden und EE zum Einsatz kommen. (Interview Bramsche 03 - direkter Akteur 2021; Interview Bramsche 02 - direkter Akteur 2020)

Finanzielle Unterstützung

Es wurde finanzielle Unterstützung gefordert, da der Netzbetreiber beim Aufbau bzw. Ausbau eines Wärmenetzes ins Risiko gehen muss und das finanzielle Risiko verringert werden könnte. Und für den Betrieb werden dauerhafte personelle Ressourcen für das Projekt gefordert (Interview Bramsche 02 - direkter Akteur 2020).

11 Akteurskonstellation

11.1 Vorgehensweise im Untersuchungsgebiet

Um die Akteurskonstellation im Untersuchungsgebiet Bramsche zu visualisieren und die jeweiligen Rollen darzustellen, werden die Akteure in einer Einfluss-Interessen-Matrix dargestellt. Dazu wird der Ist-Zustand in Bezug auf den Einfluss und die Interessen der Akteure, der von den Forschenden in den Clustern vorgefunden wurde, analysiert. Das Vorgehen hierzu wird im oben genannten Methodenbericht (Welz et al. 2021) beschrieben. An dieser Stelle wird das Vorgehen kurz zusammengefasst.

Vorgehen - Zusammenfassung

In Kapitel 10.1 wurden die Interessen der im Cluster vorhandenen und interviewten Akteure themenspezifisch ausgewertet. Diese Interessen werden nun auf Basis der Interviews den einzelnen Akteuren zugeordnet. Die von den Akteuren selbst genannten Interessen, werden im ersten Schritt mit den in der Literatur genannten Interessen abgeglichen (siehe Kapitel 11.2). In der Auswertung der Interviews wurden folgende Code-Kategorien verwendet (siehe Kapitel 11.3):

- finanzielles Eigeninteresse
- Interesse an Gemeinwohl, inkl. Klimaschutz, Energie- und Wärmewende
- Sonstiges Eigeninteresse

Um das Interessenlevel nach der ‚Top-Bottom'-Methode (Eden und Ackermann 1998) beurteilen zu können, wurde bewertet, wie stark die jeweiligen Akteure diese Interessen verfolgen. Dabei wurde auch berücksichtigt, wie eng der Bezug des Akteurs zum Standort ist.
Die Bewertung des Einflusslevels erfolgt ebenfalls nach der ‚Top-Bottom'-Methode (Eden und Ackermann 1998). Hier wurden folgende Kriterien angewendet (siehe Kapitel 11.4):

- Entscheidungsbefugnis
- Vernetzungsgrad
- Ressourcen

Im letzten Schritt werden die Bewertungen für das Interessen- und Einflusslevel in einer Einfluss-Interessen-Matrix (Ackermann und Eden 2011) zusammengeführt und konkretisiert. Dabei wird der Akteurs-Typ noch berücksichtigt, siehe Kapitel 11.5:

- Einfluss auf das Projekt
- Beeinflusst vom Projekt
- Involviert im Projekt
- Interessiert am Projekt

Abgrenzung

Zur Abgrenzung und besseren Verständlichkeit wird insbesondere bei der Bewertung des Interessen- und des Einflusslevels eine Einschränkung auf die in KoWa entwickelten Versorgungsvarianten vorgenommen, vgl. Kapitel 5.1. Dieses Konzept wurde im Rahmen des Forschungsprojektes KoWa definiert und grenzt sich von den bisher bestehenden Versorgungslösungen (Gas und Fernwärme) ab.

11.2 Vorhandene Akteure in Bramsche und ihre Interessen

Entlang der Wertschöpfungskette der kommunalen Wärmeversorgung treten nach Dunkelberg et al. 2018 folgende Akteure auf: Städte und Kommunen, Erzeuger, Netzbetreiber, Vertrieb, Abnehmer, Wärmenutzer*innen und verschieden Fachexpert*innen. Bezogen auf Bramsche leiten sich aus den technologischen Konzeptvorschlägen folgende Akteure entlang dieser Wertschöpfungskette ab: Die Stadt als politische Vertreterin und Vermieterin, die Stadtwerke als Netzbetreiber und Wärmeerzeuger, das beteiligte Industrieunternehmen als Wärmeerzeuger und weitere Vermieter*innen im Neubaugebiet Breslauer Höfe. In Übersicht 5 sind die vorhandenen Akteure, ihre aus der Literatur zugeschriebenen Interessen (siehe Kapitel 2 im Methodenbericht; Welz et al. 2021) und die von den Akteuren selbst genannten Interessen aus den Interviews gelistet. Eine allgemeine Auswertung der akteursübergreifenden Interessen findet sich in Kapitel 10.1.

Übersicht 5: Übersicht der vorhandenen Akteure und ihre Interessen aus Literatur und Interviews im Cluster Bramsche.

Akteure	Interessen (Literatur)	Interessen (Interviews)
Städte & Kommunen LK Verwaltung Stadtverwaltung Bramsche	- Daseinsvorsorge - günstige und sichere Energieversorgung - Klimaschutz - Wirtschaftsförderung	- Daseinsfürsorge - günstige und sichere Energieversorgung - Klimaschutz - Pilotprojekt Abwärme - Vorbildfunktion
Energieversorgungs-unternehmen (EVU)/ Stadtwerke/ Genossenschaften Stadtwerke Bramsche	- Anlagen-/Netzbetrieb - Wirtschaftlichkeit - Langfristige Kundenbindung	- Anlagen-/Netzbetrieb - Wirtschaftlichkeit - Langfristige Kundenbindung
Gewerbliche Unternehmen Tapetenfabrik Rasch	- Privatwirtschaftliche Interessen - Kostenreduktion - ggf. Erschließung neuer Einnahmequellen	- Privatwirtschaftliche Interessen - Image - Kostenreduktion - CO_2-Neutralität - Juristische Sicherheit
Wärmeabnehmer, Bereich Wohnen Stadtverwaltung Bramsche Baugenossenschaft LK Osnabrück (BGLO)	- Wirtschaftlichkeit - Wertsteigerung der Immobilien - Teils: Förderung von attraktivem und bezahlbarem Wohnraum, Erhalt bzw. Wertsteigerung der Immobilien	- Wirtschaftlichkeit - Werterhalt der Immobilien - Förderung von sozialem Wohnungsbau - Nachhaltigkeit / Lebenszyklusanalyse

Quelle: Eigene Zusammenstellung, in Anlehnung an Hertle et al. 2015: S. 72; Riechel et al. 2017.

Abweichungen

Die Interessen aus Literatur und Interviews decken sich weitestgehend. Bei den meisten Akteuren wurde zusätzlich zu den Interessen aus der Literatur auch Klimaschutz angegeben. Dieses Interesse hat verschiedene Motivationen, zum einen das Eigeninteresse der Akteure, zum anderen auch Druck von außen durch den steigenden CO_2-Preis. Es gibt das Interesse an juristischer Sicherheit, welches bislang in der Literatur noch nicht beschrieben wurde.

11.3 Bewertung des Interessenlevels

Zur Bewertung des Interessenlevels eines jeden Akteurs werden Kriterien herangezogen, um die Bewertung vergleichbar zu gestalten. Zu diesen aus den Interviews abgeleiteten, Kriterien zählen: finanzielles Eigeninteresse, Interesse an Gemeinwohl inkl. Klimaschutz, Energie- und Wärmewende und sonstige Eigeninteressen. Der Bezug des Akteurs zum Standort wurde ebenfalls berücksichtigt. Eine detaillierte Erläuterung ist dem Methodenbericht (Kapitel 4.4; Welz et al. 2021) zu entnehmen. In Übersicht 6 sind die Kriterien je Akteur zusammengefasst. Im Anschluss erfolgt eine Verschriftlichung.

Übersicht 6: Übersicht der Akteure und Bewertung ihres Interessenlevels.

Akteur	Bezug zum Standort	Gemeinwohl	Finanzielle Eigeninteressen	Persönliches Interesse	
Politik , Stadt & LK	- Vertritt lokale und kommunale Interessen	- Klimaschutzkonzept - Vorbild-funktion - Pilotprojekt	- Daseinsvorsorge/ Gemeinwohl - günstige und sichere Energieversorgung	- Public Choice Theory - Wiederwahl	**Niedrig-Mittel**
Stadtwerke	- Kommunales Stadtwerk	- Klimaschutz	- Wirtschaftlichkeit - Risikoverteilung - Anlagen/ Netzbetrieb	- Möglicherweise gegeben	**Hoch**
Gewerbe Tapetenfabrik Rasch	- Großer lokaler Arbeitgeber - Standort im Stadtzentrum	- Produktnachfrage von Kund*innen - Image und Marketing - CO_2-Neutralität	- Wirtschaftlichkeit	- Juristische Sicherheit	**Hoch**
Wohnungswirtschaft	- Lokal tätig - Öffentliche Körperschaft	- Vorbildfunktion - Förderung sozialer Wohnungsbau	- Wirtschaftlichkeit - Werterhalt der Immobilien	- Nachhaltigkeit/ Lebenszyklusanalyse	**Mittel**

Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Politik: Stadt und Landkreis

Bei den politischen Akteuren ist die Unterscheidung zwischen Verwaltungsangestellten und gewählten Personen zu treffen. Gewählte Personen haben ein Interesse an ihrer Wiederwahl, wohingegen Veraltungsmitarbeitende nicht gewählt werden und von der jeweiligen Wahlperiode unabhängiger und beständiger sind. Wird eine Stadt bzw. Kommune als Ganzes betrachtet, vertritt sie natürlich lokale und kommunale Interessen und hat ein Interesse an der Daseinsvorsorge, wozu auch die Entwicklung eines Klimaschutzkonzeptes gehören. Weiterhin wurde Interesse an Pilotprojekten geäußert, somit wird ihr Interessenlevel insgesamt als **Niedrig-Mittel** bewertet.
Einzelne Fachämter oder Funktionen können ein davon abweichendes Interessenlevel haben. Beispielsweise wird der Wirtschaftsförderung ein höheres Interessenlevel als der Stadtverwaltung insgesamt zugeschrieben, da das Thema zwar nicht das Kerngeschäft berührt, die Unterstützung für KoWa auf Anfrage jedoch sehr aktiv ist.

Stadtwerke

Unter den Standortfaktoren muss beim Stadtwerk als kommunales Unternehmen in der Rechtsform einer GmbH aufgeführt werden, dass es sich um ein kommunal agierendes Unternehmen handelt. Das Interesse am Klimaschutz wird von der Kommune mitbestimmt. Je höher das Interesse am Klimaschutz in der Kommune ist, desto höheren Stellenwert hat das Thema auch bei den dazugehörigen Stadtwerken. Bei der konkreten technologischen Umsetzung sind die Faktoren Wirtschaftlichkeit und gleichberechtigte Risikoverteilung innerhalb des Projektes für die Stadtwerke von Interesse. Weiterhin sind die Stadtwerke an einem stabilen Anlagen- und Netzbetrieb interessiert. Somit wird ihr Interessenlevel als **Hoch** bewertet.

Gewerbe Rasch

Rasch Tapeten ist ein großer lokaler Arbeitgeber und hat seinen Sitz in der Stadt. Daraus leitet das Unternehmen eine öffentliche Verantwortung ab. Weiterhin steigt die Nachfrage durch deren Kunden*innen nach nachhaltigeren Produkten und sie spüren einen (finanziellen) Druck CO_2-neutral zu werden. Dies hat vorrangig Image und Marketing und nachrangig Wirtschaftlichkeit als Gründe für das Unternehmen. Weiterhin sind sie an juristischer Sicherheit interessiert. Insgesamt wird ihr Interessenlevel als **Hoch** bewertet.

Wohnungswirtschaft

Beide in der Wohnungswirtschaft tätigen Unternehmen, sind lokal tätig und eine öffentliche Körperschaft. Sie sehen eine Vorbildfunktion, die sie dadurch einnehmen und haben ein Interesse den sozialen Wohnungsbau zu fördern. Unter den wirtschaftlichen Interessen, haben sie natürlich ein Interesse am Werterhalt ihrer Immobilien und einer Wirtschaftlichkeit ihres Unternehmens. Sie haben darüber hinaus aber auch ein persönliches Interesse an Nachhaltigkeit und einer Lebenszyklusanalyse. Insgesamt wird ihr Interessenlevel als **Mittel** bewertet.

11.4 Bewertung des Einflusslevels

Zur Bewertung des Einflusslevels eines jeden Akteurs werden Kriterien herangezogen, um diese vergleichbar zu gestalten. Zu diesen Kriterien zählen neben der Entscheidungsbefugnis auch der Vernetzungsgrad und die zur Verfügung stehenden Ressourcen. Dies ist ausführlich im Methodenbericht (Kapitel 4.4; Welz et al. 2021) erläutert. In Übersicht 7 sind die Kriterien je Akteur zusammengefasst. Im Anschluss erfolgt eine Verschriftlichung.

Übersicht 7: Übersicht der Akteure und Bewertung ihres Einflusslevels.

Akteur	Entscheidungsbefugnis	Vernetzungsgrad	Ressourcen	
Politik, Stadt & Landkreis	- Auf die Rahmenbedingungen - Finanzielle Förderprogramme - Abhängig von Gesetzgebungskompetenz	- Gute Vernetzung - Aufsichtsrat der Stadtwerke	- Organisatorisch - Finanziell - Teilw. Know-how	**Mittel**
Stadtwerke	- Entscheidet über Bau des Wärmenetzes	- 100 %-Tochter der Kommune	- Organisatorisch - Finanziell - Know-how (bestehendes Wärmenetz)	**Hoch**
Gewerbe Tapetenfabrik Rasch	- Wärmeliefernd	- Traditionsreiches, großes Unternehmen im Ort	- Organisatorisch - Finanziell - Teilw. Know-how	**Hoch**

Akteur	Entscheidungsbefugnis	Vernetzungsgrad	Ressourcen	
Wohnungs-wirtschaft	- Für eigenen Bestand - Können von öffentlicher Hand verpflichtet werden - Direkt angrenzende Liegenschaften vorhanden	- Vernetzung sehr gut - Öffentliche Körperschaften	- Organisatorisch - Finanziell - Teilw. Know-how	**Niedrig-Mittel**

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Politik: Stadt und Landkreis

Grundsätzlich muss bei den politischen Akteuren zwischen denen mit und ohne Gesetzgebungskompetenz unterschieden werden. Kommunale Verordnungen finden lokal begrenzt in den Kommunen Anwendung und benötigen in der Regel ein Landes- oder Bundesgesetz, welches sie zum Erlass dieser Verordnungen ermächtigt. Daher ist der Einfluss der politischen Akteure mit Gesetzgebungskompetenz ist höher zu bewerten. Ihre Entscheidungen und Gesetze haben eine größere Wirkreichweite. Die Stadt kann durch ihren Sitz im Aufsichtsrat der Stadtwerke direkten Einfluss auf das Projekt nehmen und z.B. eine Projektfinanzierung verweigern. Sie wird sich vermutlich jedoch nicht gegen die Stadtwerke stellen. In Bramsche sind die Sichtweise der Stadt und des Landkreises sehr ähnlich, so dass sie zusammengefasst dargestellt werden. Die Kommune bzw. der Landkreis kann durch ihre rechtlichen Kompetenzen Rahmenbedingungen setzen, die sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf Projekte haben können. Beide verfügen über organisatorische und finanzielle Ressourcen und über das für sie notwendige Know-how. Somit wird ihr Einflusslevel insgesamt mit **Mittel** bewertet. Bei differenzierter Betrachtung, kann der Einflusslevel der Stadt etwas höher als der des Landkreises bewertet werden.

Stadtwerke

Die Stadtwerke als lokaler Energieversorger entscheiden über den Bau und Betrieb eines Wärmenetzes. Sie besitzen bereits Erfahrung im Bau und Betrieb und haben auch bereits Erfahrung mit einer Anschlusspflicht. Da die Stadtwerke ein kommunales Unternehmen in der Rechtsform einer GmbH sind und die Kommune im Aufsichtsrat sitzt bzw. in Person des Bürgermeisters den Vorsitz innehat, sind diese beiden Akteure sehr gut vernetzt. Auch die Vernetzung zu den weiteren beteiligten Akteuren ist gut. Somit wird ihr Einflusslevel insgesamt mit **Hoch** bewertet.

Gewerbe Rasch

Das Unternehmen Rasch ist als Wärmelieferant im aktuell geplanten Projekt vorgesehen. Das Unternehmen ist ein traditionsreiches Unternehmen im Ort und zusätzlich durch seine zentrale Lage gut vernetzt. Es verfügt über organisatorische und finanzielle Ressourcen, die Auskopplung von Wärme ist jedoch neu für das Unternehmen und Know-how dazu muss noch erlangt werden. Durch die Stellung als momentan einziger Wärmelieferant wir das Einflusslevel mit **Hoch** bewertet.

Wohnungs-wirtschaft

Sowohl die BGLO als auch die Stadt Bramsche sind lokal tätige öffentliche Körperschaften und sind dadurch gut vernetzt. Sie haben Entscheidungsbefugnis über ihren eigenen Bestand und können über ihre Vernetzung Einfluss nehmen, es kann jedoch auch Einfluss auf sie genommen werden. Beide Unternehmen haben Liegenschaften, die direkt an das aktuell geplante Projekt angrenzen und ihr Einfluss wird steigen, sobald das Projekt erweitert wird und den weiteren Bestand einschließen wird. Sie verfügen über organisatorische, finanzielle Ressourcen und teilweise über Know-how. Solange ihr Bestand sich außerhalb des geplanten Projektes befindet wird ihr Einflusslevel als **Niedrig-Mittel** bewertet.

11.5 Einfluss-Interessen-Matrix

Neben den Aspekten des Einfluss- und Interessenlevels helfen weiterhin folgende Fragen in der finalen Einordnung der Akteure:

- Von welchem Typ ist der jeweilige Akteur? Hat der Akteur Einfluss auf das Projekt oder wird er selbst von diesem Projekt beeinflusst? Ist er bereits involviert oder am Projekt interessiert?
- Wie ist der Einflusslevel des Akteurs? In der Einteilung Hoch – Mittel – Niedrig
- Wie ist der Interessenlevel des Akteurs? In der Einteilung Hoch – Mittel – Niedrig

In Übersicht 8 sind die obige Fragen für alle Akteure beantwortet und in Abbildung 36 dargestellt.

Übersicht 8: Konkretisierung und Zusammenfassung einer Einfluss-Interessen-Matrix.

Akteur	Typ	Einflusslevel	Interessenlevel
Politik: Stadt und Landkreis	Einfluss	Mittel	Mittel
Stadtwerk	Involviert, Einfluss	Hoch	Hoch
Rasch	Involviert, Einfluss	Hoch	Hoch
Wohnungswirtschaft	Beeinflusst, interessiert	Niedrig-Mittel	Niedrig-Mittel

Quelle: Eigene Erstellung.

Auf Grundlage der vorherig erläuterten Einflüsse und Interessen der einzelnen Akteursgruppen ergibt sich die in Abbildung 36 dargestellten Einfluss-Interessen-Matrix.

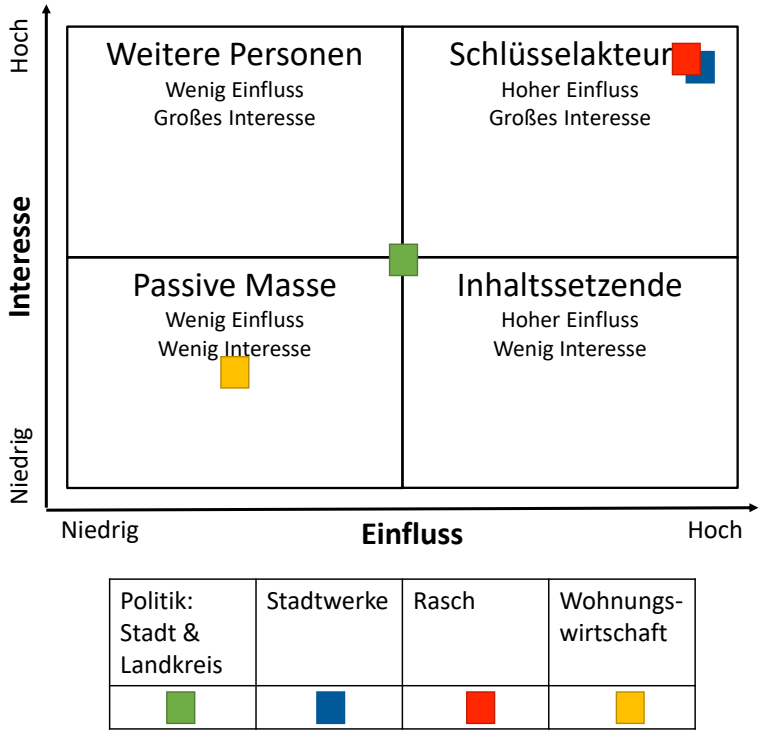


Abbildung 36: Einfluss-Interessen-Matrix im Untersuchungsgebiet Bramsche.
Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an Ackermann und Eden 2011

Eine differenziertere Unterscheidung zwischen Stadt und Landkreis würde zu einem etwas höheren Einflusslevel der Stadt führen, so dass die Stadt als Akteur zum Schlüsselakteur wird. Ebenfalls könnte die Wohnungswirtschaft differenzierter betrachtet werden. Die Stadt baut innerhalb des Neubaugebietes und wird in diesen Liegenschaften die Vermieterin sein. Dadurch erhöht sich ihr Einfluss- und Interessenlevel gleichermaßen und ist jeweils als Mittel zu bewerten.

12 Fazit der Akteursstrukturen und Chancen und Hemmnisse der Wärmewende

Aus den Akteursinterviews und der Analyse der Akteursstruktur im Untersuchungsgebiet Bramsche lassen sich folgende Kernpunkte als Fazit zusammenfassen:

- Es fehlt eine strategische Ausrichtung und Wärmeplanung im Landkreis und damit auch im Untersuchungsgebiet Bramsche. Die Verantwortung, die aus einer strategischen Ausrichtung erwächst, würde die Politik in Richtung eines inhaltssetzenden Akteurs bzw. eines Schlüsselakteurs verschieben und könnte so entscheidend Einfluss nehmen.
- Es bestehen juristische Hemmnisse und der Wunsch der Akteure diese zu überwinden. Darunter fallen planungsrechtliche Nachschärfungen aber auch eine Verpflichtung zur Nutzung von EE. Bei der Abwärmenutzung bedarf es rechtlicher Klarheit, wie bilanziell mit einer Abwärmeabgabe umgegangen werden soll. Bislang profitiert nur der Abwärmenutzende und nicht das abgebende Unternehmen.
- Chancen für die Wärmewende werden insbesondere in der Nutzung industrieller Abwärme gesehen. Es wird gefordert, diese verfügbar zu machen und zu nutzen.
- Eine Chance zur Umsetzung der Abwärmenutzung wird auch dem Forschungsprojekt KoWa heraus zugesprochen. Es wird als zentraler und neutraler Akteur wahrgenommen, der die Kommunikation und Projektentwicklung innehat. Diese Rolle könnten auch die Kommune bzw. die Stadtwerke einnehmen.

Literaturverzeichnis

Ackermann, F., Eden, C. (2011): Strategic Management of Stakeholders: Theory and Practice. In: Long Range Planning 44 (3): 179-196.

Acksel, D., Huenges, E., Kastner, O. (2017): Wärmewende am Beispiel Quartier. Potsdam.

AEE - Agentur für Erneuerbare Energie (2017): Biogene Rest- und Abfallstoffe. Renews Spezial. Berlin.

AGEB - Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. (2020): Auswertungstabellen zur Energiebilanz Deutschland.

Agemar, T., Alten, J., Gramenz, J., Wolf, M. (2018): Temperaturkarten für Deutschland.

Agemar, T., Alten, J., Ganz, B., Kuder, J., Kühne, K., Schumacher, S., Schulz, R. (2014): GeotIS: The Geothermal Information System for Germany. In: Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (ZDGG) 165 Heft 2/2014: 129-144.

AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (2020): Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung. Frankfurt am Main.

AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK (2019): Hauptbericht 2018. Frankfurt am Main.

Agora EW - Agora Energiewende (2019): Wie werden Wärmenetze grün? Dokumentation zur Diskussionsveranstaltung am 21. Mai 2019 auf den Berliner Energietagen 2019. Berlin.

BAFA - Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2019): Merkblatt zu den CO2-Faktoren.

BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (2020): Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland. 3. Aufl.

Berberich, M., Mangold, D. (2017): Berechnung und Planung der Anlagen: Randbedingungen von Solarthermieanlagen für iKWK-Systeme. In: Euroheat & Power 46 (11): 16-19.

Berberich, M., Deschaintre, L., Schmidt, T. (2017): ScenoCalc.

BGH - Bundesgerichtshof (1989): Begriff der Fernwärme. VIII ZR 229/88.

BGH - Bundesgerichtshof (1978): Keine Preisbindung und Rechnungslegung für Wärmelieferung an preisgebundenen Wohnraum. VIII ZR 273/77.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016): Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken.

Blomber, T., Claesson, J., Eskilson, P., Hellström, G., Sanner, B. (2021): Earth Energy Designer EED: Earth Energy Designer EED.

Blömer, S., Götz, C., Pehnt, M., Hering, D., Ochse, S., Hespeler, S., Richter, S., Thomassen, P., Grytsch, G., Zopff, C., Jäger, S., Huber, B. (2019): EnEff:Wärme - netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NENIA). Heidelberg.

BMVBS - Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2003): PPP im öffentlichen Hochbau.

BMWi - Bundeministerium für Wirtschaft und Energie (2021a): Richtlinie für die Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss und Kredit. BAnz AT 29.10.2021 B2.

BMWi - Bundeministerium für Wirtschaft und Energie (2021b): Richtlinie zur Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft – Förderwettbewerb. BAnz AT 29.10.2021 B1.

BMWi - Bundeministerium für Wirtschaft und Energie (2021c): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. 2021. Aufl. Berlin.

BNetzA - Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2021): Aktuelle Einheitenübersicht. Bramsche: Marktstammdatenregister (MaStR). URL: https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht (gesehen am: 10.05.2021).

Bothmer, S. von (2019): Wärmewende mit Energie aus Abwasser Das unterschätzte Potenzial im Kanal. 5. BMU-Fachtagung "Klimaschutz durch Abwärmenutzung". Berlin.

Bundesverband Geothermie e.V. (2021): Geothermie in Zahlen. URL: https://www.geothermie.de/geothermie/geothermie-in-zahlen.html (gesehen am: 07.05.2020).

Bundesverband Solarwirtschaft e.V. (2021): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie). Berlin.

Buri, R., Kobel, B. (2014): Wärmenutzung aus Abwasser. Bern, Zürich.

BVerfG (2021): Klimaschutz als intertemporaler Freiheitsschutz - Vorkehrungen zur Abmilderung hoher Emissionsminderungslasten grundrechtlich zur Freiheitssicherung über Zeit und Generationen hinweg geboten, jedoch unzureichend - Minderung der Treibhausgasemissionen gem § 3 Abs 1 S 2, § 4 Abs 1 S 3 Bundes-Klimaschutzgesetz (juris: KSG) daher partiell mit GG unvereinbar - Pflicht des Gesetzgebers zur Fortschreibung der Minderungsziele für Zeiträume ab 2031, Frist bis 31.12.2022 E-CLI:DE:BVerfG:2021:rs20210324.1bvr265618.

bwp - Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2018): Leitfaden Erdwärme. 4. Aufl. Berlin.

COBEN - Carl von Ossietzky Universität Oldenburg (2020): COBEN - Making Civic Energy Work. URL: https://civic-energy.eu/regions/osnabrueck (gesehen am: 25.05.2020).

Degenhart, H., Holstenkamp, L. (2010): Genossenschaftliche Beteiligungsfinanzierung von Investitionen für die Erzeugung und Verteilung erneuerbarer Energien. In: George, W., Bonow, M. (Hrsg.): Kommunale Kooperation. Lengerich (Pabst Science Publishers): 82-106.

dena - Deutsche Energie-Agentur GmbH (2019): Abschlussbericht Urbane Energiewende. Berlin.

dena - Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hrsg.) (2015): Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Berlin.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2020): Warenverzeichnis für den Aussenhandelsstatistik 2021. Köln.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2008): Klassifikation der Wirtschaftszweige. Wiesbaden.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2020): Merkblatt DWA-M 114. DWA-Regelwerk 114. Hennef (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall).

Deutscher Bundestag (2020): Finanzielle Situation der Kommunen in Deutschland.

Dott, R., Genkinger, A., Kolber, R., Alimpic, Z., Hubacher, P., Afjei, T. (2018): Wärmepumpen. 5. Aufl. (FAKTOR Verlag AG).

Dunkelberg, E., Deisböck, A., Herrmann, B., Hirschl, B., Mitzinger, T., Röder, J., Salecki, S., Thier, P., Wassermann, T. (2020a): Fernwärme klimaneutral transformieren. Schriftenreihe des IÖW 218/20. Berlin.

Dunkelberg, E., Deisböck, A., Hirschl, B., Mitzinger, T., Röder, J., Salecki, S., Thier, P., Wassermann, T. (2020b): Keimzellen für eine Quartierswärmeversorgung. Berlin.

Dunkelberg, E., Gährs, Swantje, Weiß, Julia, Salecki, S. (2018): Wirtschaftlichkeit von Mehrleiter-Wärmenetzen. Schriftenreihe des IÖW 215/18.

DVGW - Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e. V. (2020): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete: Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser (gesehen am: 25.03.2021).

Eden, C., Ackermann, F. (1998): Making strategy. London (SAGE).

EEX - European Energy Exchange AG (2021): EUA Primary Market Auction Report: European Emission Allowances Auction (EUA). URL: https://www.eex.com/de/marktdaten/umweltprodukte/eex-eua-primary-auction-spot-download (gesehen am: 13.10.2021).

Elci, M. (2018): Smarte und dezentrale solare Fernwärme. Solare Energie- und Systemforschung/Solar energy and systems research. Stuttgart (Fraunhofer Verlag).

Energielenker Beratungs GmbH (2020a): Abschlussbericht integriertes energetisches Quartierskonzept.

Energielenker Beratungs GmbH (2020b): Integriertes Klimaschutzkonzept.

Essex Furukawa Magnet Wire LLC (2020): Essex Furukawa Global Joint Venture Finalized. Atlanta (USA).

EU-KOM - Europäische Kommission (2021): Emissionshandelssystem (EU-EHS). URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_de (gesehen am: 11.02.2021).

Fehrenbach, H., Giegrich, J., Köppen, S., Wern, B., Pertagnol, J., Baur, F., Hünecke, K., Dehoust, G., Bulach, W., Wiegmann, K. (2018): BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem. Texte. Dessau-Roßlau.

Fritsche, U. (2016): Globales Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS). GdW-Workshop „Praxis Wohnungswirtschaft: CO2-Emissionen: Bilanzierung, Monitoring, Strategien“. Berlin.

Fritz, S., Pehnt, M. (2018): Kommunale Abwässer als Potenzial für die Wärmewende?

Frontier Economics (2018): Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende: Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. In: Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe.

Gapp-Schmeling, K., Hewelt, F., Meyer, M., Rogall, H., Schmidt, C., Waldhoff, C., Welz, A., Wern, B. (2021): Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungsoptionen. KoWa-Berichte.

Gaudard, A., Schmid, M., Wuest, A. (2017): Mögliche physikalische und ökologische Auswirkungen der Wärme- und Kältenutzung: Thermische Nutzung von Oberflächengewässern. In: AQUA & GAS 5/2017: 40-45.

Good, J., Nussbaumer, T., Jenni, A., Bühler, R. (2005): Systemoptimierung automatischer Holzheizungen.

Herkel, S. (2018): Technologiebericht 3.2 Wärmetransport und -verteilung. In: WI - Wuppertal Institut, ISI - Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, IZES - Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken.

Hertle, H., Pehnt, M., Gugel, B., Dingeldey, M., Müller, K. (2015): Wärmewende in Kommunen: Leitfaden für den klimafreundlichen Umbau der Wärmeversorgung. Schriften zur Ökologie 41. 3. Aufl. Berlin (Heinrich-Böll-Stiftung).

Hoppenbrock, C., Voigtländer, C. (2018): Kommunaler Energie-Steckbrief - Bramsche.

Hüttenrauch, J., Müller-Syring, G., Krause, H., Fichtner, W., Nolden, C., Hauser, P., Müller, T., Möst, D., Härtel, P., Gerhardt, N., Sterner, M., Thema, M., Markewitz, P., Gillessen, B., Heinrichs, H., Münch, K., Bongers, T., Marjanovic, I., Müller-Kirchenbauer, J., Hotopp, S., Merten, F., Buddeke, M., Schaube, P., Taubitz, A., Dresen, B., Möllenbrink, D., Wagner, H.-J., Köppel, W., Bär, K., Degünther, C., Benthin, J. (2017): Integration fluktuierender erneuerbarer Energien durch konvergente Nutzung von Strom- und Gasnetzen.

IINAS - Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (2021): GEMIS: Globales Emissions-Modell integrierter Systeme.

iNeG - IngenieurNetzwerk Energie eG (2018): Energiekonzeptstudie für das Nahwärmenetz zur Nutzung industrieller Abwärme in Bramsche. Bad Iburg.

Kaltschmitt, M., Hartmann, H., Hofbauer, H. (Hrsg.) (2016): Energie aus Biomasse. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg (Springer Vieweg).

Kammer, H. (2018): Thermische Seewassernutzung in Deutschland. Wiesbaden (Springer Fachmedien Wiesbaden).

Kasper, B.-R., Weyers-Borchert, B., Metz, M. (2012): Warum Sonnenenergie nutzen? In: DGS - Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), Landesverband Berlin Branden-

burg e.V. (Hrsg.): Solarthermische Anlagen: Leitfaden für das SHK-, Elektro- und Dachdeckerhandwerk, Fachplaner, Architekten, Bauherren und Weiterbildungsinstitutionen. 9. Aufl. Berlin (DGS, LV Berlin-Brandenburg).

Klepper, G., Thrän, D. (2019): Biomasse im Spannungsfeld zwischen Energie- und Klimapolitik Strategien für eine nachhaltige Bioenergienutzung. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. München.

KRO - Kompostierungsgesellschaft Region Osnabrück mbH (2021): Die K.R.O. im Überblick. URL: http://www.kro-os.de/wir-ueber-uns/die-kro-im-ueberblick.html (gesehen am: 12.02.2021).

Kruse, T. (2011): Wärmelieferungsverträge (Contracting) in der notariellen Praxis. In: Rheinische Notar-Zeitschrift (RNotZ) 2011: 65-86.

Kuhlmann, J. (2011): Bramscher AWO Altenwohnzentrum wird für 5,65 Millionen Euro saniert. In: Neue Osnabrücker Zeitung, 16.03.2011.

Lacroix + Kress GmbH (2022): Home. URL: https://lacroixundkress.de/uber-uns/#lacroix-kress (gesehen am: 03.02.2022).

Landkreis Osnabrück (2021a): Raumordnungsatlas (ROA). URL: https://geoinfo.lkos.de/webinfo/synserver?project=roa&client=flex (gesehen am: 27.04.2021).

Landkreis Osnabrück (2021b): Regionales Raumordnungsprogramm (RROP). URL: https://geoinfo.lkos.de/webinfo/synserver?project=rrop&client=flex (gesehen am: 27.04.2021).

Landkreis Osnabrück (2021c): Umweltatlas. URL: https://geoinfo.lkos.de/webinfo/synserver?project=ua&user=gast (gesehen am: 05.05.2021).

Landkreis Osnabrück (2020a): Solarkataster. URL: https://www.solardachkataster-lkos.de (gesehen am: 15.07.2020).

Landkreis Osnabrück (2020b): Planungsportal Industrielle Abwärme - PInA. URL: https://pina.lkos.de/pina/index.jsp (gesehen am: 14.09.2020).

Landkreis Osnabrück (2020c): Verordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Brunnen des Wasserwerkes Bramsche-Gartenstadt der Stadtwerke Bramsche.

Landkreis Osnabrück (2019): Planungsportal Industrielle Abwärme - PInA. URL: http://geoinfo.lkos.de/webinfo/synserver?client=auto&project=pina_extern&user=gast (gesehen am: 12.07.2020).

LANUV - Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2019): Potenzialstudie Industrielle Abwärme. Recklinghausen.

LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (2020): Niedersächsisches Bodeninformationssystem: NIBIS Kartenserver. URL: https://nibis.lbeg.de/cardomap3/ (gesehen am: 15.07.2020).

Leiber GmbH (2021a): Geschichte. URL: https://www.leibergmbh.de/de/unternehmen/ueber-uns/geschichte/ (gesehen am: 29.03.2021).

Leiber GmbH (2021b): Nachhaltigkeit. URL: https://www.leibergmbh.de/de/unternehmen/ueber-uns/nachhaltigkeit/ (gesehen am: 29.03.2021).

Leiber GmbH (2021c): Hauptsitz der Leiber GmbH in Bramsche, Deutschland: Standorte. URL: https://www.leibergmbh.de/de/unternehmen/standorte/hauptsitz-deutschland/ (gesehen am: 29.03.2021).

Leiber GmbH (2021d): Veredelung von Bierhefe. URL: https://www.leibergmbh.de/de/startseite/ (gesehen am: 29.03.2021).

Maaß, C., Möhring, P., Purkus, A., Sandrock, M., Freiberger, L., Kleinertz, B. (2021): Grüne Fernwärme für Deutschland – Potenziale, Kosten, Umsetzung. Hamburg, München.

Miedaner, O., Pauschinger, T. (2019): Solarthermie-Freiflächenanlagen. In: UM BW - Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.): Freiflächensolaranlagen. Handlungsleitfaden. Stuttgart.

ML NI - Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz / Referat für Raumordnung und Landesplanung (2020): Auszug aus dem „Energieatlas Niedersachsen“. URL: https://sla.niedersachsen.de/Energieatlas/ (gesehen am: 04.02.2021).

MU NI - Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (2020): Hydrologie. Wasserschutzgebiete: Umweltkarten Niedersachsen. URL: https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/umweltkarten/?topic=Hydrologie&lang=de&bgLayer=Topographie-Grau&X=5806493.00&Y=431528.00&zoom=10&catalogNodes= (gesehen am: 11.02.2021).

Müller, E., Schmid, F., Kobel, B., Stodtmeister, W. (2009): Heizen und Kühlen mit Abwasser.

Nussbaumer, T., Thalmann, S., Jenni, A., Ködel, J. (2021): Planungshandbuch Fernwärme. Bern.

OpenStreetMap-Mitwirkende (2021): OpenStreetMap Deutschland OpenStreetMap Deutschland.

Paar et al., A. (2013): Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien: Endbericht. Forschung und Entwicklung. Frankfurt am Main.

Pehnt, M. (2017): Wärmenetzsysteme 4.0. Heidelberg, Berlin, Düsseldorf, Köln.

Pehnt, M. (Hrsg.) (2010): Energieeffizienz. Berlin, Heidelberg (Springer Berlin Heidelberg).

PLAN.CONCEPT Architekten GmbH (2019): Investorenwettbewerb Breslauer Strasse „Breslauer Höfe“, Bramsche (gesehen am: 18.02.2021).

r2b energy consulting GmbH (2021): Finanzierung der Energiewende – Aktualisierung zum VKU-Reformvorschlag der Entgelte- und Umlagesystematik. Köln.

Reich, G., Reppich, M. (2018): Regenerative Energietechnik. 2. Aufl. Wiesbaden (Springer Vieweg).

Riechel, R., Koritkowski, S., Libbe, J., Koziol, M., Trapp, J. (2017): Kommunales Transformationsmanagement für die lokale Wärmewende. Berlin (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH).

Rink, M. (2018): Einbeziehung von industrieller Abwärme aus der MiRO in die FW-Versorgung von Karlsruhe. Nahwärme kompakt 2018. Karlsruhe.

saena - Sächsische Energieagentur (Hrsg.) (2016): Technologie der Abwärmenutzung. 2. Aufl. Dresden.

Sandrock, M., Maaß, C., Weisleder, S., Westholm, H., Schulz, W., Löschan, G., Baisch, C., Kreuter, H., Reyer, D., Mangold, D., Riegger, M., Köhler, C. (2020): Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefengeothermischer Ressourcen. Climate Change. Dessau-Roßlau.

Schramedei, R., Schwutke, R., Seier, M., Huther, H., Schäfer, K., Schmid, T., Hincke, R. (2019): SWD.SOL - Dezentrale Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energien in das KWK-Fernwärmesystem der Stadtwerke Düsseldorf AG. Forschung und Entwicklung Heft 51. Frankfurt am Main (AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH).

Solites - Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme (2015): SolnetBW. Stuttgart.

Stadt Bramsche (2021a): Pahlmann plaudert. Folge 25 (06. Juli 2021). URL: https://www.bramsche.de/portal/seiten/pahlmann-plaudert-900000141-31290.html?vs=1 (gesehen am: 19.10.2021).

Stadt Bramsche (2021b): Integriertes Klimaschutzkonzept der Stadt Bramsche. Beschlussvorlage.

Stadt Bramsche (2021c): Klimaschutzmanager/in (m/w/d) Stadt Bramsche: Stellenangebote. URL: https://www.bramsche.de (gesehen am: 22.09.2021).

Stadt Bramsche (2020): Stadtportrait. URL: https://www.bramsche.de/staticsite/staticsite.php?menuid=62&topmenu=4 (gesehen am: 27.05.2020).

Stadtwerke Bramsche (2020a): Energie effizienter einsetzen: Klimaschutz. URL: https://www.stadtwerke-bramsche.de/de/Engagement/Klimaschutz (gesehen am: 28.05.2020).

Stadtwerke Bramsche (2020b): Nahwärmeversorgung. URL: https://www.stadtwerke-bramsche.de/de/Privatkunden/Waerme/Nahwaermeversorgung-Stapelberger-Weg (gesehen am: 27.05.2020).

Stadtwerke Bramsche (2020c): Strukturdaten der Gasversorgung.

Stadtwerke Bramsche (2018a): Grund- und Ersatzversorgung Gas. URL: https://www.stadtwerke-bramsche.de/de/Netze/Gasnetz/Grund-und-Ersatzversorgung (gesehen am: 29.03.2021).

Stadtwerke Bramsche (2018b): Grund- und Ersatzversorgung Strom. URL: https://www.stadtwerke-bramsche.de/de/Netze/Stromnetz/Grund-und-Ersatzversorgung (gesehen am: 29.03.2021).

Stober, I., Bucher, K. (2020): Geothermie. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg (Springer Spektrum).

Tapetenfabrik Gebr. Rasch GmbH & Co. KG (2021): Unternehmen. URL: https://www.rasch-tapeten.de/ueber-uns/unternehmen/ (gesehen am: 29.03.2021).

Thamling, N., Langreder, N., Rau, D., Wünsch, M., Maaß, C., Sandrock, M., Fuß, G., Möhring, P., Purkus, A., Strodel, N. (2020): Perspektive der Fernwärme.

Thrän et al., D. (2015): Endbericht Meilensteine 2030 - Elemente und Meilensteine für die Entwicklung einer tragfähigen und nachhaltigen Bioenergiestrategie. Leipzig.

TU Dresden (2019): Prognose der Auswirkungen dezentraler Einbindung von Wärme aus erneuerbaren Energien und anderen Wärmeerzeugern in Fernwärmenetze: Projekt "DELFIN". FreePlan-Tool. URL: https://tu-dresden.de/ing/maschinenwesen/iet/gewv/forschung/forschungsprojekte/delfin (gesehen am: 29.03.2021).

UBA - Umweltbundesamt (2020): Primärenergiegewinnung und -importe. URL: https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/primaerenergiegewinnung-importe (gesehen am: 15.06.2020).

UBA - Umweltbundesamt (2019): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Dessau-Roßlau.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2013): VDI 3807-1: Verbrauchskennwerte für Gebäude - Grundlagen. Düsseldorf.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2012): VDI 2067-1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen: Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf.

VDI - Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2010): VDI 4640-1: Thermische Nutzung des Untergrunds: Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. Düsseldorf.

Waldhoff, C., Reckzügel, M. (2014): ReWIn - Regionales Wärmekataster Industrie. Osnabrück.

Wekenborg-Placke, H. (2012): „Haus Sonnenschein“ der Bramscher Awo-Altenwohnanlage saniert. In: Neue Osnabrücker Zeitung, 02.03.2012.

Welz, A., Gapp-Schmeling, K., Becker, D. (2021): Erhebung der Akteursstrukturen. Berlin, Saarbrücken.

Wigger, B. (2017): Vor- und Nachteile Öffentlich-Privater Partnerschaften. In: List Forum für Wirtschafts- und Finanzpolitik 42 (4): 395-421.

Zensus (2011): Ergebnisse Bramsche, Stadt (Landkreis Osnabrück). URL: https://ergebnisse.zensus2011.de/#StaticContent:034590014014,ROOT (gesehen am: 28.05.2020).

Interviewmaterial

Interview Bramsche 01 - indirekter Akteur (2020). Bramsche.

Interview Osnabrück 01 - indirekter Akteur (2020). Osnabrück.

Interview Bramsche 02 - direkter Akteur (2020). Bramsche.

Interview Bramsche 03 - direkter Akteur (2021). Bramsche.

Interview Osnabrück 03 - indirekter Akteur (2021). Osnabrück.

Interview Bramsche 04 - direkter Akteur (2021). Bramsche.

Interview Bramsche 05 - direkter Akteur (2021). Bramsche.

Interview Bramsche 06 - direkter Akteur (2021). Bramsche.

Quartiersbezogene Dokumente

Krampe, K. (2021): Heizlastberechnungen Breslauer Höfe, Bramsche. schriftliche Mitteilung. Füchtorf.

Müller, C. (2020a): Informationen zu den städtischen Mietobjekte - Breslauer Straße + Vockestraße. mündliche Mitteilung. Bramsche.

Müller, C. (2020b): Aufstellung der städtischen Mietobjekte - Breslauer Straße + Vockestraße. schriftliche Mitteilung. Bramsche.

Schulte, F. (2021): Gasversorgung Quartier. mündliche Mitteilung. Bramsche.

Strehl, M. (2020a): Informationen zu den Mietobjekten im Eigentum der BGLO. schriftliche Mitteilung. Bramsche.

Strehl, M. (2020b): Informationen zu den Mietobjekten im Eigentum der BGLO. mündliche Mitteilung. Bramsche.

ANHANG

2.3.1 Wohngebäude ... 8
2.3.2 Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) ... 12
2.3.3 Industrie ... 12
3.1.1 Biomasse ... 14
3.1.2 Solarthermie ... 15
3.1.3 Geothermie ... 17
3.1.4 Umweltwärme ... 20
3.1.5 Industrielle Abwärme ... 23
3.2.1 Fossile Brennstoffe ... 26
3.2.2 Biomasse ... 27
3.2.3 Power-to-Heat, Strom aus Windkraft- und Solaranlagen ... 28
5.1.1 Konzept 1-1: Breslauer Höfe (Basiskonzept) BHKW und Erdgaskessel ... 37
5.1.2 Konzept 1-2, NT: Breslauer Höfe und Heizwärmenetze BHKW, Erdgaskessel und Abwärmenutzung aus der TNV ... 38
5.1.3 Konzept 1-2, HT: Breslauer Höfe, Heizwärmenetze und Prozesswärme BHKW, Erdgaskessel und Abwärmenutzung TNV . 39
5.1.4 Konzept 2-1: Breslauer Höfe Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und Erdgaskessel ... 40
5.1.5 Konzept 2-2, NT: Breslauer Höfe und Heizwärmenetze Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und TNV, Erdgaskessel ... 41
5.1.6 Konzept 2-2, HT: Breslauer Höfe, Heizwärmenetze und Prozesswärme Abwärmenutzung Drucklufterzeuger und TNV, Erdgaskessel ... 41
5.1.7 Status Quo: Fossile Versorgung wie bisher ... 41
5.1.8 Übersicht der konzeptspezifischen Endenergiebereitstellung ... 42
5.2.1 Treibhausgasemissionen ... 44
5.2.2 Einfluss des nationalen Emissionshandels ... 45
5.2.3 Auswahl möglicher Förderoptionen ... 46
5.2.4 Wärmekosten ... 47
A. Übersicht energietechnisch beachtliche Schutzbestimmungen im Rahmen des Wasserschutzgebietes ... 88
B. Zusammenfassung der Konzeption Breslauer Höfe im Cluster Bramsche ... 89
C. Grundlagen und Ausführungen zur Nachhaltigkeitsbewertung ... 96
D. Angepasste GEMIS-Prozesse ... 111
E. Interviewleitfaden ... 112

A. *Übersicht energietechnisch beachtliche Schutzbestimmungen im Rahmen des Wasserschutzgebietes*

Übersicht 9: Zusammenfassung der energietechnisch beachtlichen Schutzbestimmungen im Rahmen des Wasserschutzgebietes in Bramsche-Gartenstadt.

	Schutzzone		
	II	**III A**	**III B**
Errichten und Erweitern von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen			
Errichten und Erweitern von Anlagen zur Erzeugung von Biogas	v	v	v
Errichten und Erweitern von sonstigen immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen	v	g	g
Ausgenommen: Erneuern oder Ändern bestehender Anlagen	g	g	g
Energieversorgung			
Errichten von Fernwärmeleitungen			
unterirdisch	v	g	g
oberirdisch	g	–	–
Erdwärmenutzung			
Erdwärmenutzung mit Durchbohren einer stockwerkstrennenden Schicht	v	v	g
Erdwärmenutzung oberhalb des genutzten Grundwasserstockwerks	v	g	g
Erdwärmenutzung im genutzten Grundwasserstockwerk	v	v	g
Ausgenommen: Erdwärmenutzung im genutzten Grundwasserstockwerk mit nicht wassergefährdenden Wärmeträgermitteln	v	g	g
Verkehrsflächen			
Neu- oder Ausbauen von befestigten Wegen, Straßen und Plätzen	v	v	v
Ausgenommen: bei Einhaltung der inhaltlichen Regelungen der „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten“ (RiStWag)	v	g	g

verboten (v), beschränkt zulässig (g) oder zulässig (–)

Quelle: Eigene Darstellung auf Datengrundlage Landkreis Osnabrück 2020c: (Anhang 2).

B. Zusammenfassung der Konzeption Breslauer Höfe im Cluster Bramsche[17]

Hintergrund & Datengrundlage

Für das Cluster Bramsche wird die Versorgung des Neubaugebiets Breslauer Höfe betrachtet. Es soll ein Wärmekonzept entwickelt werden, dass vollkommen auf erneuerbare Energien basiert. Dieses Konzept stellt eine Alternative zu den abwärmebasierten Konzepten dar, die innerhalb KoWa ebenso erarbeitet werden.
Die durch die enable energy solutions GmbH und die Hochschule Osnabrück bereitgestellten Daten sind:

- Broschüre über das geplante Neubaugebiet mit Maßangaben
- Angabe über die Planung eines Wärmenetzes zur Versorgung der Raumwärme und der Trinkwarmwassererwärmung (TWW)
- Anzunehmende Temperaturen im Wärmenetz mit im Vorlauf von 75/70°C (Winter/Sommer) und im Rücklauf von konstant 40°C
- Es soll der KfW55-Standard für Neubauten eingehalten werden

Aus diesen Angaben wurde ein stündlicher Lastverlauf für das geplante Wärmenetz erarbeitet, der als Grundlage für die weitere Berechnung und Konzeption dient.

Voraussetzungen & Annahmen für eine Solarthermieanlage

Aus der Broschüre wurde eine gesamte Dachfläche von rd. 1300 m² ermittelt. Da es sich um Flachdächer handelt, können dort Großkollektoren in Form von aufgeständerten Reihen realisiert werden. Um einen genügend großen Reihenabstand zu ermöglichen, wird die mögliche Bruttokollektorfläche mit einem Faktor zwischen 2 und 2,5 ermittelt. Daraus und unter Berücksichtigung eines Abschlags für sonstige mögliche Dachaufbauten, die den vorläufigen Zeichnungen nicht exakt zu entnehmen sind, ergibt sich eine nutzbare Bruttokollektorfläche von rd. 500 m².
Die Berechnung der solarthermischen Erträge wurde mit dem Tool ScenoCalc Fernwärme[18] (SCFW) durchgeführt Berberich et al. (2017): ScenoCalc.. Dafür wurden folgende Annahmen getroffen:

Randbedingung für die Kollektoren:

- Kollektortyp: Hochtemperatur-Flachkollektor „Muster HTFK“ (dieser fiktive Kollektor entspricht einem durchschnittlichen Hochtemperatur-Flachkollektor, der typischerweise zur Versorgung von Wärmenetzen zum Einsatz kommt)
- 500 m² Bruttokollektorfläche
- Kollektorneigung: 35° gegen die Horizontale
- Ausrichtung nach Süden
- Regelung auf Zieltemperatur mit Rücklauf-Temperaturanhebung um 8 K bei schwacher Einstrahlung von unter 400 W/m²

[17] Bearbeitung innerhalb des Projekts KoWa: Michael Klöck, Sabine Ott, Tim Theophil (Solites)
[18] kostenlos verfügbar unter www.scfw.de

Weitere Annahmen:

- Wetterdatensatz aus der Software Meteonorm Version 8.0 (vorhandene Wetterstation am Standort Osnabrück)
- Leitungslänge der solaren Anbindeleitung von 100 m mit Standardverlustwerten
- Temperaturdifferenz über die Wärmeübertrager von jeweils 3 K
- Druckloser Speicher mit einer maximalen Temperatur von 98°C und Standardverlustwerten
- Ermittelter Wärmelastverlauf mit einer Jahreslast von 232 MWh einschließlich des Wärmenetzes

<u>Voraussetzungen & Annahmen für eine Erdwärmesonden-Anlage</u>

Die Fläche des geplanten Neubaugebietes liegt nicht in einem Wasserschutzgebiet und unterliegt aus genehmigungsrechtlicher Sicht keinen Restriktionen (Quelle: Telefonat untere Wasserbehörde LK Osnabrück, 29.07.2021). Jedoch wird ein Thermal Response Test und eine darauf basierende simulatorische Auslegung des Erdwärmesondenfeldes (EWS-Feld) gefordert, ebenso wie ein Beweissicherungskonzept. Da das Stadtgebiet Bramsche innerhalb des Standortauswahlgebietes für die Endlagersuche liegt, ist bei Bohrungen, welche tiefer als 100 m reichen, das Bundesamt für Endlagersuche zu informieren und einzubinden.

Die Fläche des Neubaugebietes Breslauer Höfe beträgt rund 50 m x 150 m. Unter Berücksichtigung des Bebauungskonzeptes kann kein kompaktes EWS-Feld auf der Bebauungsfläche erstellt werden, eine linienförmige Anordnung von Sonden am Rand der Grundstücksfläche ist jedoch möglich.

Durch eine Analyse des Standortes mit Hilfe des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS® - Kartenserver) des Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen konnte festgestellt werden, dass der Untergrund aus einem gut wasserdurchlässigen Lockergestein ($k_f = 10^{-04}$ bis 10^{-05} m/s) mit zum Teil hohen Grundwasserfließgeschwindigkeiten (0,3-1,9 m pro Monat) besteht, welche eine gute Regeneration der Sonden erwarten lassen. Die Wärmeleitfähigkeit des umgebenden Untergrundes beträgt 1,9-2,5 W/m*K.

Die Auslegung der Erdwärmesonden erfolgte mit Hilfe des Programms Earth Energy Designer (EED). Die in folgendem Screenshot dargestellten Grundeinstellungen wurden dabei getroffen.

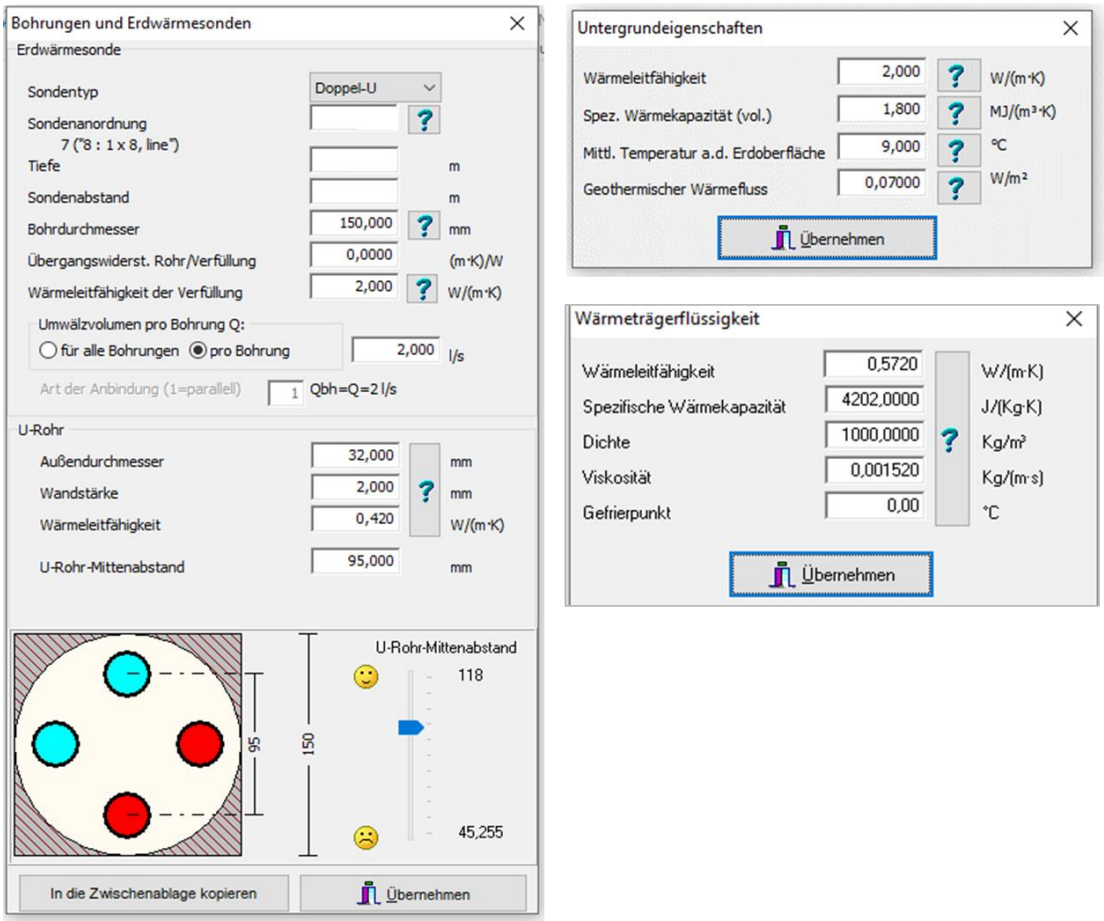


Abbildung 37: Screenshot aus dem Berechnungsprogramm EED mit den angenommenen Grundeinstellungen.
Quelle: Eigene Darstellung, Screenshot aus Blomber et al. (2021): Earth Energy Designer EED..

Als Wärmeträgerfluid wurde Wasser gewählt, da bei der Konzeption auf ausreichend hohe Leistungszahlen (Coefficient of Performance, COP) der Wärmepumpe (WP) geachtet wurde und dazu Temperaturen am Verdampfereintritt von mindestens 3 °C nötig sind. Die Erdwärmesonden mit reinem Wasser zu betreiben, hat außerdem den Vorteil eines turbulenteren Strömungsverhaltens und in Folge dessen einen besseren Wärmeübergang. Dies erleichtert zudem generell die Genehmigungsfähigkeit der Erdwärmesonden. Es wird von einer Temperaturspreizung zwischen Sondenvor- und -rücklauf von 4 K ausgegangen. Die maximale Fluidmitteltemperatur wurde daher auf 17,5 °C festgelegt. In Variante 1 und Variante 3 beträgt die minimale Fluidmitteltemperatur 5°C, in Variante 2 wurde diese auf 10 °C erhöht. Die Heiz-Spitzenlast wurde für die Monate der Heizperiode auf 60 kW festgelegt und die Kühl-Spitzenlast auf 7 kW.
Für jede der drei Varianten wurde über einige Iterationsschritte ein optimiertes EWS-Feld bestimmt. Zunächst wurde eine erdseitige Last direkt, ohne Angabe einer JAZ, in EED vorgegeben. Auf Grundlage der ermittelten Temperaturen des im EED optimierten EWS-Feldes wurde ein mittlerer COP anhand vorliegender Kennlinien von auf dem Markt verfügbaren Wärmepumpen separat ermittelt. Anschließend wurde die erdseitige Last neu bestimmt und das Erdwärmesondenfeld entsprechend angepasst.

Ergebnisse

Für die Konzeption der erneuerbaren Wärmeenergieversorgung des Neubaugebietes wurden drei Varianten betrachtet, deren Ergebnisse im Folgenden beschrieben werden.

Variante 1: Vorgegebenes Wärmenetz (Vorlauf: 75/70 °C Rücklauf: 40 °C)

Für Variante 1 wurde das Konzept so ausgelegt, dass es die Bedingungen des vorgegebenen Wärmenetzes erfüllt. Wird die gesamte Dachfläche verwendet, um eine Solarthermieanlage zu errichten, ergibt sich daraus eine Anlagengröße von 500 m² Bruttokollektorfläche. Diese erfordert 950 m³ Speichervolumen. Das Erdwärmesondenfeld besteht aus 11 Sonden zu je 197 m. Nachfolgende Tabelle zeigt zusammenfassend sowohl die monatlichen als auch die jährlichen Wärmebedarfe und die jeweiligen Erträge der Wärmeerzeuger, die zur Deckung dieses Wärmebedarfs notwendig sind. Zur Einschätzung des Energiebedarfs, der zum Betrieb des EWS-Feldes aufgebracht werden muss, wurde zudem der elektrische Energiebedarf über den COP, der wie oben beschriebenen ermittelt wurde, berechnet. Beide Werte sind ebenso der Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 2: Ergebnisübersicht für Variante 1: Ermittelte monatliche und jährliche Wärmebedarfe und Energieerträge.

	Gesamt-last	Raum-wärme	TWW	Netz-ver-luste	Solarer Nutz-wärme-er-trag	Ertrag EWS-Feld	COP der WP	Elektrischer Energiebedarf (WP)
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	-	MWh
Jan	34,2	23,3	7,6	3,3	0,6	32,1	2,1	15,3
Feb	32,0	21,0	7,7	3,3	2,1	28,9	2,1	13,8
Mär	26,7	15,7	7,7	3,3	13,2	12,9	2,6	5,0
Apr	18,8	8,2	7,4	3,2	17,7	1,1	5,0	0,2
Mai	10,2	0,0	7,0	3,2	10,1	0,0	n/a	0,0
Jun	10,1	0,0	7,0	3,1	10,1	0,0	n/a	0,0
Jul	7,9	0,0	4,8	3,1	8,0	0,0	n/a	0,0
Aug	8,3	0,0	5,1	3,2	8,2	0,0	n/a	0,0
Sep	9,6	0,0	6,4	3,2	9,6	0,0	n/a	0,0
Okt	16,6	6,7	6,6	3,3	16,6	0,0	n/a	0,0
Nov	24,6	14,2	7,1	3,3	24,6	0,0	n/a	0,0
Dez	33,5	23,0	7,2	3,3	18,3	12,7	3,6	3,5
Jahr	**232,5**	**112,1**	**81,6**	**38,8**	**139,1**	**87,8**		**37,8**

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Gesamtwärmebedarf wird hierbei zu 59,8 % über die solaren Erträge der Solarthermieanlage und zu 37,8 % aus der gewonnenen Energie des EWS-Feldes gedeckt. Hierbei bleibt ein Rest von 2,4 % des Wärmebedarfs übrig, der über einen Spitzenlastkessel aus beispielsweise biogenen Brennstoffen gedeckt werden kann. Der Anteil des Strombedarfs der erdgekoppelten Wärmepumpe bezogen auf den Gesamtwärmebedarf beträgt 16,3 %. Die Energieeffizienz des erneuerbaren Wärmesystems in den Wintermonaten ist niedrig, da die erdgekoppelte Wärmepumpe viel zusätzlichen Strom benötigt, um die niedrigen Quelltemperaturen des Erdreichs auf die hohen Vorlauftemperaturen des Wärmenetzes anzuheben (COP von ca. 2).

Um die Effizienz des Wärmeversorgungssystems zu erhöhen, stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Zum einen kann das EWS-Feld so konzipiert werden, dass durch die Installation von mehr Sonden die Fluidmitteltemperatur erhöht werden kann und dadurch der geringere Temperaturhub der Wärmepumpe zu einem effizienteren Betrieb der Anlage beiträgt. Diese Möglichkeit wird in Variante 2 betrachtet. Es besteht auch die Möglichkeit,

die Temperaturen im Wärmenetz in den Monaten zu reduzieren, in denen die Effizienz der Wärmepumpe gering ausfällt, womit der nötige Temperaturhub der Wärmepumpe auf der Verbraucherseite reduziert wird und diese einen höheren COP erreicht. Voraussetzung dafür ist, dass die Heizungstechnik in den Gebäuden dementsprechend geplant wird (d.h. Verwendung einer elektrischen Nachheizung für die TWW). Diese Möglichkeit wird in Variante 3 betrachtet.

Variante 2: Steigerung der Effizienz der Wärmepumpe durch Anpassung der Konfiguration des EWS-Feldes

Für Variante 2 wird die Fluidmitteltemperatur des EWS-Feldes bei gleichem Wärmebedarf angehoben, von 5°C in Variante 1 auf 10 °C in Variante 2. Um dies erreichen zu können, muss die Anzahl der Erdwärmesonden erhöht werden, um 27 weitere Sonden auf insgesamt 38 Sonden zu je 197 m. Die Solarthermieanlage bleibt unverändert. Folgende Tabelle zeigt zusammenfassend wieder die monatlichen und jährlichen Wärmebedarfe und die Wärmeproduktion. Wie zu erkennen ist, ändern sich im Gegensatz zu Variante 1 hier nur die Ergebnisse hinsichtlich des EWS-Feldes und der Wärmepumpe.

Tabelle 3: Ergebnisübersicht für Variante 2: Ermittelte monatliche und jährliche Wärmebedarfe und Energieerträge.

	Gesamt-last	Raum-wärme	TWW	Netz-ver-luste	Solarer Nutzwärme-ertrag	Ertrag EWS-Feld	COP der WP	Elektrischer Energiebedarf (WP)
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	-	MWh
Jan	34,2	23,3	7,6	3,3	0,6	32,1	2,6	12,3
Feb	32,0	21,0	7,7	3,3	2,1	28,9	2,6	11,1
Mär	26,7	15,7	7,7	3,3	13,2	12,9	3,8	3,4
Apr	18,8	8,2	7,4	3,2	17,7	1,1	5,6	0,2
Mai	10,2	0,0	7,0	3,2	10,1	0,0	n/a	0,0
Jun	10,1	0,0	7,0	3,1	10,1	0,0	n/a	0,0
Jul	7,9	0,0	4,8	3,1	8,0	0,0	n/a	0,0
Aug	8,3	0,0	5,1	3,2	8,2	0,0	n/a	0,0
Sep	9,6	0,0	6,4	3,2	9,6	0,0	n/a	0,0
Okt	16,6	6,7	6,6	3,3	16,6	0,0	n/a	0,0
Nov	24,6	14,2	7,1	3,3	24,6	0,0	n/a	0,0
Dez	33,5	23,0	7,2	3,3	18,3	12,7	3,1	3,1
Jahr	**232,5**	**112,1**	**81,6**	**38,8**	**139,1**	**87,8**		**30,1**

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Gesamtwärmebedarf wird hier wieder zu 59,8 % über die solaren Erträge der Solarthermieanlage und zu 37,8 % aus der gewonnenen Energie des EWS-Feldes gedeckt. Die restliche Spitzenlastabdeckung bleibt mit 2,4 % des Wärmebedarfs ebenfalls gleich. Der Anteil des Strombedarfs der erdgekoppelten Wärmepumpe bezogen auf den Gesamtwärmebedarf reduziert sich um rund 3 % (absolut) auf 12,9 %.

Variante 3: Steigerung der Effizienz der Wärmepumpe durch abgesenkte Wärmenetztemperaturen im Winter

In Variante 3 wird angenommen, dass in den Mehrfamiliengebäuden des Wohngebiets Breslauer Höfe Flächenheizungen zur Bereitstellung der Raumwärme installiert sind und dass auch die Möglichkeit zur dezentralen TWW-Bereitstellung über eine elektrische Nachheizung (el. NH) besteht. Das heißt, die Versorgung von Raumwärme und TWW kann entkoppelt voneinander bereitgestellt werden. Vorteil dieser Annahme ist, dass die in Variante 1 und 2 angenommenen hohen Temperaturen im Wärmenetz (75 bis 70 °C im Vorlauf, 40 °C im Rücklauf) nicht notwendig wären. Denn die hohen Temperaturen zur TWW,

die aufgrund der DVGW-Richtlinien zur TWW-Hygiene nötig sind, können über die elektrische Nachheizung bereitgestellt werden und die Flächenheizungen können auf deutlich niedrigerem Temperaturniveau betrieben werden.
Um den Anteil erneuerbarer Energien möglichst hoch zu halten, sollte der externe Strombezug, der nur bedingt erneuerbar produziert wird, minimiert werden. Die Effizienz der erdgekoppelten Wärmepumpe ist hauptsächlich in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar gering. In dieser Zeit ist deshalb auch der Strombedarf für die Wärmepumpe sehr hoch. Für diesen Zeitraum wird deshalb die veränderte Betriebsweise angenommen, d.h. die Raumwärme-Bereitstellung erfolgt über das Wärmenetz und die TWW-Bereitstellung über die elektrische Nachheizung. Unter dieser Annahme wurden für die Berechnung in Variante 3 die Wärmenetztemperaturen in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar konstant auf 35 °C im Vorlauf und 25 °C im Rücklauf gesetzt. In den übrigen Monaten des Jahres wurde derselbe Temperaturverlauf verwendet wie in Variante 1 und 2. Durch die Veränderung der Wärmenetztemperaturen ändern sich die Wärmenetzverluste und damit die jährliche Gesamtwärmelast. Somit kann die Solarthermieanlage kleiner dimensioniert werden. Hierbei wäre eine Anlage mit 450 m² Bruttokollektorfläche und 700 m³ Speichervolumen bei ähnlichem solaren Deckungsanteil möglich. Durch die Veränderung des Temperaturniveaus – sowohl erdseitig (Fluidmitteltemperatur von 5 °C im Sondenvorlauf) als auch auf der Verbraucherseite – kann im Vergleich zu Variante 2 das EWS-Feld deutlich kleiner dimensioniert werden. 12 Sonden à 190 m sind ausreichend, um auch im Winter das Quartier mit ausreichend Wärme versorgen zu können.
Nachfolgende Tabelle zeigt zusammenfassend die unter Variante 3 bearbeiteten Wärmebedarfe und die jeweiligen Erträge der Wärmeerzeuger, die zur Deckung dieses Wärmebedarfs notwendig sind.

Tabelle 4: Ergebnisübersicht für Variante 3: Ermittelte monatliche und jährliche Wärmebedarfe und Energieerträge.

	Gesamt-last	Raum-wärme	TWW	Netz-verluste	Solarer Nutz-wärme-er-trag	Ertrag EWS-Feld	COP der WP	Elektrischer Energiebedarf		
								WP	el. NH TWW Win-ter	Gesamt
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	-	MWh	MWh	MWh
Jan	32,2	23,3	3,6	1,3	5,3	21,4	5,2	4,1	4,0	8,1
Feb	30,0	21,0	3,7	1,3	7,7	17,5	5,2	3,4	4,0	7,4
Mär	26,7	15,7	7,7	3,3	12,1	13,9	3,0	4,6	0,0	4,6
Apr	18,8	8,2	7,4	3,2	16,5	2,2	3,2	0,7	0,0	0,7
Mai	10,0	0,0	7,0	3,0	10,0	0,0	n/a	0,0	0,0	0,0
Jun	10,0	0,0	7,0	3,0	10,0	0,0	n/a	0,0	0,0	0,0
Jul	7,8	0,0	4,8	3,0	7,8	0,0	n/a	0,0	0,0	0,0
Aug	8,1	0,0	5,1	3,0	8,1	0,0	n/a	0,0	0,0	0,0
Sep	9,6	0,0	6,4	3,2	9,6	0,0	n/a	0,0	0,0	0,0
Okt	16,6	6,7	6,6	3,3	16,6	0,0	n/a	0,0	0,0	0,0
Nov	24,7	14,2	7,1	3,4	24,6	0,1	3,2	0,0	0,0	0,0
Dez	31,5	23,0	3,5	1,3	10,7	15,8	5,3	3,0	3,8	6,8
Jahr	**226,0**	**112,1**	**69,9**	**32,3**	**139,0**	**71,0**		**15,8**	**11,7**	**27,5**

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Gesamtwärmebedarf in Variante 3 ist um 6,5 MWh/a geringer als in den Varianten 1 und 2 aufgrund der resultierenden geringeren TWW-Bedarfe und Wärmenetzverlusten im Winter. Die Solarthermieanlage deckt davon im Jahr rund 61,5 %. Das EWS-Feld liefert

rund 31,4 % des Gesamtwärmebedarfs, wodurch die restliche Spitzenlastabdeckung noch 1,9 % beträgt. Der Anteil des Strombedarfs der erdgekoppelten Wärmepumpe bezogen auf den Gesamtwärmebedarf reduziert sich gegenüber Variante 2 um rund 6 % (absolut) auf 7,0 %. In den Wintermonaten verursacht zusätzlich auch die elektrische Nachheizung für die TWW elektrischen Stromverbrauch. Wird dieser Stromverbrauch miteingerechnet, verringert sich der gesamte Stromverbrauch in Variante 3 gegenüber Variante 2 um 0,7 % (absolut) auf 12,2 %.

Einschätzung der Wirtschaftlichkeit

Für die beschriebene Konzeption Breslauer Höfe kann nur eine grobe Einschätzung zur Wirtschaftlichkeit getroffen werden, da die tatsächlichen Wärmegestehungskosten stark abhängig von den jeweiligen Randbedingungen und den getroffenen Annahmen sind. Die hier aufgeführte wirtschaftliche Einschätzung bezieht sich deshalb nur auf die genannten Randbedingungen und die daraus resultierenden Ergebnisse für die hier beschriebene Konzeption.

Solarthermie

Bei einer solarthermischen Anlage mit einem so großen solaren Deckungsanteil, der den Wärmebedarf weit in die Übergangszeit deckt, ist der größte Kostenfaktor der vergleichsweise große Wärmespeicher, der aufgrund der ausschließlichen Nutzung für die solarthermische Wärme nur wenige Betriebszyklen aufweist und deshalb die Wärmekosten erhöht. Derzeit verfügbare Investitionsförderungen können bis zu 45 % für die Kollektoranlage und 30 % für den Wärmespeicher betragen. Wesentliche Einflussfaktoren für die Wärmegestehungskosten nach z.B. VDI2067 sind der Betrachtungszeitraum und der anzunehmende Zinssatz. Die Konzepterstellung für das Neubaugebiet Breslauer Höfe basiert auf vielen Annahmen, die zu sehr groben Einschätzungen der Randbedingungen führen. Eine sinnvolle Berechnung der tatsächlich zu erwartenden Wärmegestehungskosten ist deshalb nicht möglich. Auf Basis der hier beschriebenen Randbedingungen (aufzuständernde Kollektoranlage auf den Flachdächern, großer rein solarthermisch genutzter Wärmespeicher) kann eine Bandbreite von 18 bis über 30 ct/kWh an Wärmegestehungskosten für die Solarthermieanlage möglich sein.

Erdwärmesonden-Anlage

Der größte Kostenfaktor ist die Erstellung der Sondenanlage. Je tiefer die einzelnen Sonden ausgeführt werden, desto weniger Gesamtbohrmeter sind insgesamt nötig. Dem gegenüber stehen jedoch höhere Betriebskosten der Bohranlage. Bohrungen mit einer Tiefe von rund 200 m stellen vermutlich die finanziell günstigste Variante dar.
Innerhalb des Berichtszeitraums konnte die für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung notwendige Kostenermittlung nicht vollständig abgeschlossen werden.
Generell sollte auf die Beauftragung einer mit den örtlichen geologischen Besonderheiten erfahrenen Bohrunternehmen geachtet werden. Die Arbeiten sollten vor dem Beginn des Baus der Siedlung erfolgen und die nötigen Anschlussleitungen vom Erdwärmesondenfeld zur Heizzentrale sollten bereits bei der Planung der Energieversorgung mit bedacht werden. Ist die finale Konfiguration noch nicht bekannt, können zum Beispiel Leerrohre verlegt werden, durch welche zu einem späteren Zeitpunkt die Anschlussleitungen verlegt werden.

C. Grundlagen und Ausführungen zur Nachhaltigkeitsbewertung

Eine ausführliche Beschreibung und Definition der nachfolgenden 15 Qualitätsziele ist der gleichnamigen Ausarbeitung von Gapp-Schmeling et al. (2021) zu entnehmen. Die Bewertung der laufenden Nummern 1, 2 und 4 erfolgt mit Prozessen aus GEMIS. Diese sind detaillierter im Anhang D beschrieben.

Ökologische Dimension

Laufende Nummer	1
Herausforderung	Klimaerwärmung
Qualitätsziel	Klimaneutralität
Indikator	THG-Emissionen / MWh

Konzept 1-1 — 4

Aufgrund der rein fossilen Wärmebereitstellung für das Neubaugebiet durch Erdgas mit einem Anteil von 70 % BHKW-Wärme, ist dieses Konzept gemäß der modellierten Prozesskette in GEMIS mit 199 kg_{CO_2}/MWh und folglich mit einer 4 zu bewerten. Ab 200 kg_{CO_2}/MWh würde bereits ein 5 vergeben werden.

Konzept 1-2 NT — 2

Gelingt es, die Abwärme aus den TNV-Anlagen mit in die Heizwärmeversorgung (NT) der Wohnsiedlungen zu integrieren, so können aufgrund einer angesetzten Anschlussquote von durchdurchschnittlich 70 % die Emissionen auf 66 kg_{CO_2}/MWh reduziert werden. Dies führt nach der Operationalisierung zu einer Bewertung mit 1.

Konzept 1-2 HT — 2

Durch die Integration der Prozesswärmesenke mit über 100 °C (HT) kann der Abwärmeeinsatz insgesamt erhöht werden. Aufgrund dessen zeitlicher Verfügbarkeit und Spitzenlastfälle wird weiterhin mit einem Erdgasanteil von 20 % (15 % BHKW und 5 % Kessel) gerechnet. Hieraus ergeben sich Emissionen von ca. 51 kg_{CO_2}/MWh und eine Bewertung von 2.

Konzept 2-1 — 2

Kann anstelle der BHKW-Wärme industrielle Abwärme aus der Drucklufterzeugung eingesetzt werden, sind ca. 60 % des Bedarfs hierdurch zu decken, während weiterhin 40 % über einen Erdgaskessel erzeugt werden müssten. In Summe ergibt dies ebenfalls eine Bewertung von 2 mit Emissionen in Höhe von 72 kg_{CO_2}/MWh.

Konzept 2-2 NT — 1

Eine Integration der TNV-Anlagen und weiterer NT-Heizwärmenetze lässt den Anteil fossiler Wärme auf ca. 10 % reduzieren. Mit 43 kg_{CO_2}/MWh erfolgt eine Bewertung von 1.

Konzept 2-2 HT — 1

Wird eine Prozesswärmequelle (HT) einbezogen, so ergeben sich durch die Halbierung des Erdgasanteils im Vergleich zu Konzept 2-2 NT Emissionen von 45 kg_{CO_2}/MWh und ebenso eine Bewertung 1.

Status Quo — 5

Im Vergleich ergeben sich deutliche höhere Emissionen von im Schnitt 221 kg_{CO_2}/MWh, wenn weiterhin die Bestandsanlagen und eine BHKW für die Breslauer-Höfe genutzt werden würden. Die Gesamtbewertung liegt damit dann bei 5.

Alle GEMIS-Prozesse, welche auf der funktionellen Einheit Raumwärme bzw. Prozesswärme beruhen werden durch dem Faktor 0,95 dividiert. So soll eine Vergleichbarkeit zwischen diesen Einheiten und der Einheit Warmwasser hergestellt werden.

Ökologische Dimension

Laufende Nummer	2
Herausforderung	Materialaufwand
Qualitätsziel	Geringer Nutzungsgrad an Primärrohstoffen
Indikator	kumulierter Stoffaufwand kg / MWh

Konzept 1-1 2

Durch die Prozesskettenanalyse in GEMIS sind auch für den Nutzungsgrad der Primärrohstoffe spezifische Werte vorhanden. Für das Konzept 1-1 liegt dieser bei 56 kg/MWh und damit im Wertungsbereich 2.

Konzept 1-2 NT 2

Durch den hohen Anteil an Abwärme mit minimalem Aufwand an Rohstoffen liegen alle Konzepte mit einem Abwärmefokus im Wertungsbereich 2. So auch dieses mit 49 kg/MWh (GEMIS).

Konzept 1-2 HT 2

Hier ergibt sich ein vergleichbares Bild zum NT-Konzept mit 52 kg/MWh (GEMIS).

Konzept 2-1 2

Der Anteil an Abwärmenutzung zu 60 % (Druckluftabwärme statt 70 % BHKW-Wärme) in Konzept 2-1 führt zwar zu geringeren Kennwerten aber bleibt mit einem kumulierten Stoffaufwand von 38 kg/MWh (GEMIS) in der Bewertung bei 2.

Konzept 2-2 NT 2

Wird mit 90 % deutlich mehr Abwärme eingekoppelt, so führt dies aufgrund der angesetzten Bewertung von Abwärme zu 49 kg/MWh (GEMIS) und der Bewertung 2.

Konzept 2-2 HT 2

Diese Bewertung kann auch für das Konzept 2-2 HT beibehalten werden, da dort durch GEMIS 40 kg/MWh berechnet werden.

Status Quo 2

Im Vergleichskonzept Status Quo ergibt sich durch die hauptsächliche Nutzung von Erdgas und einem geringen Anteil von Öl ein kumulierter Stoffaufwand in Höhe von 28 kg/MWh. Auch dieser Wert liegt im Bewertungsbereich 2.

Ökologische Dimension

Laufende Nummer	3
Herausforderung	Übernutzung erneuerbarer Rohstoffe
Qualitätsziel	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Rohstoffe
Indikator	Auswirkungen auf die Einhaltung der Regenerationsrate

Konzept 1-1 — 4

In den Konzepten werden keine typischen erneuerbaren Rohstoffe wie z.B. Biomasse eingesetzt. Die effiziente Nutzung von Erdgas als alleiniger Energieträger mit KWK und Wärmenetz führt zu einer Bewertung von 4.

Konzept 1-2 NT — 2

Durch die Einkopplung von Abwärme (70 %) kann der Einsatz von Erdgas nicht vermieden werden. Aber die indirekt positive Auswirkung durch die überwiegende Nutzung von Wärme am Ende der Nutzungskaskade führt in dieser Zusammensetzung zu einer Bewertung von 2. Indirekt kommt es damit zu eine nachhaltigeren Nutzung erneuerbarer Ressourcen.

Konzept 1-2 HT — 2

Das HT-Konzept wird noch vergleichbar bewertet, auch wenn hier noch 20 % Erdgas zum Einsatz kommt.

Konzept 2-1 — 3

In Konzept 2 kommen etwa 40 % Erdgas zum Einsatz, da die Abwärme aus Druckluft nicht eine so verlässliche Verfügbarkeit und Leistung aufweist. Damit wurde die Bewertung mit 3 in KoWa neutral zwischen der Bewertung von Erdgas und der von Abwärme angesetzt.

Konzept 2-2 NT — 2

Kommt in Konzept 2 aber auch die TNV-Abwärme dazu (90 % Abwärme), so kann die Nutzung erneuerbarer Rohstoffe insgesamt wieder mit 2 bewertet werden.

Konzept 2-2 HT — 2

Ebenso wie im NT-Konzept gilt diese Bewertung mit nur marginalen Unterschieden auch für dieses Konzept.

Status Quo — 4

Mehr als 98 % der derzeitigen Versorgung mit Heiz- und Prozesswärme wird über Erdgas gewährleistet. Auch wenn es sich um den effizienten Einsatz von KWK handelt, bleibt hier die Bewertung mit 4 für fossile Brennstoffe bestehen.

Ökologische Dimension

Laufende Nummer	4
Herausforderung	Gefährdung der menschlichen Gesundheit durch Schadstoffe
Qualitätsziel	geringe Schadstoffbelastungen
Indikator	SO_2-Äqu.

Konzept 1-1 — 2

Eine vollständige Versorgung mit Erdgas als Energieträger bewirkt verhältnismäßig wenig schädliche Emissionen, ausgenommen der THGE vgl. Qualitätsziel 1. Somit wird dieses Konzept mit 2 bewertet. Die GEMIS-Analyse ergibt einen Wert von 0,15 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh.

Konzept 1-2 NT — 2

Durch die emissionslose Einbindung von Abwärme zu ca. 85 % lässt sich gemäß GEMIS ein Wert minimal oberhalb der Grenze von 0,05 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh erreichen. Damit liegt das Konzept auf der Grenze zur Bewertung 1, aber noch knapp in 2.

Konzept 1-2 HT — 1

Nach technischer Einschätzung liegt der Erdgasanteil im HT-Konzept etwas höher, so dass nach dem GEMIS-Prozess ein Wert von 0,04 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh ergibt. Eine Bewertung von 1 ist die Folge.

Konzept 2-1 — 2

In Konzept 2 steigt der Anteil Erdgas in der Versorgung auf 40 % und sorgt für Emissionen von 0,07 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh (GEMIS). Damit erfolgt eine Bewertung von 2.

Konzept 2-2 NT — 1

Durch den starken Einsatz von Abwärme liegt das NT-Konzept in der Stufe 2 aber dann unter dem Grenzwert zu 2, nämlich bei 0,04 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh nach GEMIS.

Konzept 2-2 HT — 1

Auch im HT-Konzept mit Prozesswärmeeinsatz liegt er noch in 1, obwohl die Emissionen durch erhöhten Gaseinsatz auf knapp über 0,04 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh (GEMIS) steigen.

Status Quo — 3

In der Bewertung des Status Quo mit seiner hauptsächlich Gas-gestützten Versorgung ergibt sich ein Wert von 0,27 $kg_{SO_{2eq}}$/MWh (GEMIS). Die Bewertung erfolgt dann mit 3.

Ökologische Dimension

Laufende Nummer	5
Herausforderung	Zerstörung Arten- und Landschaftsvielfalt
Qualitätsziel	Naturverträglichkeit
Indikator	Naturverträglichkeit

Konzept 1-1 — 5

Da hier eine 100%ige Versorgung mit fossilem Erdgas vorliegt, erfolgt die Bewertung der Naturverträglichkeit mit 5.

Konzept 1-2 NT — 2

Durch den Einsatz von Abwärme als Restwärme wird kaum neue Fläche versiegelt. Nur der Bau des Wärmenetzes erzeugt hier leicht negative Auswirkungen. Aber die eingesetzte Energie wird deutlich effektiver ausgenutzt, so dass indirekt positive Auswirkungen zu verzeichnen sind. Die Bewertung erfolgt damit mit 2, da noch bis 15 % Erdgas genutzt wird.

Konzept 1-2 HT — 2

Diese Bewertung aus dem NT-Konzept wird auch vergleichbar auf dieses HT-Konzept angewendet.

Konzept 2-1 — 3

Nur 40 % der Wärmeversorgung basiert in Konzept 2-1 auf effektiver Erdgasnutzung. Abwärme wird in diesem Punkt generell mit 2 bewertet, so dass sich in Summe noch eine Bewertung von 3 (Tendenz zur 4) ergibt.

Konzept 2-2 NT — 2

Ähnlich wie bei Konzept 1, Stufe 2 NT und HT überwiegt auch hier eindeutig der Einsatz von Abwärme und erzeugt starke indirekt positive Auswirkungen. Die Bewertung wird mit 2 angenommen.

Konzept 2-2 HT — 2

Ebenso wie im vorherigen NT-Konzept wird dieses mit 2 bewertet.

Status Quo — 5

Durch den Prozesswärmeanteil von über 60 % im Status Quo und die fast ausschließliche Versorgung mit fossilem Erdgas und Öl kann hier nur ein 5 vergeben werden.

Ökonomische Dimension

Laufende Nummer	6
Herausforderung	Negative Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt
Qualitätsziel	existenzsichernde Erwerbsarbeit bei akzeptabler Arbeitsqualität
Indikator	Beitrag zur regionalen Wertschöpfung

Konzept 1-1 — 5

In diesem Konzept finden die Planung, der Bau und der Betrieb mindestens in Deutschland, zum Teil auch regional vor Ort statt. Der Brennstoff wird zu über 95 % importiert, schlägt sich aber auch nur zu geschätzten maximalen 30 % in den Wärmekosten nieder. Der Betrieb des Wärmenetzes durch die Stadtwerke sorgt für einen Kostenanteil, der in der Region verbleibt. Damit kann die regionale Wertschöpfung mit einer Bewertung von 4 erfolgen.

Konzept 1-2 NT — 2

Die Einkopplung der TNV-Abwärme erhöht, durch die Reduzierung der Erdgasmenge, die Wertschöpfung vor Ort deutlich und damit ist eine Bewertung mit 2 möglich.

Konzept 1-2 HT — 2

Die Bewertung in Konzept 2-2 HT (inkl. Prozesswärme) wird vergleichbar getroffen.

Konzept 2-1 — 2

Konzept 2-1 basiert noch auf 40 % Einsatz von Erdgas, auch wenn durch die Abwärmeeinspeisung der weitaus größte Teil der Wertschöpfung mutmaßlich im Inland stattfindet. Hier ist eine Bewertung von 2 gewählt worden, die aber nicht weit von 3 entfernt liegt.

Konzept 2-2 NT — 1

Die Konzepte 2, Stufe NT und HT sind beide mit dem Fokus auf die regionale Wertschöpfung vergleichbar. Durch den sehr hohen Abwärme-Anteil erfolgt hier die Bewertung aber mit 1.

Konzept 2-2 HT — 1

vgl. Konzept 2-2 NT.

Status Quo — 5

Der Einsatz von einem hohen Anteil an fossilen Energieträgern in Einzelfeuerungsanlagen lässt hier nur eine Bewertung von 5 zu, da der überwiegende Teil der Wertschöpfung nicht in der Region erbracht wird.

Ökonomische Dimension

Laufende Nummer	7
Herausforderung	Unzureichende Befriedigung der Grundbedürfnisse mit nachhaltigen Produkten
Qualitätsziel	unterbrechungsfreie Versorgungssicherheit
Indikator	Redundanz der Wärmequelle

Konzept 1-1 — 3

Die Wärmeerzeugung durch Gas wird mittels zweier unabhängiger Anlagen gewährleistet. Zudem ist es in einem Wärmenetz einfacher eine zentrale Wärmeerzeugung kurzfristig bzw. temporär zu ersetzen. Außerdem stellen das Netz und die notwendigen Pufferspeicher eine gewisse Speicherfunktion dar. Die Bewertung erfolgt somit mit 3.

Konzept 1-2 NT — 2

Die Abwärme stellt einen zweiten Energieträger dar, der über unabhängige Anlagen neben der Wärmeerzeugung durch Erdgas die Versorgung sicherstellen kann. Je nach Ausbaustufe können sogar verschiedene Brenner oder TNV-Anlagen in Betrieb sein. Die Bewertung erfolgt mit 2.

Konzept 1-2 HT — 2

Die Hinzunahme der Prozesswärme verändert die Bewertung im Konzept 2-2 HT nicht, so dass diese bei 2 verbleibt.

Konzept 2-1 — 3

Druckluftabwärme ist zwar neben der Erdgasversorgung eine unabhängige zweite Wärmequelle für das Wärmenetz, aber es existieren für dieses Konzept nur diese zwei technischen Einheiten. Damit liegt die Bewertung bei 3.

Konzept 2-2 NT — 2

Die TNV-Anlagen stellen eine dritte, ausreichende Wärmequelle dar. Allerdings kann die Druckluftabwärme nicht nennenswerte Anteile der gesamten Heizwärmeversorgung übernehmen. Da aber die Anlagen der TNV aus mehreren unabhängigen technischen Einheiten bestehen, erfolgt hier eine Bewertung von 2.

Konzept 2-2 HT — 2

Das HT-Konzept ist vergleichbar zum vorherigen NT-Konzept zu bewerten. Hier kann die Wärme aus unabhängigen Einheiten mit Erdgas oder Abwärme bereitgestellt werden. Vorteilhaft ist, dass die TNV-Anlagen aus mehreren technischen Einheiten bestehen.

Status Quo — 5

Die Wärmeversorgung basiert für alle Anwendungen auf fossilen Energieträgern mit jeweils einer technischen Einheit. Es existieren keine unabhängigen Redundanzen, allenfalls für die Prozesswärme ist u. U. eine Redundanz vorhanden. Die Bewertung erfolgt mit 5.

Ökonomische Dimension

Laufende Nummer	8
Herausforderung	Instabilitäten (Geld, Finanzmärkte, Wettbewerbsfähigkeit), Externalitäten
Qualitätsziel	geringe betriebswirtschaftliche Wärmegestehungskosten
Indikator	Wärmegestehungskosten (€ / MWh)

Konzept 1-1 — 3

Die Bewertungen werden für dieses Kriterium anhand der Kenndaten aus der dena-Studie Urbane Energiewende' (dena 2019) vorgenommen, da genaue Grundlagen für alle Konzepte fehlen. Es werden die belegten Prognosen für die CO_2-Bepreisung für den Entscheidungszeitraum verwendet. Die Kosten für Wärme aus Erdgas BHKW mit Gaskessel bewegen sich somit zwischen 60 und 100 €/MWh und für das Konzept 1-1 ca. bei 70 bis 80 €/MWh.

Konzept 1-2 NT — 2

Da die Abwärme in diesem Ansatz keine bedarfsgebundenen Kosten beinhaltet, liegen beide Konzepte mit TNV Abwärme bei 40 bis 65 €/MWh und damit am unteren Rand der Bewertung 1.

Konzept 1-2 HT — 2

vergleichbar zu Konzept 1-2 NT

Konzept 2-1 — 2

Durch den hohen Erdgasanteil (40 % Spitzenkessel) werden die Wärmekosten in absehbarer Zeit zwischen 60 und 80 €/MWh verlaufen. Damit erfolgt eine Bewertung mit Stufe 2.

Konzept 2-2 NT — 2

vergleichbar zu Konzept 2-2 NT

Konzept 2-2 HT — 2

Fasst man im Sinne von dena (2019) den Status Quo als Versorgung mit Gas-Brennwertgeräten zusammen, ist sicher ein steigender Wärmepreis zu erwarten, der aber in der nächsten Zeit noch im Bereich bis 120 €/MWh liegen wird. Die Bewertung erfolgt also mit 2.

Ökonomische Dimension

Laufende Nummer	9
Herausforderung	globale und außenwirtschaftliche Ungleichgewichte, Abhängigkeiten
Qualitätsziel	geringe außenwirtschaftlichen Abhängigkeit
Indikator	Importquote der verwendeten Energieträger

Konzept 1-1 5

Der fast 100%ige Einsatz von importiertem Erdgas lässt nur eine Bewertung der außenwirtschaftlichen Abhängigkeit von 5 zu.

Konzept 1-2 NT 2

Durch den Einsatz von Abwärme mit deren besonderer Rolle, gelingt es die direkte Abhängigkeit vom importierten Erdgas auf ca. 15 % zu reduzieren. Damit ist eine Bewertung von 2 möglich.

Konzept 1-2 HT 3

Mutmaßlich kann im Konzept 1-2 HT durch die Hinzunahme der Prozesswärmeversorgung der Leiber GmbH der Erdgansanteil nur auf 20 % reduziert werden. Damit liegt er gemäß der Operationalisierung an der Grenze und in der Wertung 3.

Konzept 2-1 5

Wie schon erwähnt kann die Druckluftwärme in Konzept 2 vermutlich nicht mehr als 60 % des Wärmebedarfs decken, so dass eine Abhängigkeit vom Erdgas zu 40 % bestehen bleibt. Die Bewertung ist damit mit 5 vorzunehmen.

Konzept 2-2 NT 2

Kann der Anteil Abwärme durch die Hinzunahme der TNV-Anlagen auf bis 90 % gesteigert werden, so wird das Konzept 2-2 NT mit 2 bewertet. Unter 10 % wäre sogar eine Bewertung mit 1 möglich.

Konzept 2-2 HT 2

Für das Konzept 2, Stufe 2 HT fällt die Bewertung vergleichbar zum NT-Konzept ebenfalls mit 2 aus.

Status Quo 5

Da in Summe das betrachtete Gebiet in puncto Wärme so gut wie ausschließlich fossil versorgt wird, wird die Abhängigkeit mit 5 bewertet.

Ökonomische Dimension

Laufende Nummer	10
Herausforderung	Staatsverschuldung; unzureichende Ausstattung mit meritorischen Gütern
Qualitätsziel	Finanzielle Handlungsfähigkeit
Indikator	finanzielle Planbarkeit

Konzept 1-1 — 4

Ein Wärmenetz in kommunaler Hand kann verhältnismäßig stabile Wärmepreise ermöglichen. 55 % der Kosten fallen auf die Baukosten, die Planung und Montage (Herkel 2018: S. 18). Allerdings weist Konzept 1 einen vergleichsweise noch hohen Teil variabler Kosten in Abhängigkeit zum Gasmarkt auf. Die Bewertung lautet damit noch 4.

Konzept 1-2 NT — 2

Da die Prozesswärme bereits einen Zweck erfüllt hat, ist die Abhängigkeit der Nachnutzung zu Heizzwecken in Konzept 1 Stufe 2 NT weniger anfällig für Preisschwankungen. Die Situation wird als deutlich besser planbar und stabiler eingeschätzt und mit 2 bewertet. Die hohen, kalkulierbar umzulegenden Kosten für den Bau des Wärmenetzes tragen zur Preisstabilisierung bei.

Konzept 1-2 HT — 2

Vergleichbar mit dem Konzept 1-2 NT ist auch bei Einkopplung in die Prozesswärmeversorgung eine Bewertung mit 2 vorzunehmen.

Konzept 2-1 — 3

Konzept 2-1 basiert zu 40 % auf Erdgas, welches einen hohen, wenig stabilen Preisbaustein der Betriebskosten verursacht. Die Einschätzung beläuft sich insgesamt trotz des Anteils von 60 % Abwärmenutzung auf eine Bewertung von 3.

Konzept 2-2 NT — 2

Sobald aber ein Anteil von 90 % Abwärme im Netz genutzt wird, ist die Bewertung vergleichbar zu Konzept 1-2 NT und HT möglich.

Konzept 2-2 HT — 2

Hier gelten die identischen Ansätze zur Bewertung wie in Konzept 2 Stufe 2 NT.

Status Quo — 5

Da die Preise fossiler Energieträger sehr volatil sind und die Entwicklung der CO_2-Kosten ungewiss ist, kann die finanzielle Stabilität nur mit 5 bewertet werden.

Sozial-kulturelle Dimension

Laufende Nummer	11
Herausforderung	Fehlentwicklungen in Wirtschaft, Politik, Gesell.
Qualitätsziel	Good governance
Indikator	Erwartete Akzeptanz vor Ort

Konzept 1-1 — 3

Für das Konzept 1-1 ist mit einem geteilten Echo in der Akzeptanz zu rechnen. Einerseits ist die Technik bewährt, effizient und noch bezahlbar. Ein Wärmenetz wird aber je nach Umsetzung mit Anschlusszwang etc. ebenfalls geteilt beurteilt (Herkel 2018). Andererseits verursachen fossile Energieträger weiterhin klimaschädliche Emissionen und befördern den Klimawandel, welches negativ aufgenommen wird. Besonders zu beachten ist hier die Rolle der Stadtwerke als kommunales Unternehmen mit dem Auftrag zum Gemeinwohl.

Konzept 1-2 NT — 2

Durch die Nutzung der Abwärme ist sicher grundsätzlich eine überwiegend positive Akzeptanz vor Ort zu erwarten. Es gibt ein klares öffentliches Votum für klimafreundliche Abwärme (Stadt Bramsche 2021a). Lokale Unternehmen sind ebenso Identifikationsstiftend. Die teilweise Abhängigkeit von der Produktion kann trotz geplanter technischer Redundanzen ebenso in gewissen Teilen kritisch gesehen werden, wie der Anschluss an ein Wärmenetz an sich. In Summe werden diese Punkte mit einer Bewertung in Stufe 2 zusammengefasst.

Konzept 1-2 HT — 2

Ebenso wie im Konzept 1-1 NT ist auch hier eine grundsätzlich positive Bewertung der Erweiterung um die Prozesswärme (HT) zu erwarten. Ein weiteres lokales Unternehmen wird eingebunden.

Konzept 2-1 — 2

Für das Konzept 2-1 ist mit einer eher geteilten Meinung zu rechnen. Die Nutzung der klimafreundlichen Abwärme liegt nur bei 60 % und die Abhängigkeit zur Produktion des Industrieunternehmens könnte dadurch trotz technischer Sicherheiten überbewertet werden.

Konzept 2-2 NT — 2

Wie schon im Konzept 1-1 NT und HT wird hier eine grundsätzlich positive Akzeptanz durch die Einbindung der klimafreundlichen Abwärme angenommen. Es wird aber auch Gegenstimmen durch die Abhängigkeit vom Wärmenetz und der Industrieproduktion geben.

Konzept 2-2 HT — 2

Die Einschätzung entspricht der für Konzept 2, Stufe 2 NT.

Status Quo — 3

Bleibt die Versorgung grundsätzlich wie bisher bestehen, ist kurzfristig sicher mit einer hohen Akzeptanz zu rechnen, da die Akteure unabhängige Entscheidungen treffen können. Allerdings wird es auch Stimmen für eine kommunale und klimafreundliche Versorgung geben. Mit steigenden Kosten wird auch die Akzeptanz abnehmen.

Sozial-kulturelle Dimension

Laufende Nummer	12
Herausforderung	Unsicherheit der dauerhaften Energieversorgung
Qualitätsziel	langfristige Versorgungssicherheit
Indikator	Reichweite der eingesetzten Ressourcen

Konzept 1-1 — 5

Dieses Konzept setzt grundsätzlich auf Erdgas als Energieträger, der in der Definition zum 1,5°C-Ziel mit einer Reichweite von ca. 6 Jahren angesetzt wird. Somit endet dessen Budget vor 2050 und es erfolgt eine Bewertung in der fünften Operationalisierungsstufe.

Konzept 1-2 NT — 3

Zum Betrieb der TNV-Anlagen wird derzeit auch Erdgas benötigt, kommt es aber nicht zu einem Technologiewechsel, so ist auch in Zukunft mit vergleichbar hohen Abgastemperaturen und Potenzialen zu rechnen. Die Versorgung mit Abwärme wird im ersten Schritt unabhängig von der durch Erdgas bewertet. Insgesamt führt aber der verbleibende Erdgasrest von 15 % zur Wertung 3.

Konzept 1-2 HT — 3

Die Bewertung erfolgt vergleichbar zum Konzept 1-2 NT.

Konzept 2-1 — 4

Für Konzept 2-1 ist zu bemerken, dass hier die Abhängigkeit von Erdgas im Vergleich zu Konzept 1 nur noch zu 40 % besteht. Die Abwärme kommt unabhängig aus Druckluftabwärme. Damit ist hier eine Bewertung mit 4 vorzusehen.

Konzept 2-2 NT — 2

In Konzept 2-2 NT und HT wird die Abwärme grundsätzlich als unerschöpfliche Quelle angesehen. Die Gasversorgung verliert an Bedeutung, macht aber noch 10 % der Versorgung aus. Da der Anteil an elektrisch verursachter Abwärme aus Druckluft nur bei ca. 5 % geschätzt wird, verschwindet der positive Einfluss dieser unerschöpflichen Quelle etwas. Die Bewertung verbleicht auch hier bei 2.

Konzept 2-2 HT — 2

Die Einschätzung des HT-Konzepts wird hier vergleichbar mit Konzept 2-2 NT mit 2 vorgenommen.

Status Quo — 5

Da alle fossilen Energieträger, die hier größtenteils genutzt werden, in der Reichweite in Bezug auf das 1,5°C-Ziel (Budget-Ansatz) deutlich vor 2050 enden, ist auch hier eine 5 zu vergeben.

Sozial-kulturelle Dimension

Laufende Nummer	13
Herausforderung	Zentralisierung der Versorgungsstrukturen
Qualitätsziel	Angemessene Dezentralisierung
Indikator	Komplexität der Entscheidungsstrukturen

Konzept 1-1 — 3

Für das Konzept 1-1 sind die Stadtwerke ein zentraler Akteur, der für die Wärmeerzeugung und Verteilung in den größtenteils städtischen Mietwohnungen sorgt. Da es sich um eine kommunale Gesellschaft handelt und über öffentliche Gremien eine Kontrolle bzw. Einflussnahme auf Entscheidungen erfolgen kann, kann doch in einzelnen Aspekten von dezentralen Entscheidungselementen gesprochen werden.

Konzept 1-2 NT — 2

Die grundsätzliche Konstellation mit den Stadtwerken als zentraler Akteur für Erzeugung und Verteilung wird auch in der Stufe 2 NT beibehalten. Aber auf Seiten der Erzeugung kommt der Industriebetrieb als Abwärmelieferant hinzu. Auch seitens der Wärmesenken kommen nicht nur private Einzelkunden, sondern auch weitere Wohnungsgesellschaften hinzu. Es liegt eine größere Differenzierung vor, so dass hier eine Bewertung mit 2 vorzunehmen ist.

Konzept 1-2 HT — 2

Durch die zusätzliche Prozesswärmeversorgung kommt für das HT-Konzept lediglich ein Unternehmen als Ankerkunde hinzu. Den Stadtwerken bleibt das "natürliche" Monopol des Wärmenetzes. In der Bewertung tritt keine Veränderung auf.

Konzept 2-1 — 2

Konzept 2-1 beinhaltet von Anfang an ein Industrieunternehmen als Wärmelieferanten. Da aber die Stadtwerke der öffentlichen Hand unterliegen, ist auch hier eine gewisse Dezentralisierung und Mitbestimmung verschiedener Akteure grundsätzlich gegeben.

Konzept 2-2 NT — 2

Ebenso ist es für die die Stufe 2 NT und HT zu sehen. In der Verteilung und Erzeugung ist eine horizontale Integration von verschiedenen Akteuren nur begrenzt möglich.

Konzept 2-2 HT — 2

Das Konzept 2 Stufe 2 HT weist einen großen Wärmekunden mehr auf, entspricht aber größtenteils der Einschätzung aus dem Konzept 2-2 NT.

Status Quo — 3

Für die Fortführung der bestehenden Strukturen bleibt auch die Abhängigkeit von der zentralen Erdgas- bzw. Ölversorgung bestehen. Seitens der Kunden ist allerdings bzgl. der Anbieter eine größere Wahl gegeben. Ein Bewertung von 3 scheint gerechtfertigt.

Sozial-kulturelle Dimension

Laufende Nummer	14
Herausforderung	gewaltsame Konflikte, Massenmigration
Qualitätsziel	Innere und äußere Sicherheit; Globale Verträglichkeit
Indikator	Konfliktpotenzial der eingesetzten Ressourcen

Konzept 1-1 — 5

Im Konzept 1-1 herrscht eine komplette Erdgasversorgung vor. Die Bewertung erfolgt nach der Drei-Länderkonzentration und deren gewichtetem Konfliktrisiko der Importländer und führt aufgrund der geringen Verteilung auf verschiedene Länder und deren hohem Konfliktrisiko zu einer schlechten Bewertung von 5.

Konzept 1-2 NT — 1

Die hauptsächliche Versorgung durch Abwärme (85 %) ist aufgrund der Bewertung der Quelle als lokal und risikofrei (Matrixfeld 1) deutlich besser. Trotz eines weiterhin enthaltenen Erdgaseinsatzes von 15 % wird die Bewertung mit 1 vorgenommen.

Konzept 1-2 HT — 1

Die Einschätzung für das Konzept 2-2 HT ist vergleichbar mit dem für NT. Auch ein Anteil von 20 % Erdgas ermöglicht noch eine Bewertung mit 1.

Konzept 2-1 — 3

Da in Konzept 2-1 noch 40 % Erdgas mit einer schlechten Risikobewertung eingesetzt werden, führt der Anteil an Abwärme basierend auf Druckluftabwärme dazu, dass hier eine Bewertung von 3 zu vergeben ist.

Konzept 2-2 NT — 1

Die Einschätzung des Konzeptes 2-2 NT erfolgt ebenso wie bei den Konzepten 1 mit hohem Abwärmeanteil mit 1, da hier der Anteil Erdgas nur noch bei ca. 10 % liegt.

Konzept 2-2 HT — 1

Konzept 2-2 HT wird auf Basis vergleichbarer Voraussetzungen bewertet wie NT.

Status Quo — 5

Werden in der Versorgung weiterhin fossile Energieträger eingesetzt, so erfolgt keine Verbesserung der globalen Sicherheitslage, sondern eine Verschlechterung. Dieses führt zu einer Bewertung von 5.

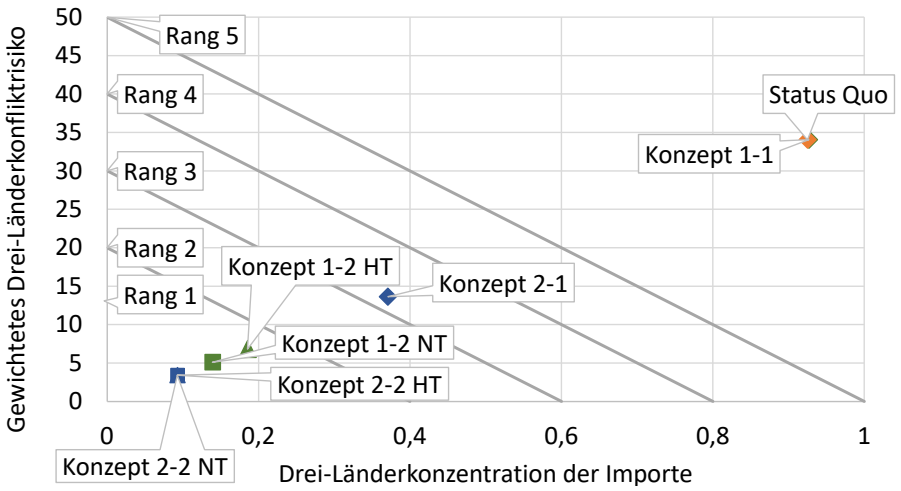


Abbildung 38: Konfliktpotenzial der untersuchten Wärmeversorgungslösungen.
Quelle: Eigene Darstellung.

Sozial-kulturelle Dimension

Laufende Nummer	15
Herausforderung	Technische Risiken (z.B. Atomtechnik, Digitalisierung der Wirtschaft)
Qualitätsziel	Vermeidung von Risikotechnologien
Indikator	Risikoeinschätzung

Konzept 1-1 3

Auch in der technischen Risikobewertung erfolgt mittels einer Matrix. Für das Konzept 1-1 bedeutet dies, dass die erdgasbasierte Technologie als verhältnismäßig sicher eingeschätzt wird, aber ein Schadensausmaß lokal durchaus erhebliche und eventuell auch tödlich sein kann. Der Einsatz eines Wärmenetzes reduziert die lokale Gefahr allerdings, so dass insgesamt von einer Bewertung mit 3 ausgegangen werden kann.

Konzept 1-2 NT 2

Wird ein Großteil des Erdgases durch Abwärme ersetzt, wird das potenzielle Schadensrisiko aufgrund des geringeren Umfangs als kleiner eingeschätzt Allerdings bleibt das Restrisiko durch den Einsatz von Erdgastechnologie bestehen. Die Bewertung ist damit 2.

Konzept 1-2 HT 2

Die Einschätzung des Konzepts 1-2 HT folgt dem NT-Konzept.

Konzept 2-1 3

Eine Reduktion des Einsatzes von Erdgas auf 40 % ist noch nicht ausreichend, um die Bewertung auf 2 zu verändern und bleibt damit vergleichbar mit Konzept 1-1 bei 3.

Konzept 2-2 NT 2

Mit Einsatz der TNV-Abwärme wird Erdgas bis auf 10 % ersetzt, so dass wie auch in Konzept 1-1 NT nur ein begrenztes Schadensmaß und ein geringeres Risiko deutlich wahrscheinlicher wird. Die Bewertung erfolgt mit 2.

Konzept 2-2 HT 2

Ebenso erfolgt die Bewertung des Konzepts 2-2 HT.

Status Quo 3

Im Status Quo wird hauptsächlich Erdgas eingesetzt, so dass eine vergleichbar hohe Leckage und Explosionsgefahr existiert. Eine Wertung ist mit 3 vorgesehen.

D. Angepasste GEMIS-Prozesse

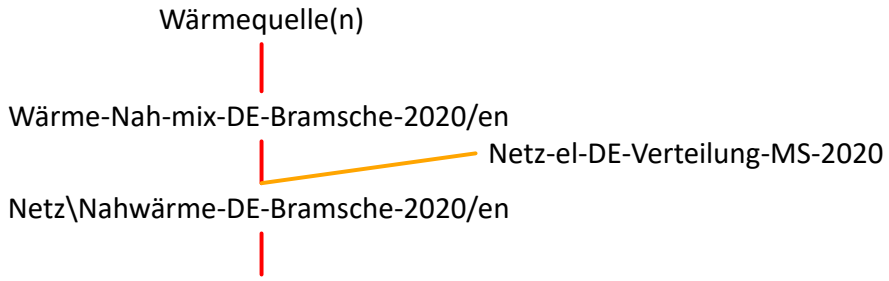


Abbildung 39: Allgemeine Darstellung der Prozesskette.
Quelle: Eigene Darstellung nach IINAS (2021): GEMIS..

Tabelle 5: Übersicht prozentuale Verteilung der Wärmequellen und betrachteten Wärmesenken.

	Wärmequellen					**Wärmesenken**
	Erdgas-BHKW[1]	Erdgas-Kessel[2]	Öl-Kessel[3]	TNV-Abwärme[4]	Durckluft-Abwärme[5]	
Konzept 1						
Konzept 1-1	70 %	30 %				Breslauer Höfe
Konzept 1-2, NT	10 %	5 %		85 %		Breslauer Höfe + Wohnquartiere
Konzept 1-2, HT	15 %	5 %		80 %		Breslauer Höfe + Wohnquartiere + Prozesswärme
Konzept 2						
Konzept 2-1		40 %			60 %	Breslauer Höfe
Konzept 2-2, NT		10 %		85 %	5 %	Breslauer Höfe + Wohnquartiere
Konzept 2-2, HT		10 %		85 %	5 %	Breslauer Höfe + Wohnquartiere + Prozesswärme
Status Quo						
Status Quo 1	-					-
Status Quo 2 NT		99 %	1 %			Wohnquartiere
Status Quo 2 HT		46 % + 53,5 % (HT)	0,5 %			Wohnquartiere + Prozesswärme

[1] Gas-BHKW-500-DE-2020/en
[2] Gas-Heizung-DE-2020 (Endenergie)
[3] Öl-Heizung-DE-2020 (Endenergie)
[4/5] Xtra-Rest\Abwärme-Bramsche

Quelle: Eigene Darstellung.

E. Interviewleitfaden

Thema des Gespräches:		
Datum:	**Uhrzeit:**	**Ort der Besprechung:**
TT.MM.JJJJ		
Teilnehmer*innen (Kürzel):	**Aufzeichnung:**	**Protokollant*in:**
	Falls elektronisch aufgezeichnet	

(Protokollierung gerne mit Überschriften oder aufzählender Nummerierung)
Bitte keine Tabelle, sondern Fließtext.

<u>Allgemeine Angaben</u>

- Zu energetischen Quartierskonzepten
- Straßensanierungen (Straßenbelag, Strom, FW, Abwasser, Telekommunikation)
- zu relevanten energiepolitischen Zielstellungen

<u>Akteure</u>

- Welche Akteure sehen Sie als Schlüsselakteure im Untersuchungsgebiet
    - Wie ist deren Rolle / Haltung / Ziele (Direkt/ indirekt Unterstützer/ Gegner/ Multiplikator/ Entscheider…, Aktivität, Ziele)
- Ggf. nach einzelnen Akteuren nachfragen

<u>Erfahrungen und Chronologie der Aktivitäten im Untersuchungsgebiet</u>

- Wie hat sich die Wärmeversorgung entwickelt?
- Könnten Sie nochmal kurz einen kleinen historischen Abriss der Projekte geben?
    - Fokus: Wärmeplanung/ angrenzender Energieinfrastrukturen
    - Gab es Konflikte/ besonders positive Beispiele?

<u>Kommunikation</u>

- Wie wurde bisher über das Projektgeschehen kommuniziert?
    - Welche Aufgaben haben andere Akteure übernommen
    - Wie hat xxx nach außen kommuniziert?
    - Welche Kommunikation lässt sich bei bisherigen Projekten dokumentieren?
    - welche Probleme sehen Sie in der bisherigen Kommunikation?
- zukünftige Kommunikation
    - Wer ist aus Ihrer Sicht relevant für Kommunikation des Projektes in der Zukunft?
    - Welche Chancen sehen sie künftig für die Kommunikation
        - nach Innen?
        - nach außen?

Kompetenzen

- Welche Kompetenzen sind in den Untersuchungsgebieten bzgl. Wärmeplanung vorhanden?
- Welche werden zusätzlich gebraucht?

Beteiligung

- Welche Beteiligungserfahrung liegt in den Untersuchungsgebieten vor (Bereich Wärme / Quartierskonzepte / angrenzende Bereiche)?
- Welche Ansetzungspunkte gab/ gibt es für Planungs- oder finanzieller Beteiligung?
- Wer sind relevante Kapitalgeber?