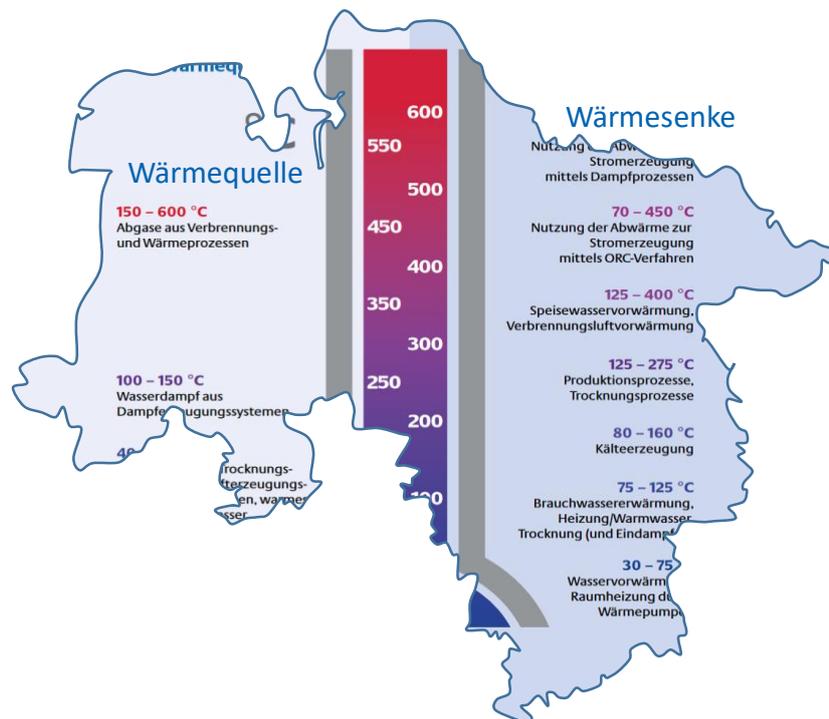


ABWÄRME AUS NIEDERSACHSEN

Konzeptstudie
zur wiederkehrenden Quantifizierung
bestehender Abwärmepotenziale in Niedersachsen



Auftraggeber: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt,
Energie und Klimaschutz
Archivstraße 2
30169 Hannover

Auftragnehmer: Kompetenzzentrum Energie
Science to Business GmbH - Hochschule Osnabrück
Albert-Einstein-Straße 1
49076 Osnabrück
Prof. Dr.-Ing. Matthias Reckzügel
Melanie Meyer M.Sc.
Dipl.-Ing. Christian Waldhoff

Februar 2017

Abstract

Die vorliegende Konzeptstudie „Abwärme aus Niedersachsen“ entwickelt strukturelle Ansätze zur Ermittlung von Abwärmepotenzialen für verschiedene Anwendungsgebiete in Niedersachsen. Unter Verwendung verfügbarer statistischer Datengrundlagen und geeigneter Methoden können sowohl regionale als auch lokale Potenziale wiederkehrend bestimmt werden. Ein wichtiges Ziel ist es auch, Wege zum Umgang mit fehlenden Datengrundlagen z. B. aufgrund von Geheimhaltung o. ä. darzulegen und eine realistische Bewertung der Ergebnisse aufzuzeigen.

Basierend auf dem aktuellen Wissensstand werden in aufeinander aufbauenden Schritten systematische Ansätze zur Potenzialbestimmung der energieintensiven Industriebranchen einer Region, Kreises, Stadt und Einzelunternehmen entwickelt und beispielhaft angewendet. Damit wird sowohl eine Gesamtpotenzialermittlung für das Bundesland Niedersachsen als auch eine räumliche Analyse für Kreise, Städte und Gemeinden mit Hinblick auf die Identifikation von sogenannten Hot Spots der Abwärme ermöglicht. Dargestellt wird ferner ein Tool zur schnellen Potenzialermittlung von theoretischen Abwärmequellen und -senken in Gewerbe- bzw. Industriegebieten. Dadurch können Gebiete und einzelne Unternehmen mit einer Erstein-schätzung vor einer direkten Ansprache bewertet werden, Vorgehen vgl. Abbildung 1. Um für alle beteiligten Akteure Fakten aufzuzeigen und Möglichkeiten zu eröffnen, können mit dieser Vorgehensweise Machbarkeitsstudien gezielt erstellt werden.

Zusammenfassend soll die Studie somit ein Hilfsmittel für die kommunale Wärmeplanung darstellen.

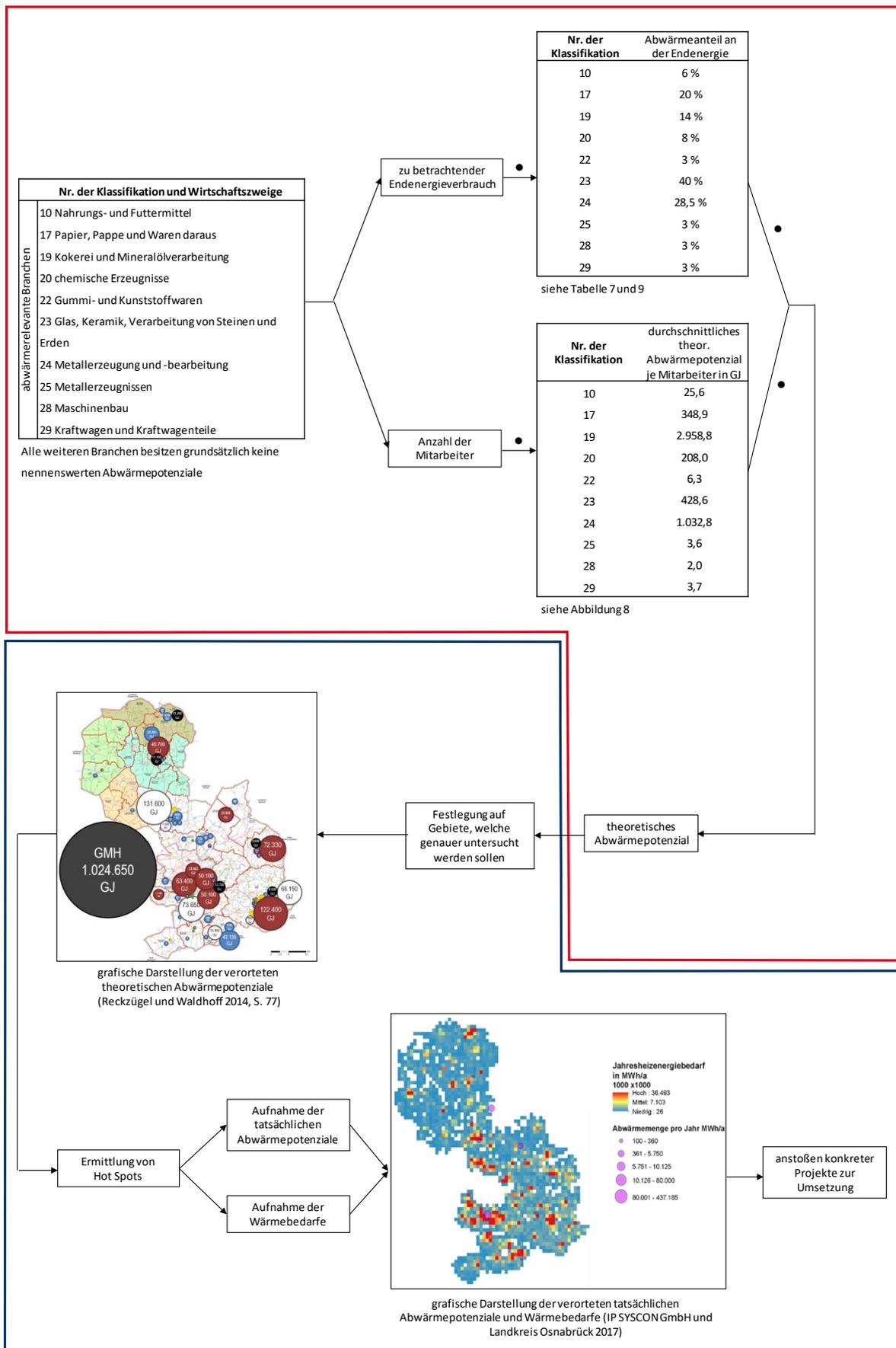


Abbildung 1: Zusammenfassung der Vorgehensweise zur Ermittlung von theoretischen Abwärmepotenzialen (rot) sowie einer weiteren möglichen Vorgehensweise (blau)

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	2
1.1.	Status Quo.....	2
1.2.	Die wichtigsten Akteure	6
2.	Methoden und bereits umgesetzte Ansätze.....	8
2.1.	Top-Down-Methode auf statistischer Basis.....	8
2.1.1.	Abwärmenutzung – Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge	8
2.1.2.	Strukturkonzept für ein regionales Abwärmekataster Industrie - ReWIn	10
2.2.	Bottom-Up-Methode mittels Unternehmensbesuchen.....	11
2.2.1.	Forschungsprojekt Abwärmeatlas Deutschland	11
2.2.2.	Leitfaden Wärmelandkarte.....	12
2.2.3.	Energetische Nachbarschaften	12
2.2.4.	Planungsportal Industrielle Abwärme – PlnA.....	13
3.	Methoden zur Potenzialberechnung über Energiebedarfsdaten	14
3.1.	Datenlücken aufgrund von Geheimhaltung bei statistischen Daten	14
3.2.	Überschlägige Ermittlung anhand des Energiebedarfs	15
3.3.	Berechnung anhand der emissionspflichtigen Anlagen	17
3.4.	Daten aus weiteren Datenquellen	17
3.5.	Berechnung über spezifische Unternehmensdaten.....	18
4.	Wiederkehrende Quantifizierung bestehender Abwärmepotenziale.....	19
4.1.	Energieverbrauch auf Gebietsebene.....	19
4.2.	Potenzialermittlung anhand von Branchenkennwerten	20
4.3.	Methoden zur Abwärmepotenzialermittlung.....	22
4.3.1.	Abwärmepotenzial auf Basis der Energieverbrauch	22
4.3.2.	Mitarbeiterspezifische Abwärmepotenziale	24
4.3.3.	Anwendungsfälle der dargestellten Methoden.....	27

4.4.	Unternehmensspezifische Erhebungen und Detailanalyse	27
4.5.	Identifikation von möglichen lokalen Kooperationen	30
5.	Anwendung der entwickelten Methodik auf Niedersachsen	32
5.1.	Energetische Einordnung der Kreise und Städte Niedersachsens	32
5.2.	Ermittlung der Abwärmepotenziale	34
5.2.1.	Niedersachsen	35
5.2.2.	Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte	40
5.2.3.	Einzelstandorte	44
6.	Auswertung und Darstellung der Ergebnisse	45
6.1.	Quantitative Darstellung der Potenzialsommen	45
6.2.	Darstellung mit regionalem Bezug	45
6.3.	Kombination Wärmbedarf- und Abwärmeangebot	46
7.	Abschätzung wirtschaftlicher Grenzwerte und Umsetzbarkeit	48
7.1.	Beispiel Steiermark	48
7.2.	Wärmebedarf als Standortfaktor	49
8.	Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise	50
8.1.	Zusammenfassung	50
8.2.	Empfohlene Vorgehensweise zur regionalen Potenzialanalyse	52
9.	Literaturverzeichnis	55
	Anhang	60

Glossar

In der vorliegenden Studie sind nachfolgende Begriffe wie folgt definiert:

Primärenergie Energie, welche zu Beginn der Umwandlungskette in den Energieträgern enthalten ist und noch keiner weiteren Umwandlung unterzogen wurde.

Endenergie Bezeichnet den Teil der ursprünglich eingesetzten Primärenergie, der dem Unternehmen nach Abzug von Umwandlungsverlusten und Transport zur Verfügung steht.

Abwärme Bezeichnet die ein Unternehmen verlassenden stoffgebundenen Energieströme mit einer Temperatur größer 60 °C.

Theoretisches Potenzial Teil der Abwärme der nach dem heutigen Stand der Technik zur direkten oder indirekten Wärmenutzung verwendet werden kann.

Wirtschaftliches Potenzial Teil der Abwärme welcher nach wirtschaftlicher Betrachtung eine Umsetzung ermöglicht.

Umsetzbares Potenzial Das umsetzbare Potenzial stellt die realisierbaren Abwärmemengen dar. Im Gegensatz zum wirtschaftlichen Potenzial liegen hier auch Hemmnisse, wie z. B. Logistik, Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit zu Grunde.

1. Einleitung

Die nachfolgende Konzeptstudie entstand im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz. Die Erschließung von Potenzialen zur Nutzung industrieller Abwärme ist in der „Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie“ des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz, Regierungskommission Klimaschutz“ aus dem Jahr 2012 aufgeführt. Hier heißt es „In [IFEU et. al. 2010] wurde das technische Potenzial der Abwärmenutzung bundesweit auf eine Größenordnung von rund 300 PJ/a über 140 °C sowie weiteren 160 PJ/a für Abwärme auf einem Temperaturniveau zwischen 60 und 140 °C abgeschätzt [...]. Für die branchenspezifische Abschätzung für Niedersachsen wäre jedoch eine eigene Studie notwendig.“ (MU-1 2012, S. 49)

Weiterhin wurde der Runde Tisch Energiewende als zentrales Kommunikationsprojekt zur Energie- und Klimapolitik gegründet um eine maximale Transparenz und eine umfassende Mitsprache in der Energie- und Klimaschutzpolitik zu ermöglichen. Im Zuge dessen entstand auch das Gutachten „Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050“. Dieses soll als wissenschaftliche Grundlage für den weiteren Verlauf der Energiewende und die erforderlichen Maßnahmen des Landes in Bezug auf den Klimaschutz dienen. (MU-2 2016)

Hierauf beziehend erfolgt mit der vorliegenden Studie die Erarbeitung eines Konzeptes zur wiederkehrenden Quantifizierung bestehender Abwärmepotenziale in Niedersachsen. Es werden dazu erforderliche Methoden erarbeitet und routinemäßig verwendete Datenquellen identifiziert. Weiterhin sind die dafür erforderlichen institutionellen Abstimmungen herausgestellt. Ebenso wird für das Bundesland in einem ersten Schritt das theoretische Abwärmepotenzial der energieintensivsten Branchen auf statistischer Grundlage ermittelt. Darüber hinaus werden die niedersachsenspezifischen industriellen Gegebenheiten betrachtet.

1.1. Status Quo

Aktuell haben in Deutschland sowohl Bundesländer als auch Kommunen kaum Möglichkeiten, Grundlagen für Wärmebedarfsprognosen, Abwärmepotenziale und wirtschaftliche Versorgungskonzepte zu schaffen. Die Notwendigkeit zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs verpflichtet die Kommunen aber zu handeln. Vor allem die bundesweit 41 Masterplankommunen 100% Klimaschutz (19 seit 2012, weitere 22 seit 2016) müssen sich um die Erfassung gegenwärtiger und die Ermittlung zukünftiger Nutzungspotenziale für industrielle Abwärme

kümmern. Hierbei sollen kommunale Wärmequellen identifiziert, die nutzbare Abwärmemenge in ihrer Charakteristik abgeschätzt sowie konkrete betriebliche und kommunale Optionen zur Abwärmennutzung im Masterplan aufgeführt werden. Grundlegendes Ziel der Masterplankommunen ist u. a. eine Senkung des gesamten Energieverbrauchs bis 2050 um 50 % im Vergleich zu 1990. Von den insgesamt 41 Kommunen befinden sich die nachfolgenden in Niedersachsen: (KEAN-1 2016) (SIJ, WI und DLR 2016, S. 32)

Seit 2012

- Landeshauptstadt Hannover
- Region Hannover
- Landkreis Osnabrück
- Stadt Osnabrück
- Stadt Göttingen

Seit 2016

- Stadt Emden
- Landkreis Lüchow-Dannenberg
- Flecken Steyerberg
- Zweckverband Großraum Braunschweig
- Bündnis der Landkreise Hameln-Pyrmont, Holzminden und Schaumburg

Auch wenn eine kommunale Wärmenutzungsplanung aktuell in Deutschland nicht verpflichtend vorgesehen ist, kann das folgende grundlegende Verfahren hier Anwendung finden. Dieses besteht aus einer Ist-Analyse des Wärmebedarfs, der eingesetzten Technologien sowie alternativer Versorgungsmöglichkeiten.

In diesem Zusammenhang werden niedersachsenweit viele Projekte im Bereich der Wärmenutzung (im Quartier) vorangetrieben. Eine Zusammenfassung vieler Projekte enthält die Broschüre „Kommunale Klimaschutzprojekte“ der Klimaschutz und Energieagentur Niedersachsen. So wird bis zum Jahr 2024 in der Stadt Hildesheim ein Quartier klimaneutral umgebaut. Neben einer Sanierung der Gebäude wird die Wärmeversorgung auf zwei Säulen aufgebaut. Im ersten Schritt erfolgt diese mittels BHKW unter Hinzunahme von Speichermöglichkeiten. Ab 2024 soll die Wärmeversorgung weitestgehend aus erneuerbaren Energien geleistet werden. In der Stadt Oldenburg entsteht zurzeit Deutschlands größte Abwasserwärmeanlage. Das Neubauprojekt „Alter Stadthafen“ wird in diesem Zusammenhang mittels eines „kalten Wärmenetzes“ und angeschlossenen Wärmepumpen dezentral mit Wärme versorgt. Auch das ausführlicher in Kapitel 2.2.4 dargestellte Projekt „Planungsportal Industrielle Abwärme – PlnA“ führt landkreisweit im Landkreis Osnabrück sowohl Abwärmenvorkommen in der Industrie und Wärmebedarfe wie auch z. B. vorhandene Wärmenetze für weitere Planungen zusammen. (KEAN-3 2017) (Reckzügel und Waldhoff 2017)

Das Land Niedersachsen ist bei einer Größe von fast 50.000 km² in 37 Landkreise sowie 8 kreisfreie Städte untergliedert und somit das zweitgrößte Bundesland in Deutschland. Mit knapp über einer halben Million Einwohner stellt hierbei die Landeshauptstadt Hannover die mit Abstand größte Stadt dar, gefolgt von Braunschweig mit ca. 250.000 Einwohnern. Die Gesamteinwohnerzahl des Bundeslandes lag Ende 2015 bei rund 8 Millionen. (LSN-2 2014)

Die Zusammensetzung der Industriezweige des Verarbeitenden Gewerbes im deutschlandweiten Vergleich weist in Bezug auf Niedersachsen beachtenswerte Unterschiede auf. In den folgenden Branchen ist ein überdurchschnittlich großer Anteil der Betriebe in Niedersachsen beheimatet. Laut Tabelle 1 befindet sich in der „Herstellung von Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ sowie der „Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“ ein Fünftel der Betriebe Deutschlands mit mehr als 20 Mitarbeitern in Niedersachsen. (Brezski 2014, S. 6 f.)

Tabelle 1: Auswahl der Wirtschaftszweige nach Wirtschaftsziffer im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland und Niedersachsen im Jahr 2014

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Anzahl der Betriebe		Verortung in Niedersachsen
	Deutschland (Statistisches Bundesamt 2014)	Niedersachsen (LSN-1 2014)	
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	892	176	20 %
10 Nahrungs- und Futtermittel	571	112	20 %
16 Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren	215	36	17 %
33 Reparatur und Installation von Maschinen	613	102	17 %
18 Druckerzeugnisse, Vervielfältigung von Datenträgern	1.893	289	15 %
30 Sonstiger Fahrzeugbau	514	78	15 %
⋮	⋮	⋮	⋮
12 Tabakverarbeitung	68	6	9 %
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	377	33	9 %
26 DV-Geräte, elektronische u. optische Erzeugnisse	755	59	8 %

In der niedersächsischen Industrie arbeiten insgesamt mehr als eine halbe Millionen Menschen, im Jahr 2013 erwirtschafteten diese einen Jahresumsatz von annähernd 190 Milliarden Euro. Abbildung 2 zeigt die Verteilung anhand des Umsatzanteils je Branche für Niedersachsen sowie für Deutschland. Der Automotive-Bereich stellt hierbei sowohl in Niedersachsen, als auch deutschlandweit, die umsatzstärkste Branche dar. Während der niedersächsische Anteil am Umsatz bei 47 % liegt, fällt dieser deutschlandweit mit 21 % um ca. die Hälfte geringer aus.

Die Autoindustrie des Wirtschaftsraums Wolfsburg-Hannover-Braunschweig gilt als europaweit führend. Der durchschnittliche Energieaufwand im Verarbeitenden Gewerbe liegt bei 2,1 %. (MW-1 2013) (MW-2 2016) (Brezski 2014, S. 6 f.)

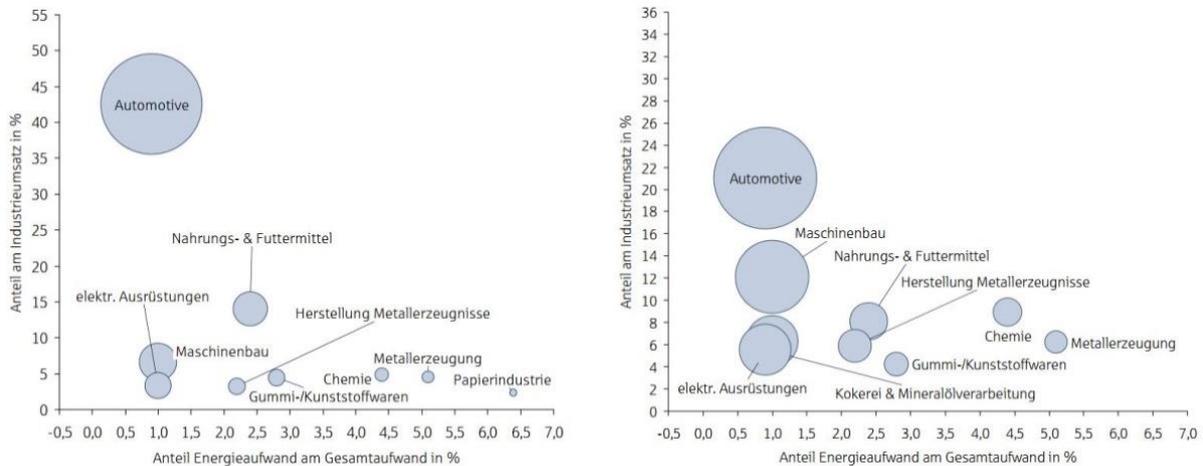


Abbildung 2: Industriestruktur und Energieaufwand in Niedersachsen (links) und Deutschland (rechts) (Kreisgröße = Anteil der Branche am Industriumsatz / prozentualer Energieaufwand der Branche. Je kleiner der Kreis, desto geringer der Umsatzanteil bezogen auf den prozentualen Energieaufwand (Brezski 2014, S. 5)

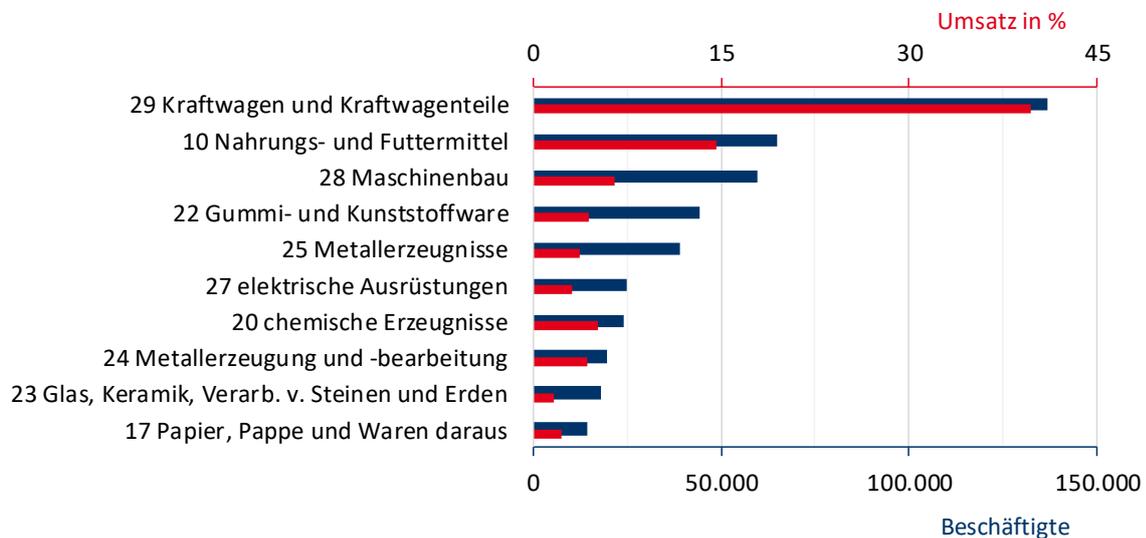


Abbildung 3: Beschäftigte und Umsatz in den 10 größten Industriebranchen Niedersachsens, Betriebe mit mehr als 20 Mitarbeitern. Daten aus 2014 (LSN-1 2014)

Abbildung 3 verdeutlicht, dass der Fahrzeugbau und die entsprechenden Zulieferer mit ca. 137.000 von 515.000 Beschäftigten die mit Abstand größte Branche in Niedersachsen darstellt. Das nachfolgende Ernährungsgewerbe liegt nur noch bei knapp der Hälfte der Mitarbeiterzahl (65.000).

1.2. Die wichtigsten Akteure

Eine nachhaltige und effiziente Energieversorgung kann zu einem echten Standort- und Marktvorteil werden. Die Umsetzung der Klimaschutzziele ist ohne eine Zusammenarbeit aller vor Ort ansässigen Akteure nicht realisierbar.

Kommunen

Kreise, Städte und Gemeinden verpflichten sich häufig selbst eine nachhaltige und effiziente Energienutzung voran zu treiben. Hierbei darf der Wärmeverbrauch in Haushalten und der Industrie genauso wie die vorhandene Abwärme nicht außer Acht gelassen werden. Kommunale Akteure besitzen zurzeit aber nur wenige Instrumente um tatsächlich Grundlagen für erfolgreiche Umsetzungen von Projekten in der Wärmeversorgung zu schaffen. Eine zukunftsorientierte Planungsmethode stellt die Wärmenutzungsplanung dar. Auch Planungen für weiteren Ansiedlungen von Unternehmen zur Nutzung vorhandener Abwärme können so vorangetrieben werden.

Wirtschaftsförderer

Wirtschaftsförderer erkennen, dass eine nachhaltige und effiziente Energieversorgung zu einem echten Standort- und Marktvorteil werden kann. Dabei kommt ihnen als Bindeglied zwischen Wirtschaft und Kommune eine Schlüsselrolle als Türöffner zukommen.

Stadtwerke und Energieversorger

Die Energieversorgung ist weitestgehend in privater Hand, auch kommunal angegliederte Stadtwerke stehen unter großem wirtschaftlichen Druck. Langfristige Investitionen mit Amortisationszeiten in der Infrastruktur von üblicherweise über 10 Jahren, z. B. in ein Wärmenetz, sind schwer umzusetzen.

Unternehmen

Für die Unternehmen steht selbstverständlich die zuverlässige Abwicklung des Kerngeschäfts im Vordergrund. Kaum ein Unternehmen möchte im Nebengeschäft noch Energieversorger und -dienstleister werden. Eine CO₂-reduzierte Produktion wird durchaus als Marktvorteil erkannt. Grundsätzlich wird auch mit weiteren Vorgaben seitens des Gesetzgebers bezüglich Energieeffizienz und Klimaschutz in der näheren Zukunft gerechnet.

Bürger

Klimaschutz und Industrie werden häufig als kaum miteinander vereinbar empfunden. Über die Beteiligung an Energiegenossenschaften und Wärmeverbänden haben Bürger selbst die Möglichkeit, finanziell von solchen Projekten zu profitieren. Durch eine frühzeitige Beteiligung, offene Argumentationen und professionelle Betreiber können Bedenken der Bürger gegenüber neuen Energieprojekten oft ausgeräumt werden. Der Zeitpunkt zur Information der Öffentlichkeit und zur Einbindung der Bürger muss allerdings bewusst gewählt werden. Die Machbarkeit, die Unterstützung der beteiligten Unternehmen und der kommunalpolitischen Akteure sollte sichergestellt sein.

2. Methoden und bereits umgesetzte Ansätze

Im Zuge der aktuellen Klimaschutzaktivitäten entstanden in den vergangenen Jahren viele Studien, Leitfäden und Portale mit Bezug auf die Abwärmenutzung. Eine Übersicht hierzu ist nachfolgend dargestellt. Zumeist werden hier zwei verschiedene Ansätze zur Potenzialbewertung gewählt.

Bei der *Top-Down-Methode* wird anhand vorliegender landesweiter statistischer Daten der Energieverbräuche in der Industrie eine theoretische Abwärmemenge ermittelt und diese anschließend auf Landkreis- oder Gemeindeebene runtergebrochen. Diese Verteilung kann beispielsweise anhand von Mitarbeiter- oder Umsatzzahlen erfolgen. Durch den alleinigen Gebrauch statistischer Daten entfällt die Befragung beteiligter Unternehmen, sodass eine zügige Bearbeitung möglich ist. Je nach Qualität der Datengrundlage sind unterschiedliche Unschärfe in den Ergebnissen zu erwarten. So eignet sich diese Methode gut zur Ermittlung regionaler theoretischer Potenzialsommen auf Basis grundlegender Statistiken und Unternehmensdatenbanken.

Dem entgegen steht die *Bottom-Up-Methode*. Für diese Variante ist ein deutlich höherer Aufwand zu betreiben. Hier müssen für jedes Unternehmen die konkreten Daten mittels Befragungen aufgenommen und weiterverarbeitet werden. Durch die hierfür erforderlichen Terminabsprachen mit anschließenden Besuchen in den Unternehmen ist eine langfristige Planung erforderlich. Zusätzlich müssen für die Datenaufnahme und vor allem die anschließende Auswertung Fachleute herangezogen werden. Jedes Unternehmen weißt andere Prozesse und folglich differenziert zu betrachtende Randbedingungen auf, die nur mit Hintergrundwissen richtig eingeschätzt und ausgewertet werden können.

2.1. Top-Down-Methode auf statistischer Basis

Anhand von Energiebezugsdaten, Statistiken und Unternehmensdaten werden bei der Top-Down-Methode die Potenziale ermittelt.

2.1.1. Abwärmenutzung – Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge

Die von der IZES gGmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit erstellte Studie „Abwärmenutzung – Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge“ gibt neben einer Übersicht der Technologien auch den Stand der aktuellen Veröffentlichungen in Deutschland und auf internationaler Ebene wieder. Im Weiteren

erfolgt eine überschlägige Potenzialabschätzung mittels Daten des statistischen Bundesamtes (Energieverbräuche je Branche und Branchendaten). Hiernach beträgt das überschlägige, theoretische Abwärmepotenzial 225 TWh/a für das Jahr 2008, vgl. Abbildung 4. (Grote 2015, S. 52)

Berücksichtigt worden sind hierbei nachfolgende branchenunabhängige Kenngrößen. Eine Betrachtung des spezifisch auftretenden Temperaturniveaus der Abwärme hat hier nicht stattgefunden: (Grote 2015, S. 49)

- Die Umwandlungsverluste von Primär- in Endenergie (Kohle, Öl, Gas und Sonstiges) betragen für das Jahr 2008 25 % (ausgenommen der Stromproduktion). (AG Energiebilanzen e.V. 2015)
- Der mittlere Anteil der Prozesswärme am Endenergiebedarf beträgt 66,8 %.
- Der mittlere Anteil der nutzbaren Abwärme an der Prozesswärme beträgt 60 % (überschlägige Annahme).
- Bei reiner Wärmenutzung wird ein Wirkungsgrad von 90 % angesetzt (überschlägige Annahme).
- Bei maximaler Stromerzeugung aus Abwärme wird ein Wirkungsgrad von 15 % angenommen (überschlägige Annahme).

WZ Schlüssel	Bezeichnung (Verarbeitendes Gewerbe)	Betriebe	(End-) Energieverbrauch insgesamt (Kohle, Heizöl, Erdgas, Strom)	Anteil in %	(End-) Energieverbrauch pro Betrieb	Mögliche th. Wärmenutzung W_{th}	Mögliche th. Stromnutzung W_{el}
		Anzahl	GJ	%	GJ/Betrieb	GWh	GWh
WZ08-24	Metallerzeugung und -bearbeitung	1.096	640.415.633	28,45%	584.321	64.170	10.695
WZ08-20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	1.559	505.618.167	22,46%	324.322	50.663	8.444
WZ08-23	H.v.Glas,-waren,Keramik,Verarb. v.Steinen u.Erden	3.236	198.700.598	8,83%	61.403	19.910	3.318
WZ08-17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	974	162.223.465	7,21%	166.554	16.255	2.709
WZ08-05	Kohlenbergbau	42	143.702.389	6,38%	3.421.485	14.399	2.400
WZ08-10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	5.175	136.350.314	6,06%	26.348	13.662	2.277
WZ08-19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	66	64.628.778	2,87%	979.224	6.476	1.079
WZ08-29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	1.369	62.190.444	2,76%	45.428	6.231	1.039
WZ08-25	Herstellung von Metallerzeugnissen	7.109	58.639.877	2,60%	8.249	5.876	979
WZ08-28	Maschinenbau	6.027	51.900.238	2,31%	8.611	5.200	867
WZ08-22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	3.144	46.621.008	2,07%	14.829	4.671	779
WZ08-11	Getränkeherstellung	621	21.051.605	0,94%	33.900	2.109	352
WZ08-27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	2.210	19.561.097	0,87%	8.851	1.960	327
WZ08-26	H.v. DV-Geräten, elektron. u. opt. Erzeugnissen	1.780	18.876.910	0,84%	10.605	1.891	315
WZ08-08	Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau	1.053	18.577.628	0,83%	17.643	1.861	310
WZ08-16	H.v. Holz-, Flecht-, Korb-u.Korkwaren (ohne Möbel)	1.270	16.053.613	0,71%	12.641	1.609	268
WZ08-13	Herstellung von Textilien	794	15.523.495	0,69%	19.551	1.555	259
WZ08-18	H.v. Druckerz., Vervielf.v.Ton-,Bild-,Datenträgern	1.643	13.442.415	0,60%	8.182	1.347	224
WZ08-21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	305	11.767.102	0,52%	38.581	1.179	197
WZ08-32	Herstellung von sonstigen Waren	1.577	11.041.675	0,49%	7.002	1.106	184
WZ08-31	Herstellung von Möbeln	1.056	10.812.192	0,48%	10.239	1.083	181
WZ08-06	Gewinnung von Erdöl und Erdgas	29	9.099.438	0,40%	313.774	912	152
WZ08-30	Sonstiger Fahrzeugbau	290	6.423.739	0,29%	22.151	644	107
WZ08-33	Reparatur u.Installation von Masch.u.Ausrüstungen	2.178	4.139.334	0,18%	1.901	415	69
WZ08-12	Tabakverarbeitung	27	1.558.065	0,07%	57.706	156	26
WZ08-14	Herstellung von Bekleidung	381	1.424.174	0,06%	3.738	143	24
WZ08-15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	168	906.286	0,04%	5.395	91	15
WZ08-09	Dienstleistungen f.d.Bergbau u.Gewinnung v.Steinen	13	64.953	0,00%	4.996	7	1
Summe		45.192	2.251.314.631	1 €	49.817	225.582	37.597

(Durchschnitt)

Abbildung 4: Ermittlung der theoretischen Potenziale der Abwärmenutzung in Deutschland (Grote 2015, S. 49)

2.1.2. Strukturkonzept für ein regionales Abwärmekataster Industrie - ReWIn

Das „Strukturkonzept für ein regionales Abwärmekataster Industrie - ReWIn“ wurde von der Hochschule Osnabrück in Zusammenarbeit mit dem Landkreis Osnabrück erstellt. Hierbei erfolgte auf Grundlage statistischer Daten die Ermittlung der theoretischen Abwärmepotenziale. Mittels Daten des Landesamtes für Statistik Niedersachsen (LSN) konnten die wesentlichen Wirtschaftszweige im Landkreis Osnabrück ermittelt werden. In den folgenden Schritten erfolgte eine Berechnung des mittleren theoretischen Abwärmepotenzials (ca. 4,6 Mio. GJ) sowie des branchenabhängigen Potenzials mittels Abwärmeanteilen (ca. 2,1 Mio. GJ), siehe Tabelle 2. Eine detaillierte Vorgehensweise ist (Reckzügel und Waldhoff 2014) zu entnehmen.

Tabelle 2: Mittleres theoretisches Abwärmepotenzial sowie branchenspezifisches Potenzial der wichtigsten Branchen für den Landkreis Osnabrück im Jahr 2012 (Reckzügel und Waldhoff 2014, S. 67 ff.)

WZ Landkreis Osnabrück 2012	Energie in GJ			
	Primärenergie	Endenergie	theoretische Abwärme	branchenspez. Abwärme
WZ 10 Nahrungs- und Futtermittel	3.030.609	2.568.733	1.183.672	154.124,0
WZ 17 Papier, Pappe und Waren daraus	1.964.263	1.566.847	722.003	313.369,5
WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren	405.199	379.879	175.048	11.396,4
WZ 23 Glas, Keramik, Verarb. Steine u. Erden	1.491.260	1.160.030	534.542	464.011,9
WZ 24-1 Metallerzeugung und -bearbeitung	385.633	332.609	153.266	99.782,6
WZ 24-2 GMH	3.960.000	3.415.500	1.573.862	1.024.650,0
WZ 25 Metallerzeugnisse	473.987	413.868	190.710	12.416,0
WZ 28 Maschinenbau	244.652	211.379	97.403	6.341,4
<i>Summe (WZ10,17,22-25,28)</i>	<i>11.955.602</i>	<i>10.048.844</i>	<i>4.630.507</i>	<i>2.086.092</i>

Die regionale Verortung dieser Potenziale erfolgte anschließend mittels der Marketing-Datenbank MARKUS des Verbands der Vereine Creditreform e.V. Durch Zuordnung der jeweiligen Wirtschaftsziffern der ansässigen Betriebe im Landkreis und deren Mitarbeiterzahlen konnte das theoretische Potenzial sowohl anteilig als auch geografisch statistisch zugeordnet werden, siehe nachstehende Abbildung 5. (Reckzügel und Waldhoff 2014, S. 70)

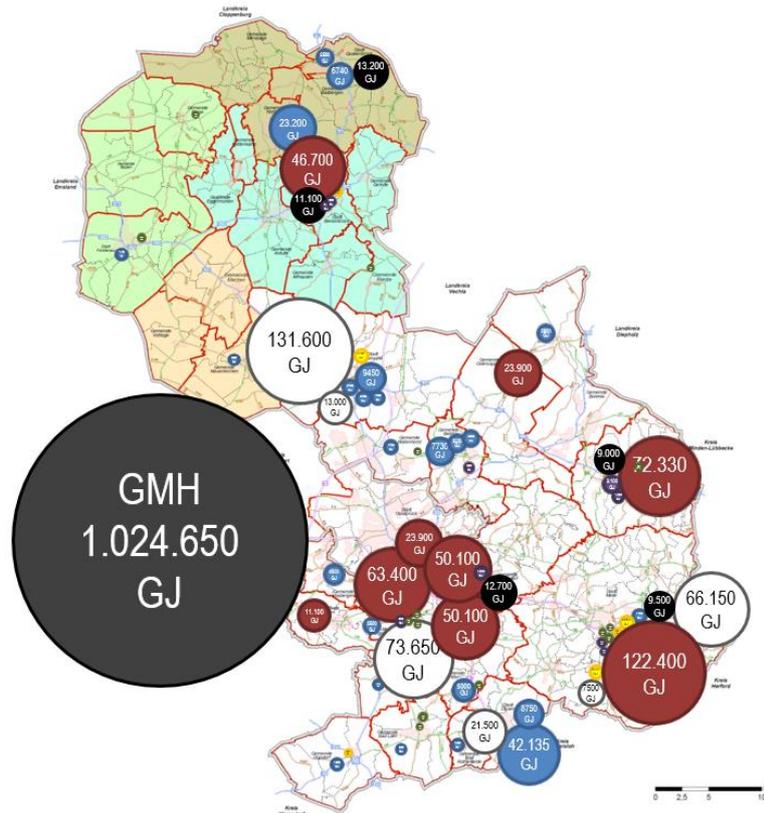


Abbildung 5: Darstellung aller betrachteten Branchen mit den errechneten jährlichen theoretischen Abwärmepotenzialen für ausgewählte Standorte (Reckzügel und Waldhoff 2014, S. 77)

2.2. Bottom-Up-Methode mittels Unternehmensbesuchen

Entgegen der Top-Down-Methode stellen bei der Bottom-Up-Methode konkrete Unternehmensdaten die Grundlage nachfolgender Projekte zur Auswertung der Abwärmepotenziale dar.

2.2.1. Forschungsprojekt Abwärmearatlas Deutschland

Im aktuell laufenden (2015-2018) Forschungsprojekt „Abwärmearatlas: Erhebung, Abschätzung und Evaluierung von industrieller Abwärme in Deutschland – Potentiale und Forschungsbedarf“ des Fraunhofer IPM, der IZES gGmbH und dem IfD Allensbach wird ein strategischer Rahmen zur Koordinierung der zukünftigen Forschung und Nutzung von Abwärme in Deutschland entwickelt.

Zur Verbesserung der aktuell nur sehr dünn vorliegenden Datenlage für eine detaillierte Analyse der tatsächlichen Abwärmepotenziale werden deutschlandweit Unternehmensdaten erhoben und ausgewertet. Die Auswahl der Unternehmen erfolgt anhand der Branchenzuordnung und den daraus zu erwartenden Energieverbräuchen und erfolgt sowohl

mittels Fragebogen als auch durch Vor-Ort-Messungen. So ist das Ziel dieses Forschungsprojektes Abwärmetechnologien darzustellen sowie die jeweiligen vorhandenen Potenziale abzuschätzen und bewerten zu können. Die Datenerhebung und Auswertung der Fragebögen wurde Anfang 2017 abgeschlossen, sind aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht veröffentlicht. Anschließend erfolgen Untersuchungen Vor-Ort sowie eine Technologiebewertung. (IPM 2015) (Tänzer 2016)

2.2.2. Leitfaden Wärmelandkarte

Im „Leitfaden Wärmelandkarte“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit wird ein Verfahren zu Ermittlung der Energiedaten mittels einer Vor-Ort-Befragung der Unternehmen dargestellt. Die Auswahl der zu betrachtenden Unternehmen hat demgemäß anhand einer Separation der Wirtschaftsziffern zu erfolgen. So sollen Unternehmen, bei welchen keine Verwendung von Prozesswärme und/oder Verfügbarkeit von Abwärme zu erwarten ist, im weiteren Verlauf nicht weiter betrachtet werden. Die eigentliche Datenerfassung erfolgt in Vor-Ort-Terminen in den jeweiligen Unternehmen. Anhand dieser Daten erfolgt die Auswertung der Industriedaten nach Potenzial der Wärmequellen und -senken, des Wärmebedarfs von Siedlungsgebieten sowie deren Verknüpfungsmöglichkeiten. Innerhalb des Leitfadens wird detailliert auf die Auswertung dieser Daten eingegangen. So ist beispielsweise die Vorgehensweise zur Berechnung der Abwärmeleistung mittels Schornsteinverlusten oder durch Summierung der Abwärme aus Abluft, Kompressoren, Kälteanlagen etc. beschrieben. In diesem Zusammenhang entstand auch ein Abwärmerechner¹, mit welchem erste Abschätzungen hinsichtlich verfügbarer Abwärmemengen möglich sind. (Coplan AG 2012)

2.2.3. Energetische Nachbarschaften

Der Fokus des Projektes „Energetischer Nachbarschaften“ liegt in der gemeinschaftlichen Nutzung unterschiedlicher Energiequellen zur Steigerung der Energieeffizienz. Durchgeführt wurde dieses Projekt in einer Kooperation der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, der Hochschule Osnabrück sowie der iro GmbH Oldenburg/Institut für Rohrleitungsbau.

Vor dem Hintergrund der Steigerung der Energieeffizienz wurde untersucht, ob und wie sich einzelne Unternehmen in ausgewählten Industrie- und Gewerbegebieten zusammenschließen müssten. Neben dem Fokus der industriellen Abwärmennutzung wurden auch der Aufbau einer

¹ www.energieatlas.bayern.de/thema_abwaerme/rechner.html

gemeinsamen Infrastruktur (Nahwärmenetze) und die gemeinsame Nutzung von Stromerzeugungsanlagen untersucht. Auch hierbei erfolgte die detaillierte Datenerhebung durch Vor-Ort-Besuche. (Reckzügel, Meyer, et al. 2015)

2.2.4. Planungsportal Industrielle Abwärme – PInA

Aufbauend auf dem „Strukturkonzept für ein regionales Abwärmekataster Industrie - ReWIn“ beleuchtet das „Planungsportal Industrielle Abwärme – PInA“ die zuvor ermittelten theoretischen Abwärmepotenziale detaillierter. Mittels Unternehmensbesuchen werden die tatsächlichen Potenziale aufgenommen und im Weiteren mittels einer GIS-basierten Planungsplattform mit den Wärmebedarfen vor Ort zusammengeführt. Dieses Konzept wurde von 11/2014 bis 06/2016 in Zusammenarbeit der Hochschule Osnabrück (Prof. Reckzügel) und dem Landkreis Osnabrück gestartet und ausgeführt. Nach Beendigung der Förderung erfolgt eine Weiterführung des Projekts von 07/2016 bis 12/2017 in Zusammenarbeit des Kompetenzzentrums Energie mit dem Landkreis Osnabrück. (Reckzügel und Waldhoff 2017) (Kompetenzzentrum Energie 2017)

3. Methoden zur Potenzialberechnung über Energiebedarfsdaten

3.1. Datenlücken aufgrund von Geheimhaltung bei statistischen Daten

Geheimhaltung spielt bei der Nutzung von Datenbanken und Entwicklung weiterführender Methoden eine maßgebliche Rolle. Lücken in den Daten des Landesamts für Statistik Niedersachsen (LSN) sind auf unterschiedlichste Regelungen der Geheimhaltung zurückzuführen:

1. primäre Geheimhaltung nach Dominanzregelung
2. primäre Geheimhaltung nach Fallzahlenregelung
3. sekundäre Geheimhaltung der Zeilen untereinander
4. sekundäre Geheimhaltung der Regionen untereinander
5. sekundäre Geheimhaltung der WZs untereinander
6. sekundäre Geheimhaltung der Spalten untereinander
7. 2. sekundäre Geheimhaltung der Zeilen untereinander
8. 2. sekundäre Geheimhaltung der Regionen untereinander
9. 2. sekundäre Geheimhaltung der WZs untereinander

So ergibt sich die *primäre Geheimhaltung nach Dominanzregelung* beispielsweise bei einem Energieverbrauch eines Unternehmens von mindestens 80 % der Gesamtenergieverbrauch des untersuchten Gebiets.

Die *primäre Geheimhaltung nach Fallzahlenregelung* wiederum liegt bei Unternehmenszahlen kleiner oder gleich drei im Untersuchungsgebiet vor. Bei diesen beiden Geheimhaltungsstufen könnten sonst direkte Rückschlüsse auf den Energieverbrauch einzelner Unternehmen geschlossen werden.

Die weiteren Geheimhaltungsgründe finden eher in Einzelfällen Anwendung, auf eine genauere Erläuterung wird hier verzichtet.

Diese Arten der Geheimhaltung sind auch der Hauptgrund für nur unvollständig verfügbare Datenlagen für Kreise und kreisfreie Städte. Zu einem vergleichbaren Ergebnis für ganz Deutschland kommt auch der im Januar 2017 erschienene Endbericht „Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 - 2014“ des Umweltbundesamtes. Nach Aussage des LSN haben einzig die Ministerien zur internen Nutzung Zugriff auf diese Daten. (Kemmler, et al. 2017)

3.2. Überschlägige Ermittlung anhand des Energiebedarfs

Zur allgemeinen Ermittlung der theoretischen Abwärmepotenziale über den Energieverbrauch auf Gebietsebene ist das LSN die wichtigste Quelle. So werden hier jährlich Daten in den Bereichen des Energieverbrauchs sowie der Wirtschaftszweige veröffentlicht. Diese sind jederzeit frei über das Internet zugänglich². Grundlage dieser Daten sind Angaben der Unternehmen. Für alle Unternehmen aus den Bereichen Verarbeitendes Gewerbe, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden mit 20 oder mehr Beschäftigten besteht eine Auskunftspflicht dem Landesamt gegenüber.

Die Ergebnisse dieser Statistik eignen sich primär zur langfristigen Beobachtung und Beurteilung der Entwicklung einzelner Wirtschaftsbereiche im gesamten Bundesgebiet sowie in einzelnen Regionen. Auch Daten für die Kreisebene liegen dem LSN vor.

Eine weitergehende Spezifikation auf kleinere geografische Ebenen kann mittels weiterer Aufteilung der theoretischen Abwärmepotenziale erfolgen. Hierfür wird dieses Potenzial in Abhängigkeit der Wirtschaftsziffer und der Anzahl der dort tätigen Personen weiter verteilt. Diese Daten liegen auch dem LSN vor und sind aufgrund von Geheimhaltung nur unvollständig im Internet abrufbar. Auf Gemeindeebene sind diese Daten nicht zugänglich, zur weiteren Verortung der theoretischen Potenziale muss auf zusätzliche Daten aus anderen Quellen zurückgegriffen werden. Dabei ist zu beachten, dass eine Vergleichbarkeit z. B. von Unternehmensdaten oder Beschäftigtenzahlen zwischen Daten des LSN und anderer Quellen und Datenbanken nicht zwingend gegeben ist. Dieses ist z. B. auf abweichende Mitarbeiterzahlen aufgrund verschiedener Stichtage zurückzuführen.

Für die weitere Differenzierung auf Ebene von Kreisen, Gemeinden und Unternehmen, müssen Daten in entsprechender Tiefe vorliegen. Dazu können verschiedene Unternehmensdatenbanken genutzt werden. So kann an dieser Stelle z. B. REGISonline vom REGIS-Netzwerk der Wirtschaftsförderungseinrichtungen im Nordwesten genannt werden. Diese steht kostenfrei für den Nordwesten Niedersachsens im Internet zur Verfügung. Hierbei ist aber zu beachten, dass einerseits auch Unternehmen mit weniger als 20 Mitarbeitern aufgeführt sind und andererseits die Mitarbeiterzahlen nur in Clustern (1-4 Mitarbeiter, 5-9 Mitarbeiter, 10-19 Mitarbeiter, 20-49 Mitarbeiter, usw.) vorliegen. Weiterhin handelt es sich hierbei um eine

² www1.nls.niedersachsen.de/Statistik/default.asp

freiwillige Eintragung von Seiten der Unternehmen. Dieses führt zu einer lückenhaften Auflistung der Unternehmen und damit zu einer eingeschränkten Übertragbarkeit / Anwendbarkeit der Daten. Weiterhin können kommerzielle Unternehmensdatenbanken herangezogen werden, z. B. die Marketing-Datenbank MARKUS des Verbands der Vereine Creditreform e.V. Anhand dieser Daten kann eine vollständige Zuordnung der Unternehmen nach Wirtschaftsziffer und Standort erfolgen. Auch die enthaltenen Daten zu Beschäftigtenzahlen können zur Spezifikation der Daten des LSN genutzt werden. Allgemein ist dieses Verfahren nicht sehr genau. Zum einen sind in den Mitarbeiterzahlen Büroangestellte wie auch gewerbliche Mitarbeiter zusammengefasst. Für eine genauere Betrachtung muss zwischen diesen weiter unterschieden werden. Zum anderen besitzen nicht alle Unternehmen der identischen Wirtschaftsziffer auch eine vergleichbare Energieverbrauchsstruktur. Dieses ist auf den Einsatz verschiedener Techniken, Anlagengenerationen und weiteren unternehmensspezifischen Gegebenheiten zurückzuführen.

Tabelle 3: Übersicht verwendbarer Datenquellen sowie deren Zugänglichkeit

Datenquelle	inhaltliche Kurzübersicht	Zugänglichkeit der Daten
Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)	Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden nach Wirtschaftszweigen in Niedersachsen (Aufteilung nach Energieträgern)	frei zugänglich in Pressemitteilungen veröffentlicht ³
	Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden nach Wirtschaftszweigen in den einzelnen Landkreisen (Aufteilung nach Energieträgern)	Daten liegen dem LSN vor
	Verarbeitendes Gewerbe (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) in Niedersachsen Betriebe mit i. a. 20 und mehr Beschäftigten -	frei zugänglich über die LSN-Online-Regionaldatenbank ⁴
REGISonline	Unternehmensdaten mit Angabe der ungefähren Mitarbeiterzahl, Branche und Standort	frei zugänglich ⁵
kommerzielle Unternehmensdatenbank z. B. Marketing-Datenbank MARKUS	Datenbank mit Informationen z. B. zu den Unternehmensstandorten, Wirtschaftsziffern, Umsätzen, Mitarbeiterzahlen	käuflich zu erwerbende Datenbank ⁶

³ www.statistik.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse/pressearchiv/energieverbrauch-der-niedersaechsischen-industrie-2014-leicht-gestiegen---erdgas-und-strom-die-wichtigsten-energetraeger-141044.html (Daten aus 2014)

⁴ www1.nls.niedersachsen.de/statistik/default.asp Tabelle K7700041

⁵ regiononline.de/de/unternehmen/suche

⁶ <https://markus.bvdinfo.com>

3.3. Berechnung anhand der emissionspflichtigen Anlagen

Um die Energiebedarfsdaten der Unternehmen bzw. Branchen zu ermitteln, besteht eine Möglichkeit darin, die Verbräuche über die meldepflichtigen Emissionswerte gemäß Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zu berechnen. Diese öffentlich verfügbaren Daten liegen beispielsweise für das Jahr 2014 für 185 Anlagen in 179 Unternehmen in Niedersachsen vor. Diese Daten umfassen weniger als 5 % aller Unternehmen. (DEHSt 2015)

Am Emissionshandel nehmen insbesondere alle großen Feuerungsanlagen (mit mehr als 20 Megawatt Feuerungswärmeleistung) sowie die größeren Anlagen der energieintensiven Industrie, wie Stahlwerke, Raffinerien und Zementwerke teil. Anhand der hier enthaltenen Daten zu den CO₂-Emissionen pro emissionspflichtiger Anlage kann auf den Energiebedarf und damit die Abwärmemenge ansatzweise zurückgerechnet werden.

3.4. Daten aus weiteren Datenquellen

Unternehmensspezifische Energiedaten sind aufgrund der in Kapitel 3.1 genannten Geheimhaltungsbestimmungen häufig nicht in den statistischen Daten aufgeführt. Diese lassen sich aber in Einzelfällen über freiwillig erstellte Umweltberichte der Unternehmen oder aus Klimaschutz(teil)konzepten der Kommunen übertragen. Diese sind, wenn vorhanden, auf den Internetseiten der Landkreise einsehbar. Je nach Fragestellung besteht somit einerseits die Möglichkeit die aufgrund der Geheimhaltung vorliegenden Fehlstellen zu füllen oder aber aus weiteren Quellen eine genauere Datengrundlage herzustellen.

Auch die Daten des im Kapitel 2.2.1 dargestellten Forschungsprojektes „Abwärmeatlas Deutschland“ sind als Datengrundlage nicht ausreichend. Die hier zu erwartenden Ergebnisse beruhen auf Daten von insgesamt 570 Unternehmen. Dieses entspricht einer Rücklaufquote der versandten Fragebögen von ca. 20 %. (Tänzer 2016)

Aufgrund dieser deutschlandweit gesehen geringen Menge an unternehmensspezifischen Daten ist eine Übertragung dieser Ergebnisse auf Einzelbetriebe nicht zielführend. Auch hierbei käme es je nach eingesetzten Technologien in den Unternehmen zu großen Abweichungen in den spezifischen Abwärmepotenzialen.

3.5. Berechnung über spezifische Unternehmensdaten

Das schon in Kapitel 2 als Bottom-Up-Methode beschriebene Verfahren stellt die genaueste aber auch aufwendigste Möglichkeit zur Aufnahme von Unternehmensdaten dar. Zuerst erfolgt eine Auswahl geeigneter Unternehmen hinsichtlich der vermuteten Abwärmepotenziale. Im Anschluss daran muss Kontakt zu den ermittelten Unternehmen aufgenommen werden um bei einem Unternehmensbesuch durch Befragung und/oder Messung die notwendigen Daten zu ermitteln, die durch das Unternehmen im Anschluss freigegeben werden müssen. Anschließend erfolgt die Berechnung des tatsächlichen Abwärmepotenzials in Abhängigkeit zu den spezifischen Industrieprozessen.

Bei Verwendung konkreter Unternehmensdaten musste teilweise eine Zurückhaltung der Unternehmen festgestellt werden. Die Energiedaten ermöglichen Branchenkennern Rückschlüsse auf Geschäftszahlen und Produktivität. So stellt dieser Aspekt sehr hohe Anforderungen hinsichtlich der Geheimhaltung. Andererseits kann sich bei vorhandener Akzeptanz in den Unternehmen aber auch ein Mehrwert für diese ergeben. Durch Prozess- oder betriebsinterne Nutzung dieser Abwärme oder über eine externe Nutzung ergeben sich nicht nur finanzielle Vorteile für die Unternehmen.

Anhand des hier beschriebenen Verfahrens konnten in PInA innerhalb eines Jahres 50 Unternehmen im Landkreis Osnabrück aufgesucht werden, aktuell liegen von über 30 Unternehmen bestätigte spezifische Daten zur Weiterverarbeitung vor (Stand 02/2017).

4. Wiederkehrende Quantifizierung bestehender Abwärmepotenziale

Im nachfolgenden Kapitel wird eine Vorlage zur regelmäßigen Ermittlung der jährlichen Abwärmepotenziale vorgestellt. Hierbei wird auf die Nutzung vorhandene Daten genauso eingegangen wie auf die eigentliche Vorgehensweise zur Ermittlung der Potenziale. Wie in Abbildung 6 dargestellt, verlaufen der Detaillierungsgrad und die Vollständigkeit der verfügbaren Daten gegensätzlich. Das Bundesland Niedersachsen bildet hier den Bezugsraum der statistischen Daten. In Abhängigkeit des zu betrachtenden Untersuchungsgebietes ergeben sich unterschiedliche Möglichkeiten unter Berücksichtigung der Detaillierung sowie der verfügbaren Daten, siehe Abbildung 6.



Abbildung 6: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Detaillierungsgrad und Vollständigkeit der verfügbaren Datengrundlage

4.1. Energieverbrauch auf Gebietsebene

Schon in Kapitel 2 wurde der Zusammenhang zwischen Endenergiebedarf und potenzieller Abwärmemenge dargestellt. In der Regel weisen Unternehmen der Prozessindustrie bei hohem Energieinput auch einen nennenswerten Anteil Abwärme auf. Je nach Branche ist dieser Wert unterschiedlich hoch.

Anhand der Daten des LSN für die Energieverbrauch auf Ebene der kreisfreien Städte und Landkreise, kann der Primärenergiebedarf der Branchen für diese Gebietsebene erhoben werden⁷. Aufgrund verschiedener Bestimmungen zum Datenschutz, sind unter Umständen nicht alle Angaben komplett verfügbar, z. B. falls in einer Branche nur ein Unternehmen des Kreises tätig ist. Tabelle 4 zeigt beispielhaft die Struktur des Primärenergieverbrauchs, Datenlücken sind mit „•“ gekennzeichnet. Je kleiner die Gebietsebene ist und desto geringer die Anzahl der Unternehmen, umso größer ist die Anzahl der Datenlücken aufgrund von Geheimhaltungen.

⁷ www.regionalstatistik.de/genesis/online/data;jsessionid=C606B23344243BB2E0DE51DB00BE3A6E.reg2?operation=abruftabellenVerzeichnisAuswahl&verzeichnis=&levelindex=0&levelid=1485852896451&sortdirection=auf&selectionname=060-41-4&auswaehlen.x=0&auswaeh

Als Grundlage liegen Daten des Jahres 2014 zugrunde. Hierbei handelt es sich mit Stand 30.01.2017 um die aktuellsten vorliegenden Daten.

Tabelle 4: Ausschnitt aus den Primärenergieverbräuchen der Landkreise und kreisfreien Städte in Niedersachsen für das Jahr 2014 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2014)

Kreise und kreisfreie Städte		Energieverbrauch in GJ							
		insgesamt	Kohle	Heizöl	Erdgas	Erneuerbare Energien	Strom	Wärme	Sonstige
03	Niedersachsen	372.672.264	●	3.978.087	133.381.061	5.948.227	90.745.689	13.557.227	●
031	Braunschweig, Stat. Region	146.062.802	●	1.687.897	21.086.443	756.483	21.599.433	●	●
03101	Braunschweig, Stadt	2.787.786	●	83.250	916.626	●	1.454.124	297.030	5.333
03102	Salzgitter, Stadt	●	●	●	●	●	●	●	●
03103	Wolfsburg, Stadt	●	●	●	●	●	●	●	●
03151	Gifhorn, Landkreis	1.630.324	●	16.480	1.011.120	●	537.107	●	0
03152	Göttingen, Landkreis	2.879.131	●	105.821	1.560.900	●	1.014.785	46.319	●
03153	Goslar, Landkreis	4.890.605	●	85.416	2.173.778	●	1.059.526	●	●
03154	Helmstedt, Landkreis	816.931	0	21.148	320.678	0	455.776	●	●
03155	Northeim, Landkreis	2.524.751	●	67.592	932.405	●	879.909	●	6.703
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

● Geheimhaltung

4.2. Potenzialermittlung anhand von Branchen Kennwerten

Die Statistiken des LSN geben jährlich an, wie sich der Primärenergiebedarf für Niedersachsen, dessen Kreise und kreisfreien Städte auf die unterschiedlichen Branchen verteilt (nach Wirtschaftsziffer WZ08, Zweisteller). Diese Statistiken dienen bei der hier dargestellten Methode als Basis, um Abwärmepotenziale für bestimmte Gebiete differenziert nach Branchen zu ermitteln. Auch in diesen Tabellen sind aus Gründen des Datenschutzes häufig Datenlücken zu finden, vgl. Tabelle 5. Fehlende Daten müssen aufgrund von zusätzlichen Angaben geschätzt werden. Dazu bieten sich z. B. Umweltberichte, Klimaschutzkonzepte und Unternehmensunterlagen an, sofern diese spezifische Energiebedarfsdaten beinhalten. Andernfalls kann z. B. auf Mittelwerte oder typischen Verteilungen aus den übergeordneten Gebietsebenen zurückgegriffen werden. Dabei wird eine vergleichbare Struktur der Branchen und deren Energiebedarfs vorausgesetzt. Sind die Datenlücken groß oder ist kaum eine Vergleichbarkeit zur nächst höheren Gebietsebene gegeben, werden die Grenzen dieser grundsätzlichen Methode zur Ermittlung des Endenergiebedarfs der Branchen erreicht.

In den weiteren Betrachtungen werden wegen des größeren zu erwartenden Abwärmepotenzials nur noch die energieintensiven Branchen betrachtet.

Tabelle 5: Darstellung der Primärenergieverbräuche der einzelnen Wirtschaftszweige in Niedersachsen für das Jahr 2014 in den wichtigsten Branchen (LSN-3 2014)

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Primärenergieverbrauch in TJ							
	insgesamt	Kohle	Heizöl	Erdgas	erneuerbare Energien	Strom	Wärme	sonstige Energie- träger
C Verarbeitendes Gewerbe	361.472	●	3.862	125.125	5.939	88.272	13.543	●
10 Nahrungs- und Futtermittel	38.905	2.173	730	23.918	511	10.319	1.251	3
17 Papier, Pappe und Waren daraus	33.103	●	37	20.250	●	7.296	●	●
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	●	-	●	●	-	●	●	●
20 chemische Erzeugnisse	71.141	●	●	37.879	●	23.526	2.197	●
22 Gummi- und Kunststoffwaren	10.342	-	246	3.276	129	5.981	630	●
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	22.773	3.752	246	11.355	●	3.564	●	●
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	●	●	●	10.475	●	15.339	●	●
25 Metallerzeugnisse	4.877	-	186	2.205	70	2.317	79	21
28 Maschinenbau	4.631	-	149	1.570	●	2.633	203	11
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	18.727	-	49	4.316	●	9.837	●	●

● Geheimhaltung

Nach Umrechnung des Bedarfs an Primärenergie in Endenergie pro Branche und Gebietskörperschaft liegt damit die Grundlage für die Bestimmung der Gesamtsumme Abwärme für eine Branche vor. Als Basis der Umrechnung von Primär- in Endenergie dienen die auf Basis von (Reckzügel und Waldhoff 2014) berechneten Umrechnungsfaktoren, vgl. Tabelle 6.

Tabelle 6: Umrechnungsfaktoren Primär- in Endenergie

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Umrechnungsfaktoren Primär- in Endenergie
10 Nahrungs- und Futtermittel	0,848
17 Papier, Pappe und Waren daraus	0,798
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	0,841
20 chemische Erzeugnisse	0,841
22 Gummi- und Kunststoffwaren	0,938
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	0,778
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	0,863
25 Metallerzeugnisse	0,873
28 Maschinenbau	0,863
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	0,841

Eine genauere Datenbasis ist anhand öffentlich verfügbarer Quellen kaum möglich. Nur tatsächliche Verbrauchsdaten z.B. der Energieversorger für eine Gemeinde oder Stadt könnten mehr Genauigkeit erreichen.

4.3. Methoden zur Abwärmepotenzialermittlung

Anhand der in den vorherigen Kapiteln dargestellten Grundlagen zur Energieverbrauchsermittlung kann anhand dieser Daten sowie weiterer Kennzahlen das jährliche theoretische Abwärmepotenzial ermittelt werden. Der grundlegend gewählte Ansatz wurde ursprünglich in (Grote 2015) vom Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES gGmbH) aus Saarbrücken entwickelt und in (Reckzügel und Waldhoff 2014) von der Hochschule Osnabrück weiter verfeinert.

4.3.1. Abwärmepotenzial auf Basis der Energieverbrauch

Im ersten Schritt werden auf Grundlage der (Primär-)Energieverbräuche die Bedarfe der einzelnen Branchen berechnet. Für das Jahr 2014 betragen diese 22,6 % (außer Stromproduktion), vgl. (AG Energiebilanzen e.V. 2015).

Aus den nun vorliegenden Endenergiebedarfen kann im nächsten Schritt das jährliche theoretische Abwärmepotenzial ermittelt werden. Hierbei soll ein Bezug zu den einzelnen branchenspezifischen Prozessen und Temperaturniveaus einfließen. Dazu ist in Abbildung 7 eine Verteilung des Prozesswärmebedarfs nach Temperaturniveau und Industriebranchen dargestellt. Daraus wird deutlich, dass die Abwärmequellen je nach Branche sehr unterschiedliche Temperaturen aufweisen können.

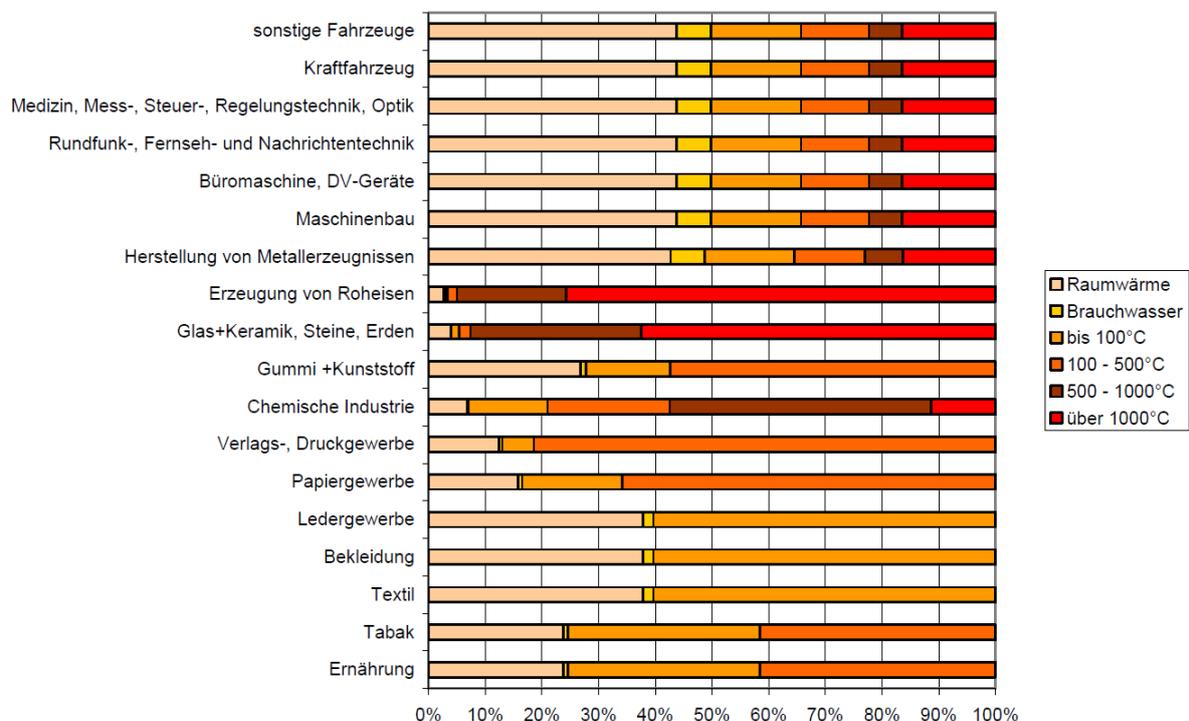


Abbildung 7: Anteiliger Wärmebedarf der Industriebranchen nach Temperaturniveau (Wagner, Unger et al. 2002, zitiert nach Pehnt 2010, S. 7)

Zur Ermittlung der branchenspezifischen Abwärmeanteile wird auf schon veröffentlichte Studien zurückgegriffen. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse für die untersuchten Wirtschaftszweige aus fünf Studien aufgeführt. Die norwegische ENOVA-Studie (Sollesnes 2009) sowie die Studie der Steiermark (Schnitzer, et al. 2012) beziehen sich auf eigene, unternehmensscharfe Erhebungen mittels Fragebögen bzw. Interviews. Die Datengrundlage der amerikanischen Studie (DOE 2004) ist nicht bekannt. Die Begleitforschung (Pehnt 2010) wertet ebenfalls unterschiedliche Sekundärquellen aus und vergleicht diese untereinander. Innerhalb dieser Begleitforschung wird generell von einem Abwärmeanteil von ca. 18 % (Temperatur > 60 °C) an der Endenergie für Deutschland ausgegangen (Pehnt 2010, S. 3).

Beim Vergleich der Temperaturen aus Abbildung 7 mit den Abwärmeanteilen der nachfolgenden Tabelle 7 ist ein Zusammenhang herstellbar. In Branchen mit einem Wärmebedarf bei hohem Temperaturniveau sind auch die festgestellten nutzbaren Abwärmeanteile entsprechend höher als bei Branchen mit geringerem Temperaturniveau. Im Sinne einer Kaskadennutzung von hohen zu niedrigen Temperaturen ist in der Regel ein höheres Potenzial bei entsprechend höheren Temperaturen zu finden.

Tabelle 7: Übersicht verschiedener Studien und derer Kennwerten zur Ermittlung der theoretischen Abwärmepotenziale

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Norwegen	Steiermark	USA	Deutschland	gewählte Abwärmeanteile
	(Sollesnes 2009)	(Schnitzer, et al. 2012)	(DOE 2004)	(Pehnt 2010)	
Temperaturbezug	-	-	> 140 °C	> 140 °C	-
10 Nahrungs- und Futtermittel	0,2 %	6 %	-	-	6 %
12 Tabakverarbeitung	-	-	-	-	-
17 Papier, Pappe und Waren daraus	-	20 %	-	-	20 %
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	-	-	14 %	-	14 %
20 chemische Erzeugnisse	8 %	-	8 %	8 %	8 %
22 Gummi- und Kunststoffwaren	-	-	-	3 %	3 %
23 Glas, Keramik, Verarb. von Steinen und Erden	39,9 %*	12 %	-	40 %	40 %
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	30,5 %*	25 %	-	30 %	28,5 %
25 Metallerzeugnisse	-	-	-	3 %	3 %
28 Maschinenbau	-	3 %	-	3 %	3 %
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	-	-	-	3 %	3 %

* leicht veränderter Branchenbezug

Für einige Branchen liegen die dargestellten Werte weit auseinander. So muss z. B. genauer auf die Branchenzuordnung innerhalb der einzelnen Studien geachtet werden, siehe Nahrungs- und Futtermittel (WZ 10). Für die Tabakverarbeitung (WZ 12) liegen keine genaueren Angaben hinsichtlich des Abwärmepotenzials vor, sodass diese auch aufgrund ihrer

geringen Bedeutung (2 Unternehmen in Niedersachsen) nicht weiter in die Betrachtung mit einbezogen wird. In der Verarbeitung von Glas, Keramik, Steinen und Erden (WZ 23) wurde aufgrund des nachweislich vorhandenen hohen Temperaturniveaus der höhere Abwärmeeanteil gewählt. Dieses ergibt sich wiederum auch mittels der Daten aus Abbildung 7. Hiernach entfallen knappe 95 % des Wärmebedarfs auf ein Temperaturniveau oberhalb von 500 °C (ca. 63 % über 1.000 °C). In der Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 25) liegen die prozentualen Angaben innerhalb der Studien dicht beieinander, sodass hier ein Mittelwert angesetzt wurde.

4.3.2. Mitarbeiterspezifische Abwärmepotenziale

Eine Möglichkeit zur Korrelation zum Energiebedarf stellt die Ermittlung anhand der Mitarbeiterzahlen je Branche bzw. je Unternehmen dar. Hierfür wird im Rahmen dieser Studie ein branchenabhängiges, spezifisches theoretisches Abwärmepotenzial je Mitarbeiter und Jahr ermittelt. Vorteil dieser Methodik ist der geringe Umfang der Datenbasis, welcher zur Auswertung der Abwärmemengen benötigt wird. Zusätzlich zu den branchenabhängigen spezifischen theoretischen Abwärmepotenzialen müssen Daten zu der Mitarbeiteranzahl (vollzeitäquivalent) vorliegen. Diese sind in der Regel einfacher zu ermitteln als der Energiebedarf. Zur Berechnung der spezifischen Abwärmemengen wurde wie folgt vorgegangen:

Die bekannten Endenergieverbräuche je Branche wurden im ersten Schritt jeweils mit den branchenabhängigen Mitarbeiterzahlen zu einem durchschnittlichen Endenergieverbrauch verrechnet. Hierfür liegen sowohl niedersächsische als auch deutschlandweite Daten als Grundlage vor. Durch die Hinzunahme der prozentualen Abwärmeeanteile wird die ansonsten nur quantitative Ermittlung anhand von branchenunabhängigen Mittelwerten durch eine Branchenabhängigkeit der Ergebnisse um einen qualitativen Aspekt ergänzt.

Nachfolgend können diese Endenergieverbräuche mit Hilfe der in Tabelle 7 aufgeführten Abwärmeeanteilen verrechnet werden. Hieraus ergeben sich die in Abbildung 8 dargestellten durchschnittlichen theoretischen Abwärmepotenziale je Mitarbeiter und Branche.

Anhand dieser Werte kann die Abwärmemenge in Fällen für die keine Primärenergieverbräuche ermittelt werden können, überschlägig bestimmt werden. Auch eine Berechnung für Einzelunternehmen ist auf diesen Weg möglich. Hierzu müssen die Kennwerte nur mit den jeweiligen Mitarbeiterzahlen multipliziert werden.

Differenzen zwischen den spezifischen Werten für Niedersachsen und Deutschland können auf unterschiedliche Gründe zurückgeführt werden. So sind es vermehrt die Branchen mit hohen Energieverbräuchen und spezifisch geringen Mitarbeiterzahlen, die große Unterschiede in den Produkten, Techniken usw. aufweisen. Differenzen ergeben sich beispielsweise im Energieverbrauch von Stahlwerken in Abhängigkeit des Schmelzverfahrens, z. B. Elektroofen oder Kohlefeuerung bzw. Schrottschmelze oder Gewinnung aus Erz. Die größten Abweichungen zwischen Niedersachsen (Nds) und Deutschland (D) treten hierbei in jenen Branche mit hohem theoretischen Abwärmepotenzial auf (WZ 19, 23, 24). Das theoretische Abwärmepotenzial der WZ 29 (Kraftwagen und Kraftwagenteile) ist aufgrund der Geheimhaltung für Niedersachsen unbekannt. Deshalb bezieht sich dieses Potenzial allein auf Deutschland.

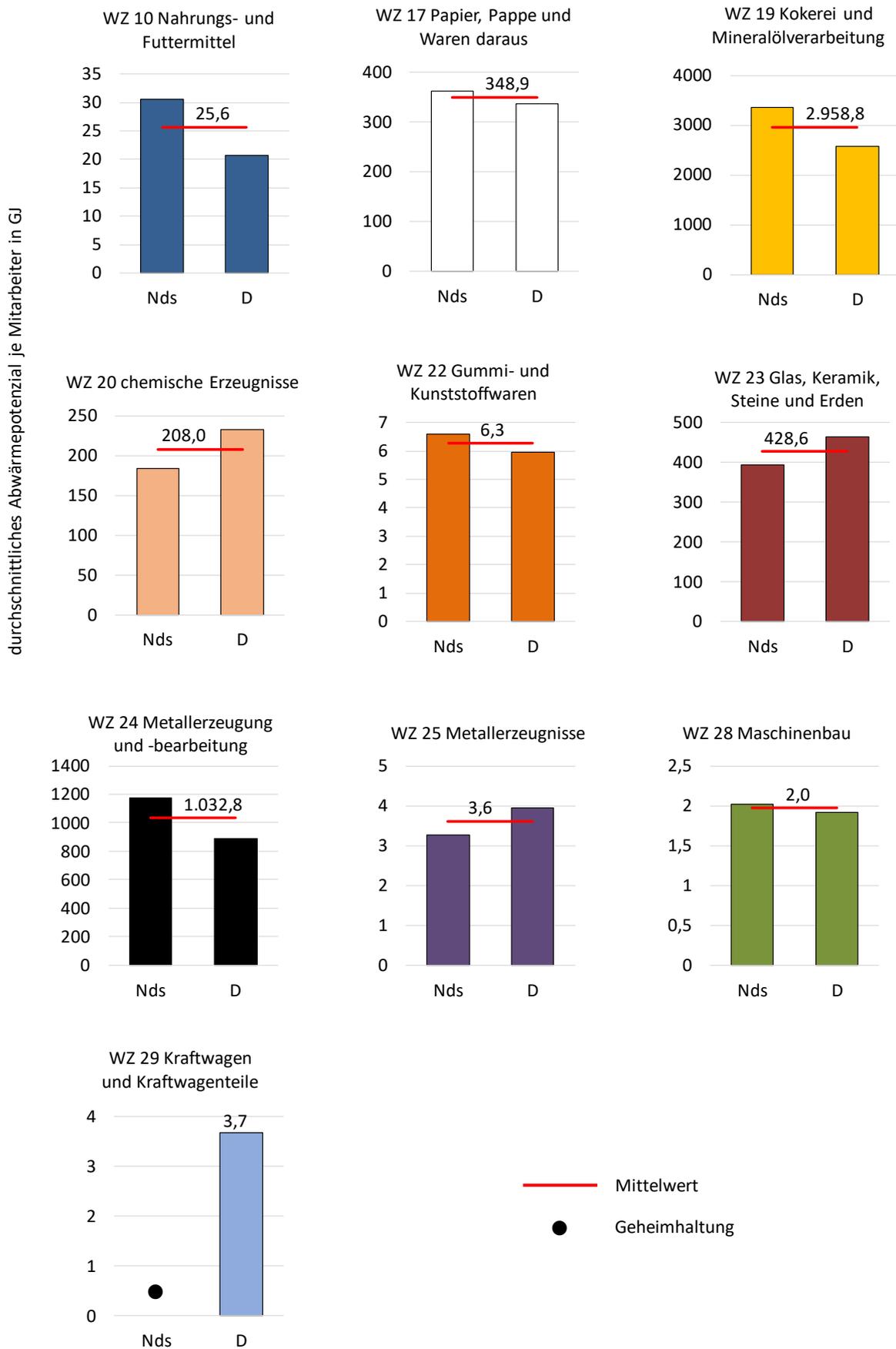


Abbildung 8: Durchschnittliches jährliches theoretisches Abwärmepotenzial je Mitarbeiter in Abhängigkeit von der Branche

Auch weitere Unternehmensdaten, wie die Umsatzzahlen oder Jahresproduktion, sind grundsätzlich zu weiteren Bestimmung der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale einsetzbar. Im Vergleich zu den Mitarbeiterzahlen allerdings ist die flächendeckende Verfügbarkeit dieser Daten als viel geringer einzuschätzen. Die Unternehmen geben ihre Zahlen selten in vergleichbarem Umfang öffentlich zugänglich bekannt.

Zu beachten ist, dass die Ungenauigkeiten der berechneten Energieverbräuche mit weitergehender rechnerischer Ergänzung der Tabellen zunehmen. Je mehr Annahmen getroffen werden müssen, desto weniger präzise sind auch die ermittelten theoretischen Potenziale. Zusammenfassend sind unternehmensgenaue Energiebedarfswerte immer den statistischen Daten vorzuziehen und sollten bei Verfügbarkeit verwandt werden.

4.3.3. Anwendungsfälle der dargestellten Methoden

Beide oben beschriebenen Methoden (1. Bestimmung über die Energieverbrauch (Kapitel 4.3.1) und 2. Bestimmung über mitarbeiterspezifische theoretischen Abwärmepotenziale (Kapitel 4.3.2)) können genutzt werden, um systematisch in größeren oder auch kleineren Regionen nach sogenannten Hot Spots zu identifizieren. Sie vereinen die Kriterien hoher Energiebedarf, branchentypisches Abwärmeaufkommen und Betriebsgröße zu einer Strategie, Standorte und Unternehmen mittels statistischer Daten ausfindig zu machen, die in genaueren Betrachtungen analysiert werden sollten.

4.4. Unternehmensspezifische Erhebungen und Detailanalyse

Innerhalb der im Vorfeld ermittelten Hot Spots sollen im nachfolgenden Schritt mittels konkreter Unternehmensdaten diese Gebiete genauer untersucht werden. Wichtig für eine weiterführende Analyse ist die Bereitschaft der Unternehmen ihre Energiedaten zur weiteren Durchführung einer internen Machbarkeitsstudie o. ä. zur Verfügung zu stellen. Zur Herstellung des ersten Kontakts zu den Unternehmen sollen mögliche bestehende Verbindungen zwischen Kommunen und den Unternehmen genutzt werden, dies sind häufig die eigene Wirtschaftsförderung oder andere lokale Gremien. Die „richtigen“ Ansprechpartner bei den Unternehmen sind nicht immer leicht zu finden. Technische Leiter und Energiebeauftragte sind häufig schnell zu begeistern. Die Geschäftsführung trifft die Entscheidung zur Datenfreigabe und weiteren Kooperation häufig nach wirtschaftlichen und unternehmenspolitischen Gesichtspunkten. Unternehmensgröße und Besitzverhältnisse sind oft von entscheidender

Bedeutung für eine weitergehende Zusammenarbeit. Grundsätzlich sollte zunächst das Unternehmen für das Thema als solches motiviert und eine Vertrauensbasis geschaffen werden. Hierfür muss die Geschäftsführung überzeugt werden, dass dem Unternehmen durch die Offenlegung der Daten konkrete Mehrwerte und Wettbewerbsvorteile (z. B. auch finanzielle Vorteile) entstehen können, sollten sich bei Analyse ihrer Daten nutzbare Abwärmepotenziale ergeben. Für die Unternehmen stehen verständlicherweise die zuverlässige Abwicklung des Kerngeschäfts und dessen wirtschaftlicher Erfolg im Vordergrund. Je nach Ausrichtung, Branche und Struktur des Unternehmens ist festzustellen, dass ein „grünes“ Image eine nennenswerte Motivation darstellen kann und die Unternehmen hier durchaus einen Marktvorteil erkennen. Dann kann zumindest die Chance bestehen, ein Unternehmen für ein solches Projekt zu gewinnen, wenn es keine Mehrkosten tragen muss. Schon heute sind in energieintensiven Unternehmen die Themen Energie und Effizienz sehr präsent und mit Fachleuten besetzt. Für viele kleinere Unternehmen sind sie jedoch von eher nachrangiger Bedeutung. Die Begründungen hierfür sind vielfältig: (Claassen, et al. 2017, S. 24 f.)

- Die Energiekosten stellen nur einen geringen Teil der Gesamtkosten im Unternehmen dar.
- Effizienzpotenziale werden vornehmlich innerbetrieblich behandelt, die Wärmeabgabe an Dritte erfolgt selten auf Initiative eines Unternehmens selbst.
- Energetische Kopplungen untereinander werden als zusätzliche Abhängigkeit und Einschränkung der Entwicklungsmöglichkeit eines Unternehmens wahrgenommen.
- Die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wird häufig als ein weiterer, bürokratischer Überbau wahrgenommen, sodass sich vieles erst bei anstehenden Investitionen bzw. Umbauten rechnet.

Eine aktuelle Aussage im Zusammenhang des „Abwärmeatlas Deutschland“ besagt, dass 87 % der Unternehmen ihre Abwärmemengen im eigenen Betrieb nicht abschätzen können. (Tänzer 2016)

Zumeist besteht in den Unternehmen selbst durchaus ein Interesse an einer neutralen Sicht auf die Bewertung der eigenen Abwärmepotenziale. So sind diese in der Regel Energiethemen gegenüber aufgeschlossen.

Eine systematische Vorgehensweise für ein „Matching“ zwischen Wärmegeber (Wärmequelle) und -nehmer (Wärmesenke) beruht auf mehreren aufeinander aufbauenden Schritten, siehe Abbildung 9.

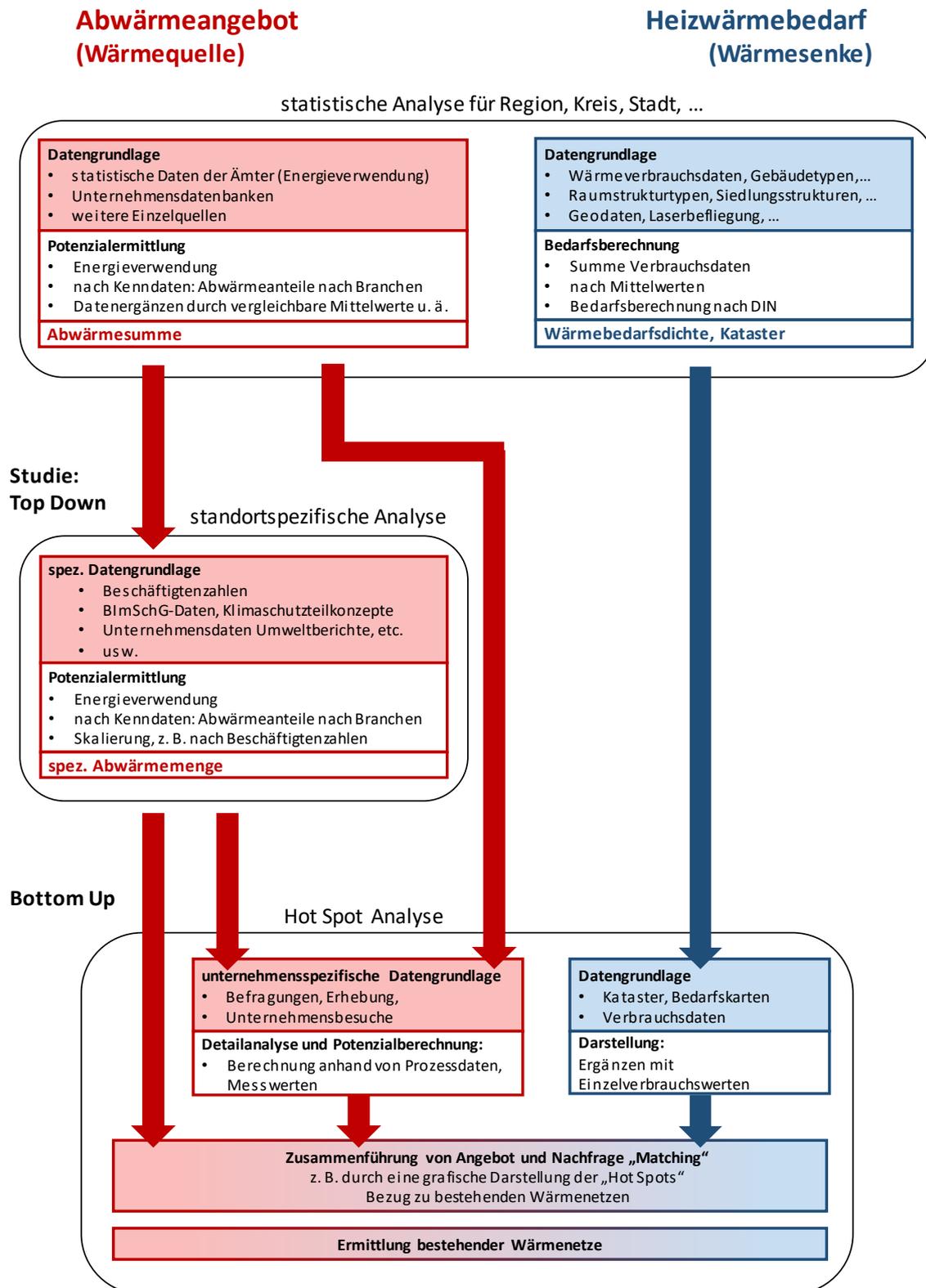


Abbildung 9: Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Erhebung von theoretischen Abwärmepotenzialen

Die in Abbildung 9 dargestellten Schritte entsprechen grundlegend auch denen der kommunalen Wärmeplanung. In dieser wird die Versorgung von Kommune und Quartieren mit Wärme für Wohn- und Nichtwohngebäude (Wärmesenke) sowie teilweise industrieller und gewerblicher Prozesse geplant. Gerade die Prozesse in Industrie und Gewerbe können hierbei in Abhängigkeit der Temperaturniveaus sowohl als Wärmegeber und -nehmer von Relevanz sein. Eine abschließende Verknüpfung der Wärmequellen und -senken ergeben eine vollumfängliche Darstellung der wärmeseitigen Gegebenheiten.

4.5. Identifikation von möglichen lokalen Kooperationen

Neben der Aufnahme der Daten zu den Abwärmepotenzialen sollte auch ein Abgleich mit Wärmeabnehmern (Wärmesenken) möglich sein. Diese können, je nach vorhandenem Temperaturniveau, Verfügbarkeit und geografischen Gegebenheiten, sowohl andere Unternehmen als auch Liegenschaften, Wohngebäude und Siedlungen sein.

Erst durch eine Zusammenführung von Angebot und Bedarf können Gebiete mit hoher Umsetzungswahrscheinlichkeit von Abwärmekooperationen identifiziert werden. Die Konstellation von beteiligten Akteuren und technischen Rahmenbedingungen sind dabei immer höchst individuell. Die beteiligten Unternehmen, die einzelnen Potenziale, Wärmebedarfssituation und die gestaltenden Persönlichkeiten sind nie vergleichbar. Hinzu kommen sich ändernde Fördermöglichkeiten, Energiepreise und unternehmenspolitische Perspektiven, sowie übergeordnete politische sowie rechtliche Rahmenbedingungen. Bei erfolgreich umgesetzten Projekten konnte beobachtet werden, dass begeisterte Beteiligte, eine konzentrierte Beteiligung der Öffentlichkeit und eine gute strategische Vorbereitung der Entscheidungen wichtig und sogar entscheidend sein können. (KEAN-2 2017) (Venner Energie 2017)

Wie der Abbildung 10 zu entnehmen ist, bedarf jedes dieser Projekte einer Struktur in der sich alle Beteiligten adäquat vertreten fühlen (Interessengemeinschaft, Unternehmerverband des Gebietes etc.).

Starke Persönlichkeiten bzw. Gremien, hier als „Front Runner“ bezeichnet, können die Interessen vertreten und Aktivitäten vor Ort initiieren und bündeln. In mehreren Gesprächen im Zuge des Projektes „Energetische Nachbarschaften“ kristallisierte sich heraus, dass dieses Thema in der Verantwortlichkeit einer Kommunalverwaltung am sinnvollsten verortet werden kann. Die Etablierung einer übergeordneten Person als unabhängigem, zentralem Ansprech-

partner für ein Gebiet – als sogenannter „Kümmerer“ – wird als sinnvoll erachtet. Diese Person kann in Zusammenarbeit mit den Unternehmen bzw. dem oben erwähnten „Front Runner“, eine langfristige Strategie entwickeln in der konkrete, umsetzbare Teilprojekte realisiert werden können. Die Unternehmer vor Ort sollen während dessen ungestört ihrem Kerngeschäft nachgehen können. (Reckzügel, Meyer, et al. 2015, S. 37 f.) (Claassen, et al. 2017, S. 27 f.)

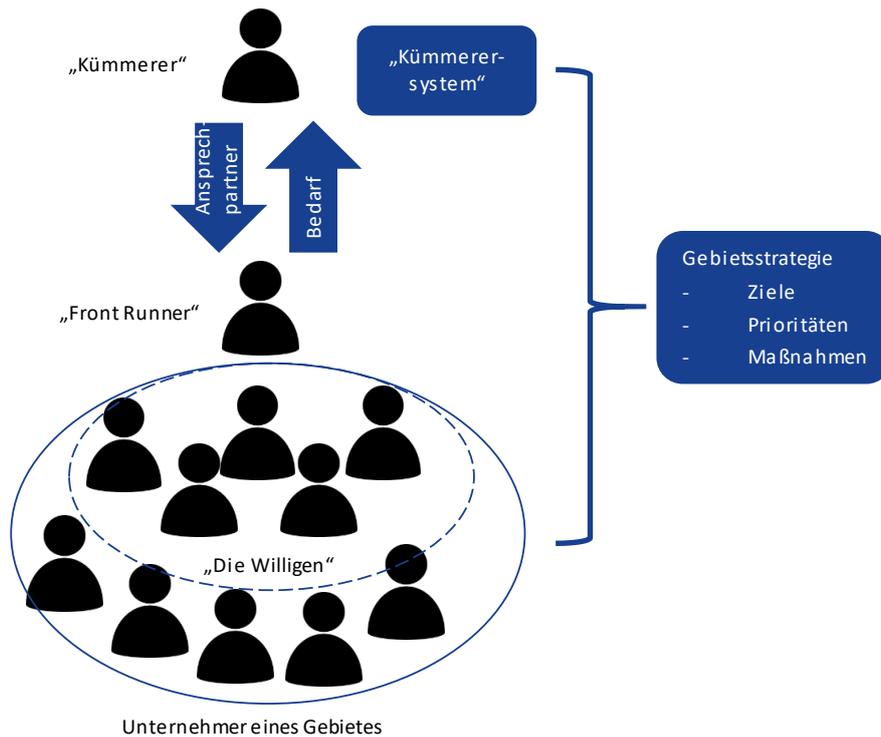


Abbildung 10: „Kümmerer“ für Gewerbe- und Industriegebiete (Reckzügel, Meyer, et al. 2015, S. 38)

5. Anwendung der entwickelten Methodik auf Niedersachsen

Die in Kapitel 4 entwickelten Methoden werden im Folgenden auf Niedersachsen, die Landkreise und kreisfreien Städte sowie einen regionalen Standort angewendet und verglichen.

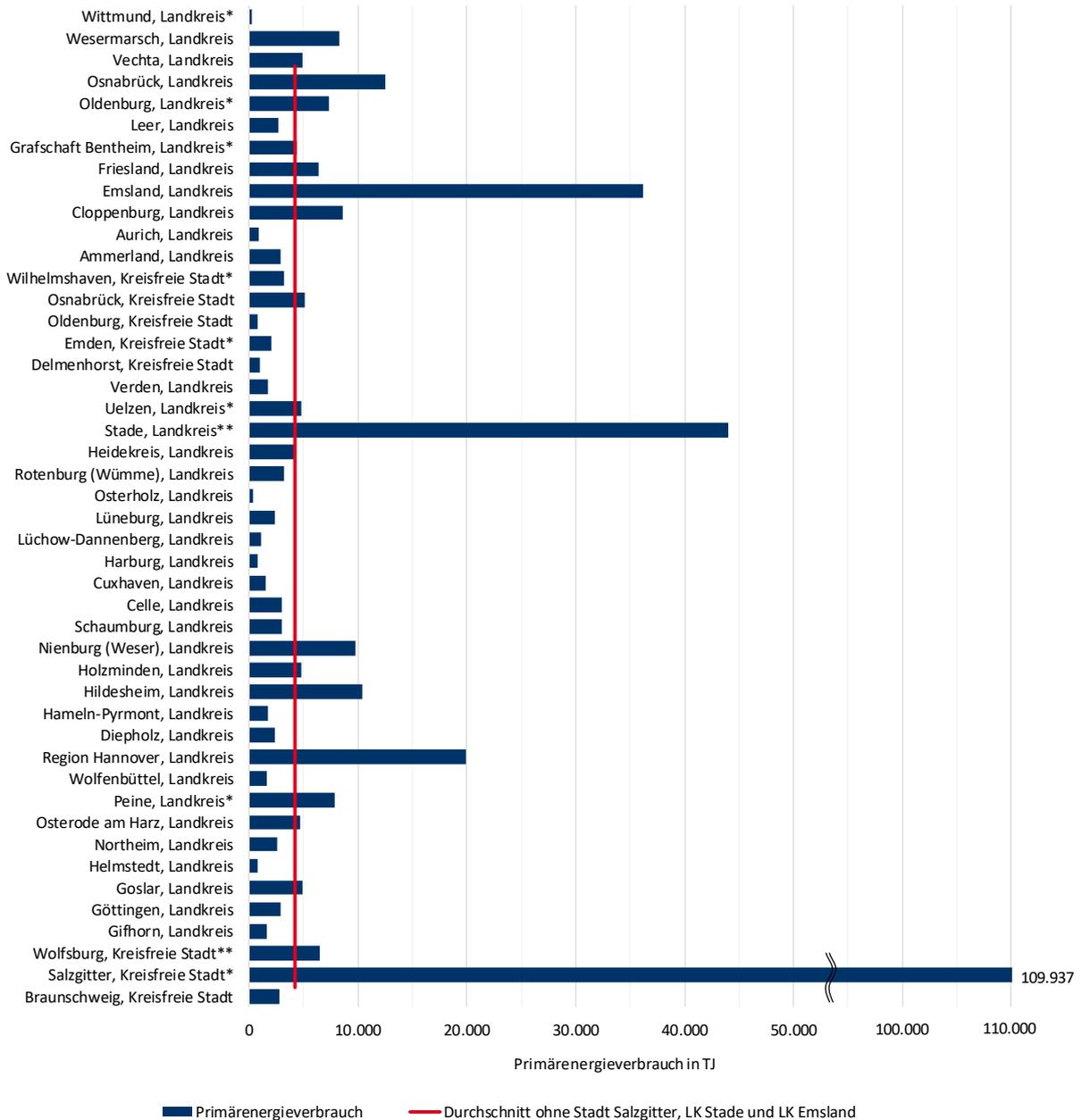
5.1. Energetische Einordnung der Kreise und Städte Niedersachsens

In der nachfolgenden Abbildung 11 ist der Gesamtenergieverbrauch, heruntergebrochen auf die Landkreise und kreisfreien Städte in Niedersachsen, dargestellt. Die Stadt Salzgitter mit dem Stahlwerk der Salzgitter AG, der Landkreis Stade u. a. mit mehreren Unternehmen der Chemieindustrie sowie der Landkreis Emsland nehmen aus energetischer Sicht eine Sonderstellung im Land ein. Auf diese drei Gebiete entfiel im Jahr 2014 mit 52 % mehr als die Hälfte des Primärenergiebedarfs Niedersachsens:

- 30 % auf die Stadt Salzgitter
- 12 % auf den Landkreis Stade
- 10 % auf den Landkreis Emsland

Der Landesdurchschnitt beträgt hierbei 8.102 TJ. Ohne Betrachtung dieser drei Gebiete liegt der durchschnittliche Verbrauch bei 4.245 TJ. Anhand dieser Daten liegen Informationen darüber vor, welche Landkreise in Niedersachsen vermutlich ein nennenswertes jährliches theoretisches Abwärmepotenzial auf Gebietsebene aufweisen.

Zusätzlich zu dieser ersten groben Einordnung des Primärenergieverbrauchs im geografischen Bezug ist auch eine Zuordnung der Energieverbräuche zu den Branchen (Wirtschaftsziffern) sinnvoll. So sind in der nachfolgenden Tabelle 8 die Energieverbräuche der energieintensivsten Branchen Niedersachsens dargestellt.



* Daten aus 2012

** Daten aus Gesamtsumme berechnet

Abbildung 11: Energieverbrauch der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus auf Kreisebene im Jahr 2014 (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2014)

Tabelle 8: Primärenergieverbrauch Niedersachsens energieintensivster Branchen des Verarbeitenden Gewerbes (absolut und prozentual) im Jahr 2014 (LSN-3 2014)

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Primärenergieverbrauch in TJ	
	Summe aller WZ:	
	361.472	100 %
24 Metallherzeugung und -bearbeitung	94.080*	26,0 %
20 chemische Erzeugnisse	71.141	19,7 %
10 Nahrungs- und Futtermittel	40.994	11,3 %
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	38.905	10,8 %
17 Papier, Pappe und Waren daraus	33.103	9,2 %
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	22.773	6,3 %
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	18.727	5,2 %
22 Gummi- und Kunststoffwaren	10.342	2,9 %
12 Tabakverarbeitung	7.349	2,0 %
25 Metallherzeugnisse	4.877	1,3 %
28 Maschinenbau	4.631	1,3 %
Summe	346.921	96,0 %

* Daten aus dem Jahr 2010 (Brezski 2014, S. 7)

Diese 11 Branchen weisen in Niedersachsen schon 96 % des gesamten Primärenergiebedarfs auf. Rund ein Viertel nimmt hiervon die Metallherzeugung und -bearbeitung ein. Alle weiteren Branchen weisen mit den übrigen 4 % nur ein sehr geringes und daraus folgend „zu vernachlässigendes“ Potenzial zur Abwärmennutzung auf.

Bei Betrachtung des gesamten Primärenergiebedarfs von Niedersachsen sind mittels dieser Vorüberlegungen (Abbildung 11 und Tabelle 8) erste grobe Zuordnungen zu treffen. Innerhalb der Landkreise ist es zunächst ausreichend, Unternehmen der energieintensiven Branchen in die Betrachtung einzubeziehen.

5.2. Ermittlung der Abwärmepotenziale

Als Voraussetzung zur Ermittlung des jährlichen Abwärmepotenzials muss der Energiebedarf einer Branche bzw. der Unternehmen bekannt sein. In Abhängigkeit der Datenlage müssen eventuell Daten ergänzt oder hochgerechnet werden, siehe hierzu Kapitel 4.3. Je nach Struktur und Datenlage der Region/des Standortes können die Ansätze zu unterschiedlichen Ergebnissen führen:

- Betrachtung auf Basis des bekannten bzw. ermittelten Endenergiebedarfs einer Branche. Auf dieser Basis wird das theoretische Potenzial mit typischen Kennwerten für die Branche berechnet.

- Hochrechnung des Abwärmepotenzials aus Durchschnittswerten auf Basis von Mitarbeiterzahlen. Hier dient als Grundlage die berechnete Abwärmemenge pro Mitarbeiter einer Branche.

5.2.1. Niedersachsen

Ermittlung der branchenspezifischen Abwärmepotenziale auf Basis der Endenergiebedarfe

Auf Grundlage der Daten aus Tabelle 5 und Tabelle 8 kann im ersten Schritt ein branchenspezifisches jährliches Abwärmepotenzial für die Unternehmen der wichtigsten Wirtschaftsziffern ermittelt werden.

Anhand dieser Betrachtungsweise ergibt sich für die ausgewählten Branchen in Niedersachsen ein mittleres theoretisches Abwärmepotenzial von ca. 48.000 TJ pro Jahr. Eine branchenge-naue Aufteilung dieses Potenzials ist der nachfolgenden Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Spezifisches jährliches theoretisches Abwärmepotenzial der wichtigsten Branchen in Niedersachsen, berechnet nach dem Endenergieeinsatz Jahr 2014

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Energie in TJ			
	Primärenergie	Endenergie	theor. Abwärme	Anteil an der Endenergie
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	94.080	81.144	23.126	28,5 %
20 chemische Erzeugnisse	71.141	59.795	4.784	8 %
10 Nahrungs- und Futtermittel	40.994	34.746	2.085	6 %
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	38.905	32.700	4.578	14 %
17 Papier, Pappe und Waren daraus	33.103	26.406	5.281	20 %
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	22.773	17.715	7.086	40 %
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	18.727	15.740	472	3 %
22 Gummi- und Kunststoffwaren	10.342	9.696	291	3 %
25 Metallerzeugnisse	4.877	4.259	128	3 %
28 Maschinenbau	4.631	4.001	120	3 %
Summe	339.573	286.201	47.950	

Die ermittelte jährliche theoretische Abwärmemenge entspricht einem Anteil von 17 % des Endenergiebedarfs und ist somit mit denen in (Pehnt 2010, S. 3) ausgewiesenen 18 % (12 % > 140 °C und 6 % > 60 °C) bei einer Temperatur von über 60 °C durchaus vergleichbar.

Eine Aufteilung der Temperaturniveaus der potenziellen Abwärmeströme ist wiederum stark branchenabhängig und wird in Abbildung 7 genauer dargestellt. Anhand dieser Werte können zwar keine direkten Rückschlüsse auf die Temperaturen der Abwärme gezogen werden, sie können aber als Anhaltspunkt dienen. Die Abwärmeströme weisen selbstverständlich geringere als die in den Prozessen selbst benötigten Temperaturen auf.

Ein verlässliches Temperaturniveau lässt sich erst bei Betrachtung einzelner industrieller Prozesse ermitteln und ist folglich im hohen Maße von der eingesetzten Technologie abhängig, siehe Abbildung 12.

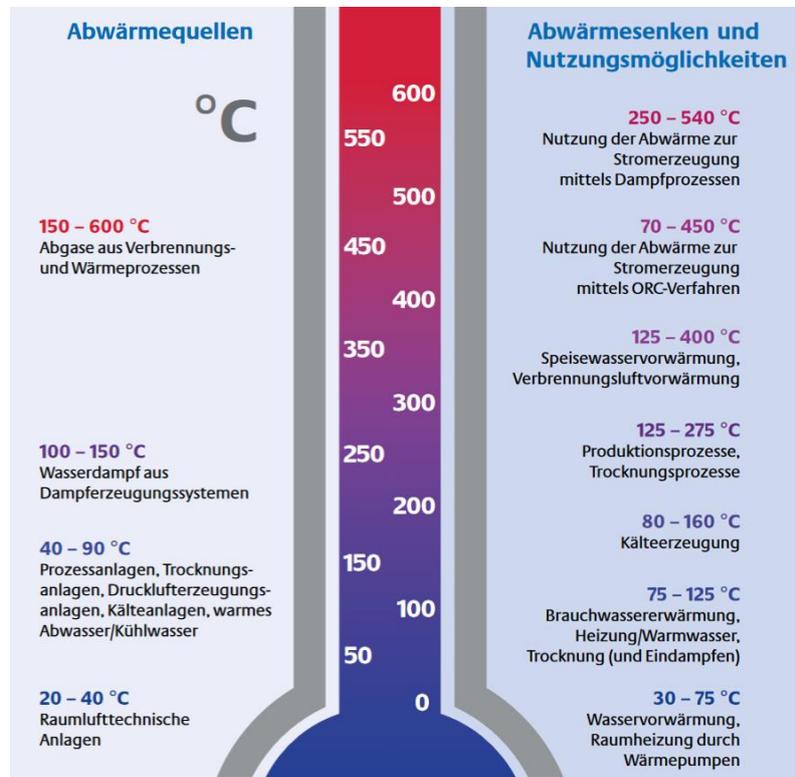


Abbildung 12: Temperaturniveaus verschiedener Abwärmequellen und -senken (Grah, Joest und Raulien 2014, S. 4 f.)

Ermittlung der mitarbeiterspezifischen Abwärmepotenziale

Auf Grundlage der in Abbildung 8 bestimmten branchenabhängigen Abwärmepotenziale je Mitarbeiter wird nachfolgend das Potenzial ermittelt. Hierbei ergibt sich für ganz Niedersachsen eine Gesamtabwärmemenge von ungefähr 45.000 TJ, siehe Tabelle 10. Dieses entspricht wiederum einem Anteil von 16 % des Endenergiebedarfs.

Tabelle 10: Branchenspezifisches jährliches theoretisches Abwärmepotenzial der wichtigsten Branchen in Niedersachsen, berechnet anhand von Mitarbeiterzahlen

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	Mitarbeiter- zahlen	durchschnittliche	
		theor. Abwärmemenge je Mitarbeiter in GJ (Abbildung 8)	theor. Abwärmemenge in TJ
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	19.677	1.032,8	20.322
20 chemische Erzeugnisse	24.163	208,0	5.026
10 Nahrungs- und Futtermittel	64.764	25,6	1.659
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	1.441	2.958,8	4.264
17 Papier, Pappe und Waren daraus	14.606	348,9	5.095
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	18.043	428,6	7733
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	136.989	3,7	503
22 Gummi- und Kunststoffwaren	44.220	6,3	277
25 Metallerzeugnisse	39.096	3,6	141
28 Maschinenbau	59.512	2,0	117
Summe			45.137

Ergebnisvergleich der Ansätze

Beim Vergleich der niedersächsischen Abwärmepotenziale nach den beiden im Vorfeld beschriebenen Vorgehensweisen (Endenergie und mitarbeiterspezifisch) unterscheiden sich die Ergebnisse in der absoluten Menge nur gering. Die Branchenverteilung weist aber durchaus Unterschiede auf, wie Tabelle 11 zeigt.

Tabelle 11: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale für Niedersachsen in Bezug auf die ausgewählten Branchen

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	theor. Abwärmemenge in TJ		Differenz
	Endenergie (Tabelle 9)	mitarbeiterspezifisch (Tabelle 10)	
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	23.126	20.322	13,8 %
20 chemische Erzeugnisse	4.784	5.026	4,8 %
10 Nahrungs- und Futtermittel	2.085	1.659	25,7 %
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	4.578	4.264	7,4 %
17 Papier, Pappe und Waren daraus	5.281	5.095	3,7 %
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	7.086	7.733	8,4 %
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	472	503	6,1 %
22 Gummi- und Kunststoffwaren	291	277	4,9 %
25 Metallerzeugnisse	128	141	9,5 %
28 Maschinenbau	120	117	2,5 %
Summe	47.950	45.137	Ø 8,7 %

In den Branchen Nahrungs- und Futtermittel (WZ 10), Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23) und Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24) lassen sich nennenswerte Differenzen feststellen. So sind gerade in diesen Branchen Abweichungen beim spezifischen

Abwärmepotenzial innerhalb der Wirtschaftsziffer zu sehen. Gründe liegen sicher in den sehr unterschiedlichen, zugrundeliegenden Prozessen, Anlagentypen und Produkten. So liegt laut (Fleiter, Schломann und Eichhammer 2013, S. 528) z. B. der Energieverbrauch in der Herstellung von Zucker (WZ 10.81) mit 4,5 GJ/t in 2007 um den Faktor 2,8 höher als in der Milchverarbeitung (WZ 10.51) mit 1,6 GJ/t.

Diese Ergebnisse sind in den Abbildungen 13 und 14 zusammenfassend dargestellt. In Abbildung 13 weist der Kreisdiagrammdurchmesser jeweils auf die Gesamtsumme des ermittelten jährlichen Abwärmepotenzials hin, während die Aufteilung der Kreisdiagramme selber die Branchenverteilung genauer differenziert.

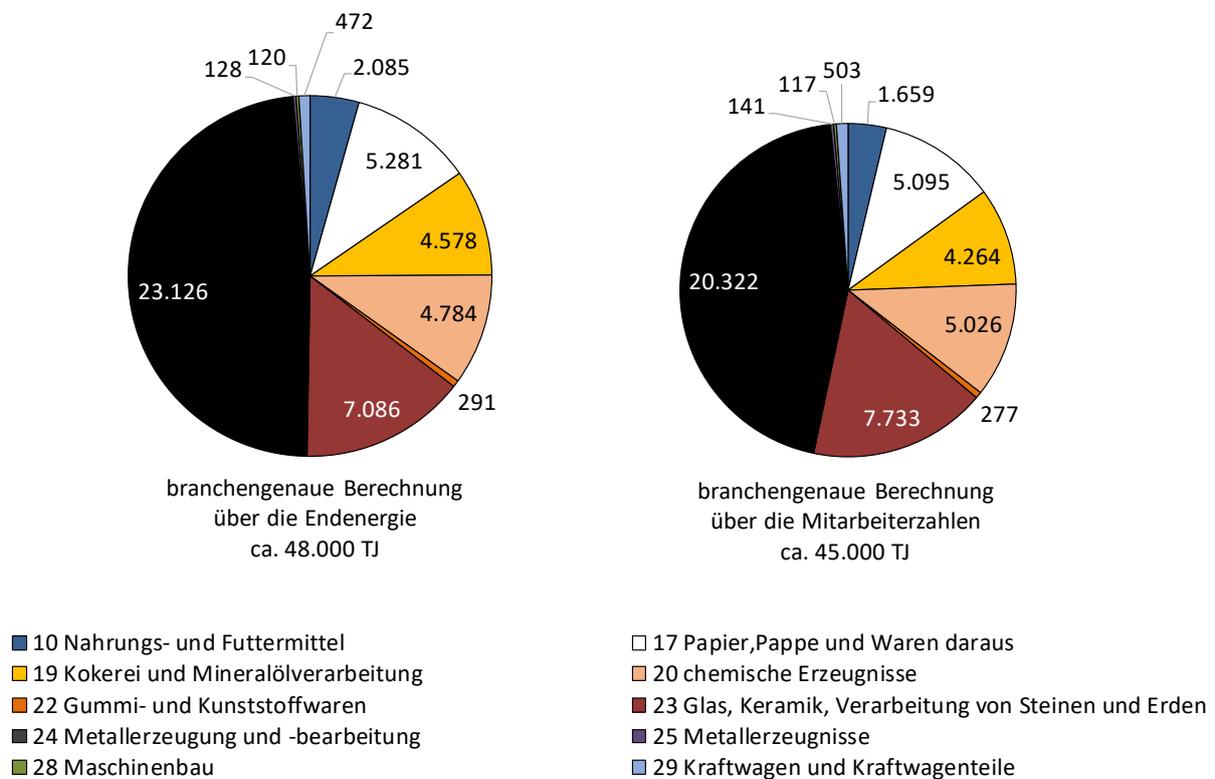


Abbildung 13: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale für Niedersachsen in Bezug auf die ausgewählten Branchen (Angaben in TJ) für das Jahr 2014

In Abbildung 14 zeigen die einzelnen Säulen die unterschiedlichen Ergebnisse in Abhängigkeit der für die Berechnungen verwendeten Datenquellen.

In der linken Säule ist jeweils das jährliche Abwärmepotenzial auf Basis einer Berechnung anhand des Endenergieverbrauchs dargestellt.

Als Datengrundlage für die mittlere Säule dienen jeweils deutschlandweite Vergleichswerte des Abwärmepotenzials pro Mitarbeiter.

In der rechten Säule wiederum ist dieses deutschlandweite Potenzial mit den spezifischen niedersächsischen Werte verrechnet, hierdurch ist auch das Unternehmensgefüge im Bundesland mitberücksichtigt.

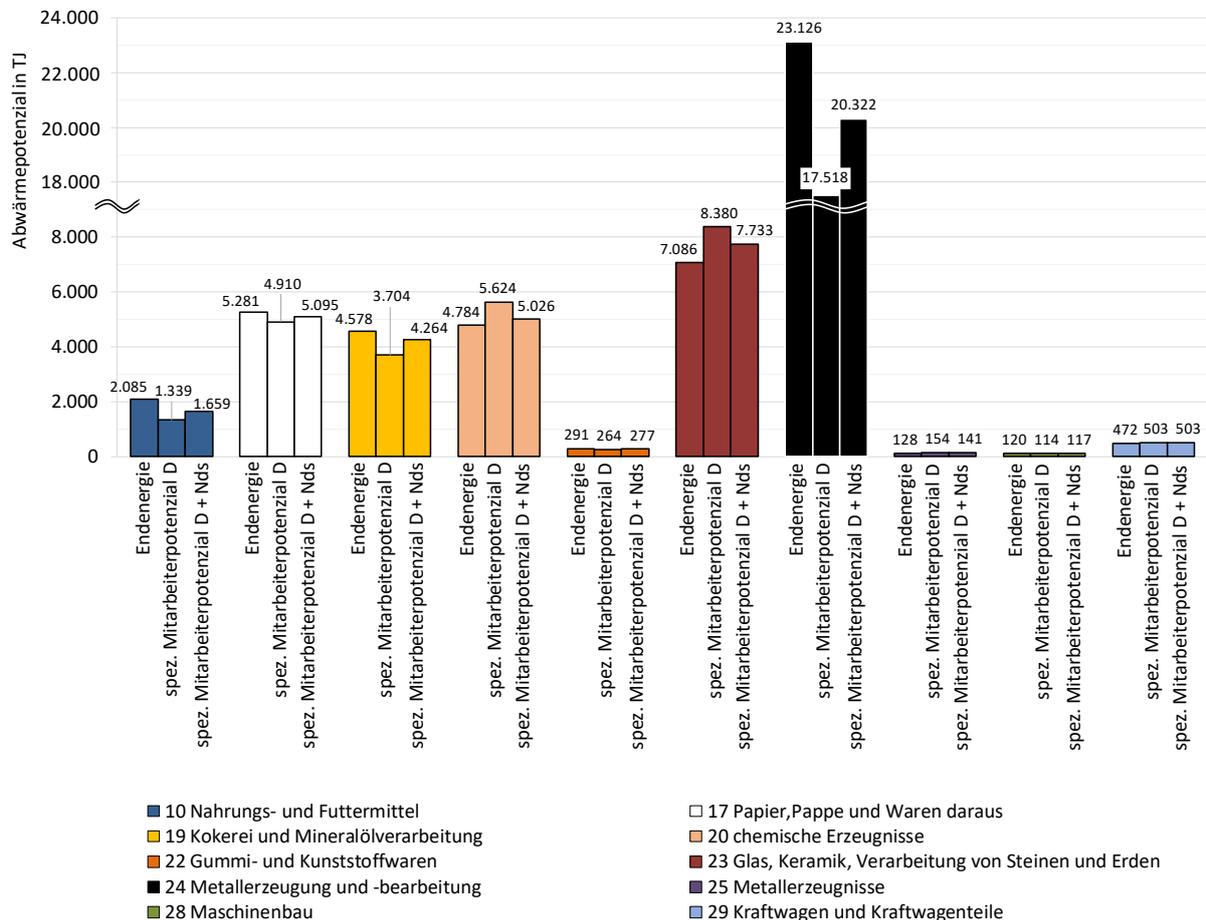


Abbildung 14: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale in Niedersachsen auf Basis unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen

Obwohl die Nahrungs- und Futtermittelindustrie mit 612 Unternehmen in Niedersachsen am stärksten verortet ist, stellt diese mit ihrem im Durchschnitt eher geringen Temperaturbereich nur eine überschaubare Menge des Abwärmepotenzials dar, vgl. Abbildung 7. Nur etwa halb so häufig in Niedersachsen ansässig (302 Unternehmen) sind Unternehmen der Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden. Diese weisen aber einen weitaus größeren Anteil am Abwärmepotenzial auf. Das kann vor allem auf das höhere Temperaturniveau und den großen spezifischen Energieeinsatz in den Prozessen zurückgeführt werden. Vom Gesamtwärmebedarf fallen durchschnittlich ca. 60 % bei einer Temperatur von über 1000 °C an. Noch ausgeprägter ist dieses Verhältnis in der

Metallerzeugung und -bearbeitung (59 Unternehmen). Auf diese Branche, obwohl weitaus seltener in Niedersachsen angesiedelt, entfällt fast die Hälfte des niedersächsischen Abwärmepotenzials pro Jahr. Hierbei fallen sogar 75 % des Gesamtwärmebedarf bei einer Temperatur von über 1000 °C an. (LSN-1 2014)

5.2.2. Ebene der Landkreise und kreisfreien Städte

Eine weitere Verteilung der Abwärmepotenziale auf die einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte ist beispielhaft für zwei Landkreise dargestellt. Im Folgenden werden die Abwärmemengen auf Basis der Endenergieverbräuche sowie der spezifischen Mitarbeiterpotenziale ermittelt.

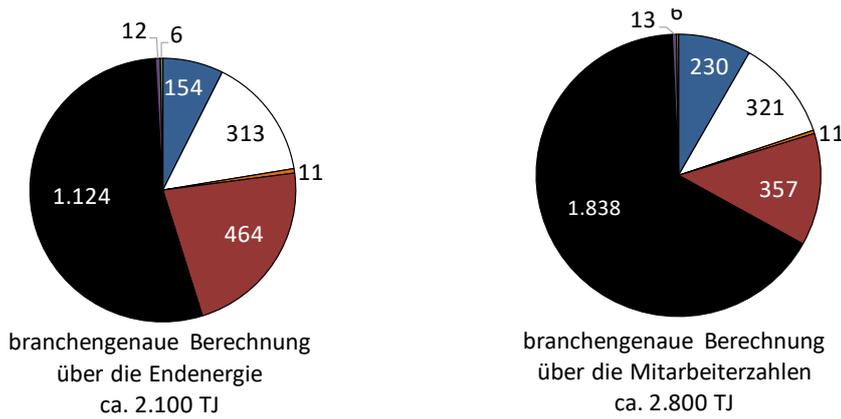
Landkreis Osnabrück

Für den Landkreis Osnabrück wird das in ReWIn ermittelte Abwärmepotenzial für die branchengenaue Berechnung anhand der Endenergie zu Rate gezogen. Verglichen mit dem berechneten Abwärmepotenzial auf Basis der Mitarbeiterzahlen und der in Kapitel 4.3 ermittelten spezifischen Abwärmepotenziale ergeben sich Abweichungen von ca. 25 % in der Gesamtsumme, siehe Tabelle 12. Die Differenzen sind auf die oben genannten Gründe zurückzuführen. In den Abbildungen 15 und 16 sind die Potenziale grafisch dargestellt.

Festzuhalten bleibt, dass sich unabhängig von der Betrachtungsweise ein erhebliches Abwärmepotenzial im Landkreis Osnabrück ergibt.

Tabelle 12: Branchen- sowie mitarbeiterspezifisches theoretisches Abwärmepotenzial der wichtigsten Branchen für den Landkreis Osnabrück im Jahr 2012 (Reckzügel und Waldhoff 2014, S. 43, 67 ff.)

WZ Landkreis Osnabrück	Mitarbeiterzahlen	Energie in GJ				
		Primärenergie	Endenergie	theor. Abwärme über Endenergie	theor. Abwärme über Mitarbeiter	Differenz
10 Nahrungs- und Futtermittel	8.969	3.030.609	2.568.733	154.124	229.732	33 %
17 Papier, Pappe und Waren daraus	919	1.964.263	1.566.847	313.371	320.600	2 %
22 Gummi- und Kunststoffwaren	1.691	405.199	379.879	11.396	10.601	7 %
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	834	1.491.260	1.160.030	464.012	357.444	30 %
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	1.780	4.345.633	332.609	1.124.433	1.838.354	39 %
25 Metallerzeugnisse	3.603	473.987	413.868	12.416	13.003	5 %
28 Maschinenbau	3.296	244.652	211.379	6.341	6.485	2 %
Summe		11.955.602	10.048.844	2.086.093	2.776.219	25 %



- 10 Nahrungs- und Futtermittel
- 22 Gummi- und Kunststoffwaren
- 24 Metallerzeugung und -bearbeitung
- 28 Maschinenbau
- 17 Papier, Pappe und Waren daraus
- 23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
- 25 Metallerzeugnisse

Abbildung 15: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale für den Landkreis Osnabrück (Angaben in TJ)

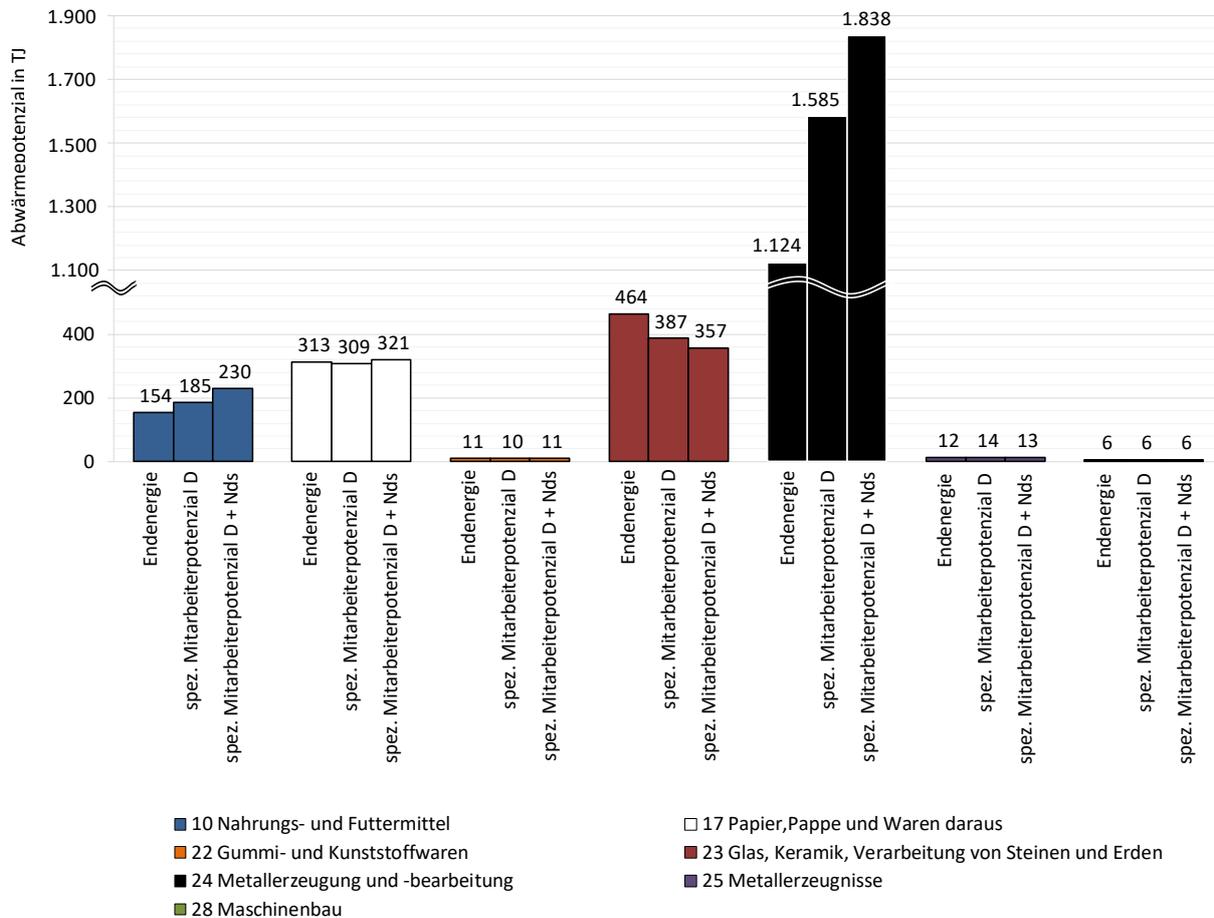


Abbildung 16: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale im Landkreis Osnabrück auf Basis unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen

Landkreis Cloppenburg

Die Darstellung des Abwärmepotenzials des Landkreises Cloppenburg erfolgt auf identische Weise wie die des Landkreises Osnabrück. Einzig die Datenlücken in den Primärenergieverbräuchen der WZ 20, 24, 29 lassen einen Vergleich dieser Branchen nicht zu. Folglich erfolgt die Auswertung dieser Daten nur in den weiteren vollständig dargestellten Branchen.

Tabelle 13: Branchen- sowie mitarbeiterspezifisches theoretisches Abwärmepotenzial der wichtigsten Branchen für den Landkreis Cloppenburg im Jahr 2014

WZ Landkreis Cloppenburg	Mitarbeiterzahlen	Energie in GJ				
		Primärenergie	Endenergie	theor. Abwärme über Endenergie	theor. Abwärme über Mitarbeiter	Differenz
10 Nahrungs- und Futtermittel	7.515	5.058.546	4.287.604	257.256	192.490	34 %
20 chemische Erzeugnisse	619	●	●		128.743	
22 Gummi- und Kunststoffwaren	132	92.586	86.800	2.604	827	325 %
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	159	52.108	40.534	16.213	68.146	76 %
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	0	●	●		0	
25 Metallerzeugnisse	1.052	63.852	55.753	1.673	3.797	55 %
28 Maschinenbau	2.243	56.168	48.529	1.456	4.413	66 %
29 Kraftwagen und Kraftwagenteile	332	●	●		1.219	
Sonstige (incl. WZ 20, 24 und 29)		593.739	454.096			
Summe		5.916.998	4.973.316	279.202	399.634	30 %

● Geheimhaltung

Wie auch schon im Vorfeld für das Bundesland Niedersachsen sowie dem Landkreis Osnabrück stellen die Abbildungen 17 und 18 grafisch die Abwärmepotenziale dar. Die detaillierte Erläuterung der Abbildung 18 entspricht der ab Seite 37.

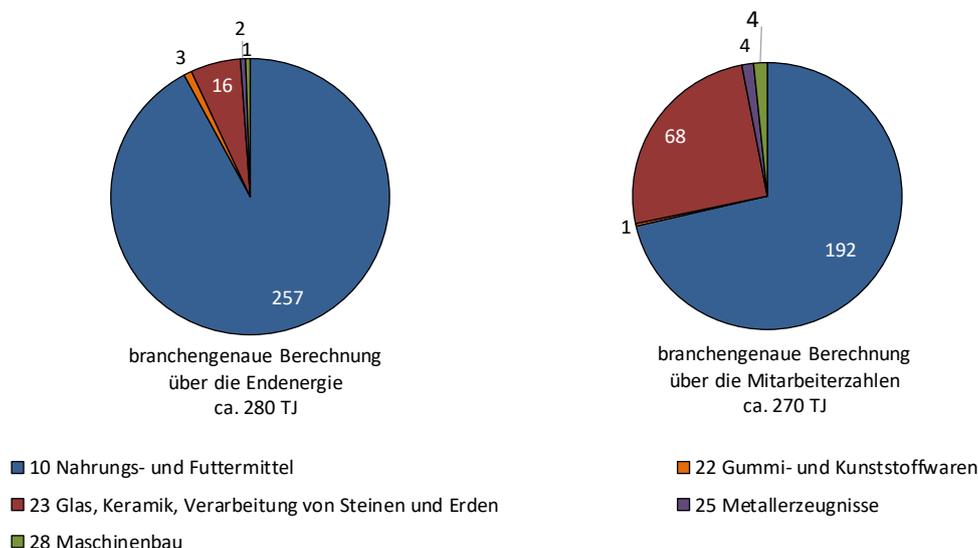


Abbildung 17: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale für den Landkreis Cloppenburg (Angaben in TJ), alleinige Betrachtung der Branchen mit bekannten Primärenergieverbräuchen

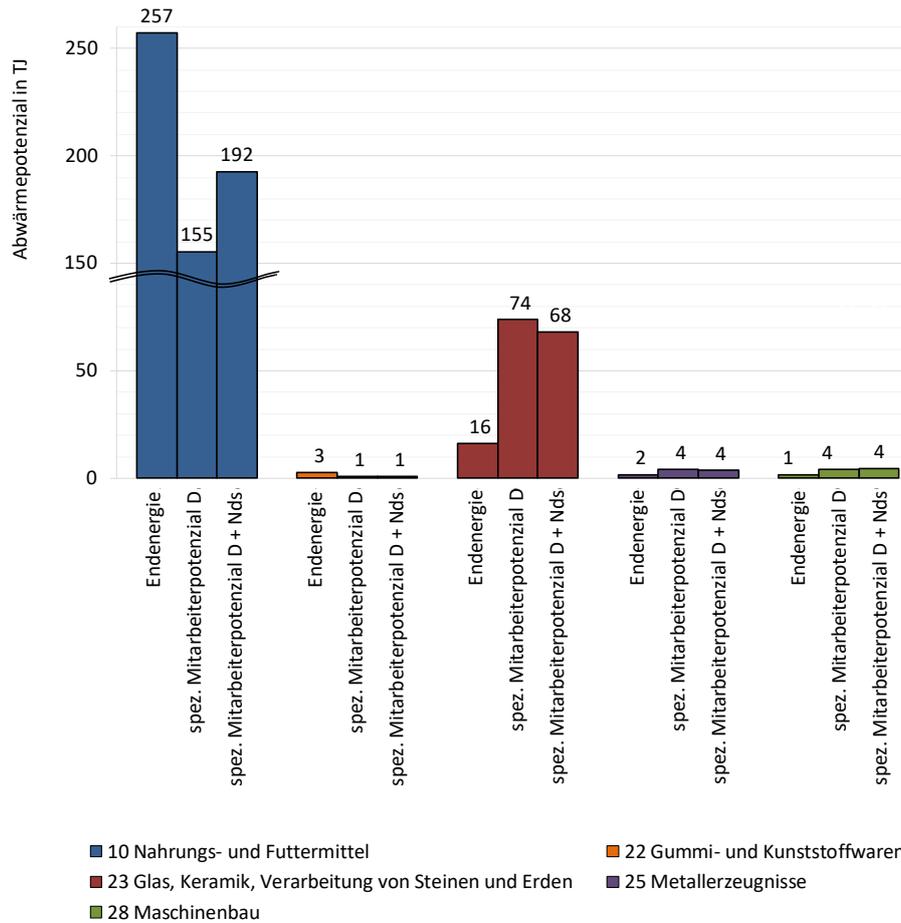


Abbildung 18: Vergleich der jährlichen theoretischen Abwärmepotenziale im Landkreis Cloppenburg auf Basis unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen

Im Vergleich zwischen der Bestimmung des Abwärmepotenzials über die Endenergiebedarfe und der Bestimmung über die Mitarbeiterzahlen ergeben sich in den Branchen mit bekannten Primärenergieverbräuchen auffallende Unterschiede. So ist in der Herstellung von Glas, Keramik, Verarbeitung von Steine und Erden (WZ 23) eine Differenz zwischen diesen beiden Verfahren von Faktor 4,2 ersichtlich. Auch in anderen Branchen ergeben sich gravierende Abweichungen. Als eine mögliche Ursache ist hierbei die nicht korrekte Angabe von Mitarbeiterzahlen, welche direkte Auswirkungen auf die Abwärmemenge hat, zu nennen. Da an dieser Stelle Daten der statistischen Ämter mit einer Unternehmensdatenbank kombiniert wurden, liegt die Vermutung nahe, dass auch in der Unterschiedlichkeit der Datenerhebung Gründe für die Differenzen liegen können.

5.2.3. Einzelstandorte

Auch eine Verteilung der Potenziale auf ein begrenztes Gebiet ist mit passender Datengrundlage möglich. Bei zusätzlicher Kenntnis der Unternehmensadressen können auf diesem Weg Hot Spots lokal identifiziert werden.

Anhand von drei Unternehmen unterschiedlicher Branchen wird eine Ermittlung des jährlichen Abwärmepotenzials mittels der Endenergie sowie der Mitarbeiterzahlen durchgeführt, siehe Abbildung 19. Anhand realer Unternehmensdaten erfolgt die Anwendung beider Methoden sowie eine anschließende geografische Verortung. Wie auch bei den Berechnungen auf Niedersachsen- und Landkreisebene liegen die Potenziale in Branchen mit erhöhtem Abwärmepotenzial innerhalb der beiden Berechnungsmethoden näher zusammen.

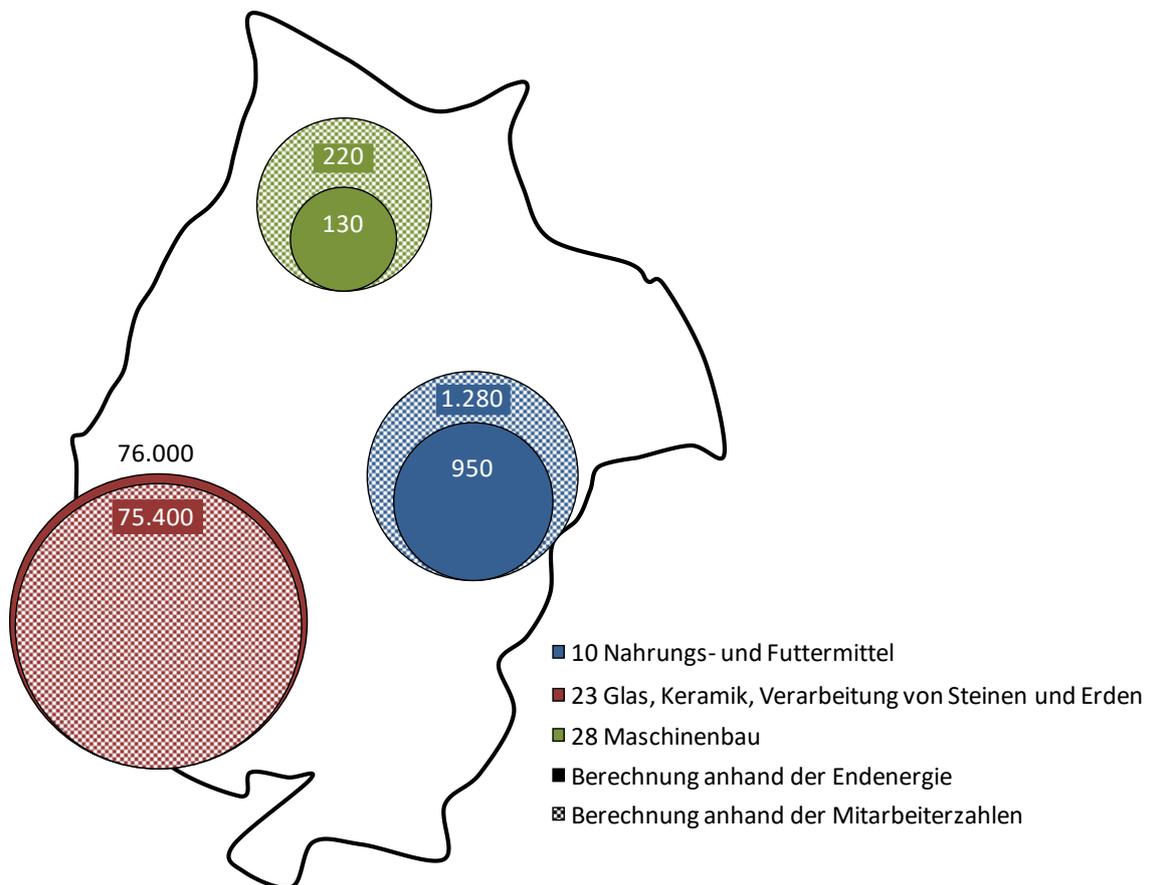


Abbildung 19: Schematische Darstellung einer geografischen Verortung von Abwärmepotenzialen

6. Auswertung und Darstellung der Ergebnisse

Bei der Auswertung und Darstellung der gewonnenen Erkenntnisse und Abwärmepotenzialdaten können je nach Zweck verschiedene Wege gewählt werden. Wichtig ist hierbei die Klärung der Zielgruppe, die Berücksichtigung der datenschutztechnischen Belange sowie der eigentlichen Ziele dieser Betrachtung.

6.1. Quantitative Darstellung der Potenzialsommen

Auf Ebene des Bundeslandes Niedersachsen oder zum Teil auch noch für Aussagen zu einzelnen Kreisen oder Städten sind rein quantitative Angaben über theoretische Abwärmemengen häufig sinnvoll und ausreichend. Oft werden daran Aussagen über die Tragweite von Klimaschutzmaßnahmen oder Aspekte der Wärmeleitplanungen konkretisiert. Wie schon dargestellt, sind die Datengrundlagen dazu in weiten Teilen ohne größere Probleme zu bekommen bzw. abzuleiten. Auf dieser Basis können maximal Angaben zu Branchen einer Region ohne weitere Differenzierung gemacht werden. Hier eignet sich eine Darstellungsart, die die Mengen verschiedener Potenziale flächenproportional darstellt, vgl. Abbildung 5. In einem Kreisdiagramm kann über Branchen hinweg der Zusammensetzung der Abwärmepotenziale verdeutlicht werden, die sich je nach Branchenstruktur von der des Energiebedarfs unterscheidet, vgl. Abbildung 13.

6.2. Darstellung mit regionalem Bezug

Der Schritt zu Aussagen, die einen stärkeren regionalen Bezug aufweisen, bedeutet einen deutlich höheren Aufwand in der Datenrecherche und Auswertung. Gilt es aber lokale Aussagen bezüglich möglicher Abwärmekooperationen zu treffen, ist eine grafische Darstellung, z. B. auf Basis einer Karte, sehr hilfreich. Schwerpunkte und regionale Struktur eines Untersuchungsgebietes sind übersichtlich darstellbar. Je nach Informationstiefe und Datenfreigabe ist zu entscheiden, welche Daten für welche Zielgruppe zur Verfügung gestellt werden sollen.

Einfache Grafiken, z. B. mit gemeindegenauer und maßstäblicher Darstellung der Abwärmemenge, sind beispielsweise in Abbildung 5 und in ReWIn zu sehen. Einzeln für jede Branche oder auch als Sammeldarstellung für die wichtigsten Unternehmenszweige erstellt, ergibt sich eine informative Karte.

Ein grafisches Informationssystem (GIS) bietet demgegenüber online die Möglichkeit dynamisch bis hin zum tatsächlichen Standort das Potenzial zu charakterisieren, siehe Abbildung

20. Damit liegt eine sehr genaue Darstellung vor, die auch für konkrete Machbarkeitsuntersuchungen eine gute Grundlage liefert. Zu beachten ist aber, dass eine ebenso exakte Darstellung des Abwärmepotenzials natürlich eine unternehmensgenaue Datengrundlage erfordert, am besten auf Basis einer individuellen Erhebung der Energie- und Prozessdaten.

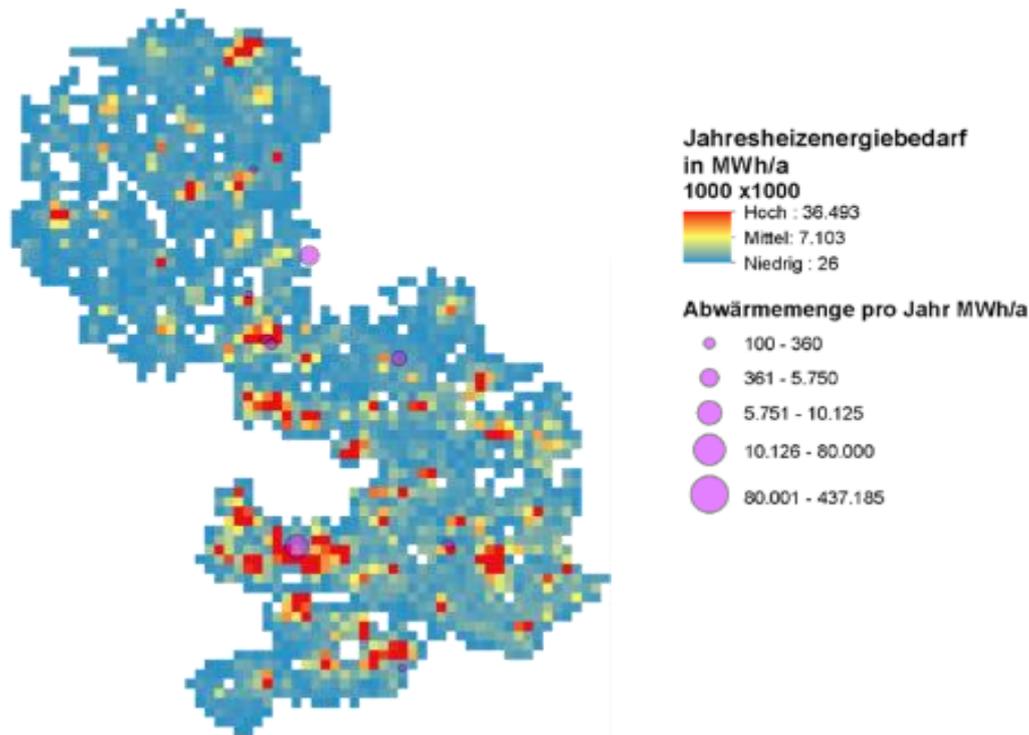


Abbildung 20: Darstellung der tatsächlichen Abwärmepotenziale und Wärmebedarfe für den gesamten Landkreis Osnabrück nach PlnA (IP SYSCON GmbH und Landkreis Osnabrück 2017)

6.3. Kombination Wärmebedarf- und Abwärmeangebot

Zur Vorbereitung und Suche möglicher Abwärmekooperationsprojekte, muss auch ein Abnehmer für die vorhandene Wärme gefunden werden. Je genauer Abwärmepotenziale auch lokal benannt werden können, desto einfacher ist es, geeignete Wärmesenken im Umfeld zu finden. Solche Hot Spots sind leichter zu erkennen und zu bewerten, wenn z. B. in einem GIS-System auch gebäudescharfe Wärmebedarfsdaten verzeichnet sind, siehe Abbildung 21. Ein „Matching“ zwischen beiden Seiten ist dann besonders offensichtlich, bedarf aber natürlich auch entsprechender Datenlage und Vorbereitung. Auf Seiten der Wärmebedarfe können, je nach Verfügbarkeit, Geobasisdaten, Daten aus raumbildenden Verfahren, Sachdaten wie Baualter der Gebäude und weitere statistische Daten zur Berechnung der gebäudespezifischen Energieverbräuche herangezogen werden.

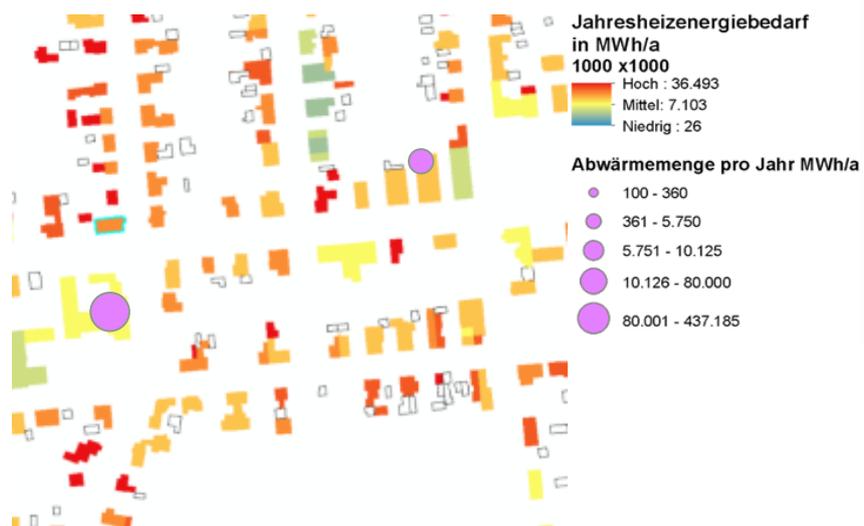


Abbildung 21: Gebäudescharfe Darstellung der tatsächlichen Abwärmepotenziale und der Wärmebedarfe (IP SYSCON GmbH und Landkreis Osnabrück 2017)

An dieser Stelle sei gesagt, dass zusätzliche, teils automatisierbare Funktionen und Auswertungen erstellt werden können, die z. B. das theoretisch mit Wärme zu versorgende Gebiet oder eine gerade noch als wirtschaftlich anzusehende Entfernung von der Abwärmequelle (Wirkradius) abbilden.

7. Abschätzung wirtschaftlicher Grenzwerte und Umsetzbarkeit

Bei den vorhergehenden Berechnungen der jährlichen Abwärmepotenziale erfolgte die Bewertung immer auf der Basis der rein theoretischen Potenziale. Die reale Nutzbarkeit in wirtschaftlicher Hinsicht kann nicht allgemeingültig bestimmt werden. Vielmehr ist dieses Potenzial von vielen anderen Einflussfaktoren, wie den Betrieben, welche als Wärmequelle dienen und möglichen Wärmeabnehmern, sowie deren jeweiliger Lage zueinander, abhängig. Weitere Kriterien stellen auch subjektive Kosten-Nutzen-Einschätzungen der beteiligten Personen dar. Gleichwohl kann festgehalten werden, dass in der Regel das theoretische Potenzial immer deutlich größer ist, als das technisch oder wirtschaftlich nutzbare.

7.1. Beispiel Steiermark

Die Studie „Abwärmekataster Steiermark“ der TU Graz geht als eine der wenigen Studien auch auf das wirtschaftliche und tatsächlich umsetzbare Abwärmepotenzial ein.

Das *wirtschaftliche* Potenzial wird mittels üblicher Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung, z. B. Annuitätenmethode VDI 2067, mit einer angesetzten Amortisation von 5 Jahren definiert.

Umsetzbar ist dieses Potenzial, wenn zusätzlich zu den technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen alle weiteren Hemmnisse, wie z. B. Logistik, Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit, ausgeräumt werden können. Hierunter verbirgt sich eine Vielzahl verschiedenster Punkte, die häufig sehr stark von lokalen Akteuren, Gegebenheiten vor Ort u. ä. abhängen.

Tabelle 14 zeigt die wirtschaftlichen und umsetzbaren Potenziale als prozentualen Anteil der theoretischen Potenziale, wie sie in der Studie für die Steiermark ermittelt wurden. Hierbei ist ersichtlich, dass das wirtschaftliche Potenzial nur einen geringen Prozentsatz des theoretischen Potenzials ausmacht. Es muss davon ausgegangen werden, dass diese Größenordnungen, von 4 bis 26 % als umsetzbares Potenzial vom theoretischen Wert auch für viele andere Regionen anzunehmen sind. (Schnitzer, et al. 2012, S. 42 ff.)

Tabelle 14: Wirtschaftliche und umsetzbare Potenziale ausgewählter Branchen (Schnitzer, et al. 2012, S. 42 ff.)

Nr. der Klassifikation und Wirtschaftszweige	wirtschaftlich	umsetzbar
10 Nahrungs- und Futtermittel	20 %	4 %
17 Papier, Pappe und Waren daraus	23 %	19 %
23 Glas, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	22 %	9 %
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	12 %	5 %
28 Maschinenbau	60 %	26 %

7.2. Wärmebedarf als Standortfaktor

Ein weiterer entscheidender Punkt ist die aktuelle und die zu erwartende Wärmebedarfsdichte im untersuchten Gebiet mit Abwärmepotenzial. So muss nicht nur Abwärme in ausreichender Menge, Temperatur und Zuverlässigkeit vorliegen, sondern auch sinnvoll zu versorgende Wärmeabnehmer. Bei der Versorgung von Wohngebäuden bzw. öffentlichen Einrichtungen kann als erster Anhaltspunkt eine Mindest-Wärmebedarfsdichte von ca. 150 MWh/(ha·a) angenommen werden, siehe u. a. (StMUG, OBB und StMWIVT 2011, S. 48). Aber auch die Entfernung von Wärmequelle und -abnehmer ist in dieser Überlegung zu berücksichtigen. Alle diese Punkte werden in der Betrachtung sogenannter Wirkradien zu Grunde gelegt. Hierbei handelt es sich um ein Werkzeug welches nicht nur die oben genannten technischen Randbedingungen, sondern auch die herstellerbezogenen und vor allem wirtschaftlichen Randbedingungen miteinschließt. So sind hier auch die Kosten für das eigentliche Wärmenetz mit allen weiteren Komponenten sowie eine Wirtschaftlichkeitsberechnung mit-inbegriffen. (Coplan AG 2012, S. 38)



Abbildung 22: Differenzierte Sichtweisen und Schnittstellen der jeweiligen Domänen und Ebenen (Lehnhoff und Knies 2014)

8. Zusammenfassung und weitere Vorgehensweise

8.1. Zusammenfassung

Auf Basis der aktuell für den Sektor Industrie vorliegenden statistischen Datengrundlage zum Energiebedarf der Branchen ist eine Analyse der Abwärmepotenziale für Niedersachsen bei Ergänzung vorhandener Datenlücken flächendeckend möglich. Diese auf Geheimhaltung beruhenden Datenlücken müssen durch Vervollständigung der Branchendaten aus anderen Quellen geschlossen werden. Anschließend können auch die theoretischen Abwärmepotenziale für die Branchen einer Region ausgewiesen werden.

Als Schlüssel zur Berechnung der theoretischen Abwärmepotenziale dienen branchentypische Kennwerte verschiedener Studien, die das Verhältnis von Gesamtenergiebedarf zu potenzieller Abwärmemenge beschreiben. Aufgrund relativ weniger wissenschaftlicher und auch internationaler Studien und Erhebungen zum Thema, ist auch hier nicht mit exakten Werten zu rechnen. Viele Branchenschlüssel vereinen in sich auch sehr starke Unterschiede z. B. in Bezug auf Produkt, Anlagentechnik und Betriebsgröße. Damit kommen zu dem unbekanntem Faktor bereits intern genutzter Abwärme und unterschiedlicher Effizienzmaßnahmen noch weitere hinzu, die eine exakte Berechnung unmöglich machen.

Der Weg, individuelle Unternehmenserhebungen und Datenaufnahmen vor Ort durchzuführen ist weitaus aufwändiger und langwieriger. Für eine verlässliche Einschätzung der Potenziale und als Basis für Machbarkeitsstudien realer Umsetzungsprojekte ist diese Vorgehensweise allerdings unerlässlich, da nur so die tatsächlich vor Ort verfügbaren Wärmemengen mit sämtlichen Randbedingungen, wie Verfügbarkeit und Art des Mediums, zu ermitteln sind. Anschließend kann mit hoher Genauigkeit und verbesserter Qualität, z. B. bezüglich der Temperaturniveaus usw., das Potenzial beschrieben werden.

Mittels dieser Studie konnte ein Werkzeug zum zügigen Erkennen geeigneter Standorte ohne aufwendiger und langwieriger Datenerhebungen und das Ausschließen wenig versprechender Regionen für eine Abwärmenutzung entwickelt werden. Grafisch dargestellt ist dieses in Abbildung 23. So können mit Hilfe der aufgezeigten Wege Abwärmepotenziale der industriellen Branchen sowohl auf Bundeslandebene als auch regional ermittelt und Hot Spots identifiziert werden. Mittels dieser Ersteinschätzung können sogar einzelne Unternehmen schon vor einer

individuellen Erhebung des tatsächlichen Abwärmepotenzial anhand der Prozess- und Anlagendaten bewertet werden. Auf dieser Basis können Aufwand und Mittel für weiterführende Machbarkeitsstudien gezielt und effektiv eingesetzt werden.

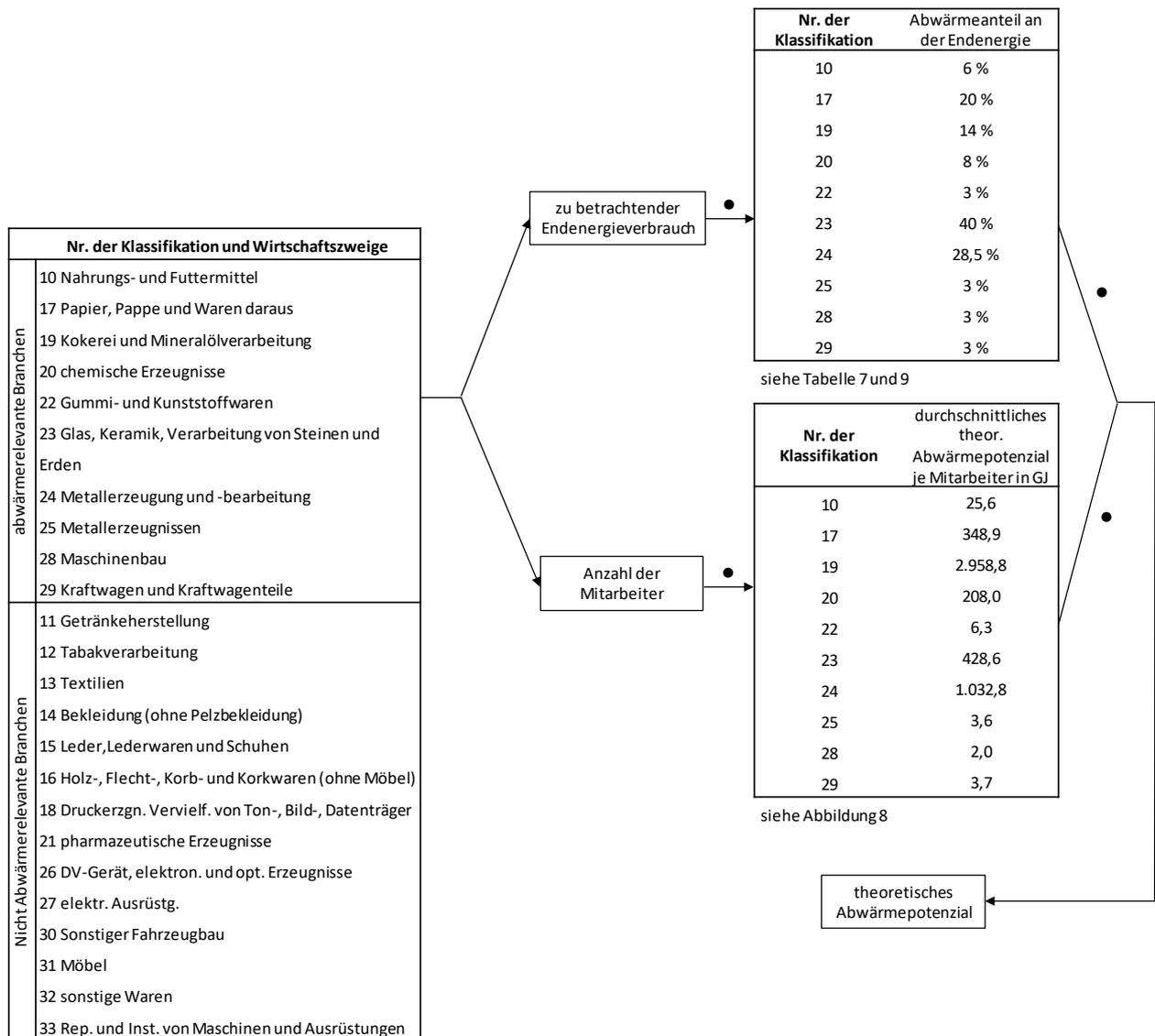


Abbildung 23: Grafische Darstellung der Vorgehensweise zur Ermittlung von theoretischen Abwärmepotenzialen

Aufbauend auf diese Ergebnisse stellt die Studie ein Hilfsmittel zur kommunalen Wärmeplanung dar. Das Hauptaugenmerk der Wärmeplanung liegt in der Versorgung von Kommunen und Quartieren mit Wärme für Wohn- und Nichtwohngebäude sowie (zum Teil) industrieller und gewerblicher Prozesse. Die kommunale Wärmeplanung lässt sich grundlegend in nachfolgende drei Aspekte untergliedern:

1. Wärmeerzeugung inkl. verfügbarer Wärmequellen
2. Wärmeverteilung und Wärmespeicherung
3. Wärmeabgabe mit Wärmenutzung

Innerhalb dieser Schritte ist zu klären, welche Möglichkeiten zur Nutzung von Abwärme aus industriellen oder gewerblichen Prozessen bestehen. So kann die Abwärme z. B. in ein Nah- oder Fernwärmenetz eingespeist und einer weiteren Nutzung zugeführt werden. Für eine detaillierte Aussage müssen jeweils die Gegebenheiten vor Ort mitberücksichtigt werden.

8.2. Empfohlene Vorgehensweise zur regionalen Potenzialanalyse

Die nachfolgende Vorgehensweise stellt eine Zusammenfassung des u. a. in Abbildung 9 dargestellten Vorgehens zur Potenzialermittlung dar.

Schritt 1

Je nach Ziel der Untersuchungen ist es in der Regel sinnvoll, mit einer auf die Region z. B. Stadt oder Landkreis bezogenen Analyse zu beginnen. Dabei muss, auf die Verfügbarkeit und Vollständigkeit der Daten geachtet werden. Ergebnis sind Potenzialsommen für die Einzelbranchen, die erste Hinweise auf mögliche Schwerpunkte der Region geben.

Schritt 2

Alle weiteren Methoden benötigen Unternehmensdaten zur weiteren Spezifikation, sei es die Beschäftigtenzahl zur Skalierung der Energiedaten oder direkt die individuellen Energiebedarfsdaten. Nur so lassen sich lokale Bezüge für die berechneten Potenziale herstellen, die anschließend zu einer regionalen Strategie zur Entwicklung von Hot Spots und Abwärmekooperationen führen.

Beide in Kapitel 4.3 dargestellten Ansätze dienen dazu, ohne aufwändige Datenrecherche und Unternehmensbesuche einen Überblick über potenzielle Abwärmequellen und deren ungefähre Struktur und Größe in einer Region zu erlangen. Um mehr Verlässlichkeit in die Berechnungen einfließen zu lassen, muss nun der Aufwand für die Datengrundlage erhöht werden.

Schritt 3

Sind Hot Spots ausfindig gemacht worden, so können je nach Struktur und regionalen Gegebenheiten Standorte und Einzelbetriebe für Detailuntersuchungen identifiziert werden. Für diese müssen reale Energieverbrauchsdaten oder besser noch Messdaten der tatsächlichen

Abwärmeströme, wie Abgas oder Prozessmedien etc., als Basis erhoben werden. Dazu ist eine wohlüberlegte Kontaktaufnahme zum Unternehmen notwendig. Nur dann kann, z. B. für eine Machbarkeitsstudie, eine belastbare Grundlage geschaffen werden, die richtungsweisend für ein solches Projekt ist.

Schritt 4

Um tatsächlich Potenziale sinnvoll nutzen zu können, ist die Nähe zu geeigneten Wärmesenken wichtig. Je nach benötigter Energiemenge und dem Temperaturniveau, müssen verschiedene Konzepte entwickelt werden, die z. B. Wärmenetze zu Heizzwecken oder aber auch Prozesswärme zwischen Einzelbetrieben zum Ziel haben.

Das Finden technisch geeigneter Wärmeabnehmer und die Entwicklung der geeigneten Strukturen zur Nutzung ist für ein Projekt ebenso wichtig wie die Einschätzung der zu nutzenden Abwärmepotenziale. Nur selten kann dabei systematisch auf Daten für den Prozesswärmebedarf oder auf Wärmebedarfskataster zurückgegriffen werden, die für solch ein „Matching“ notwendig sind.

Weitere Schritte

Bisher sind vor allem technische und statistische Aspekte der Potenzialberechnung und Abwärmennutzung betrachtet worden. Für eine erfolgreiche Umsetzung eines solchen Projektes ist es aber entscheidend, dass von Anfang an Personen und Stakeholder mit Überzeugung am Thema arbeiten. Nur so kann der oft lange Weg von der Potenzialbewertung, über die Aufnahme der realen Daten bis hin zum realisierten Projekt erfolgreich beschritten werden. Eine mögliche Vorgehensweise hierfür ist in Abbildung 24 dargestellt.

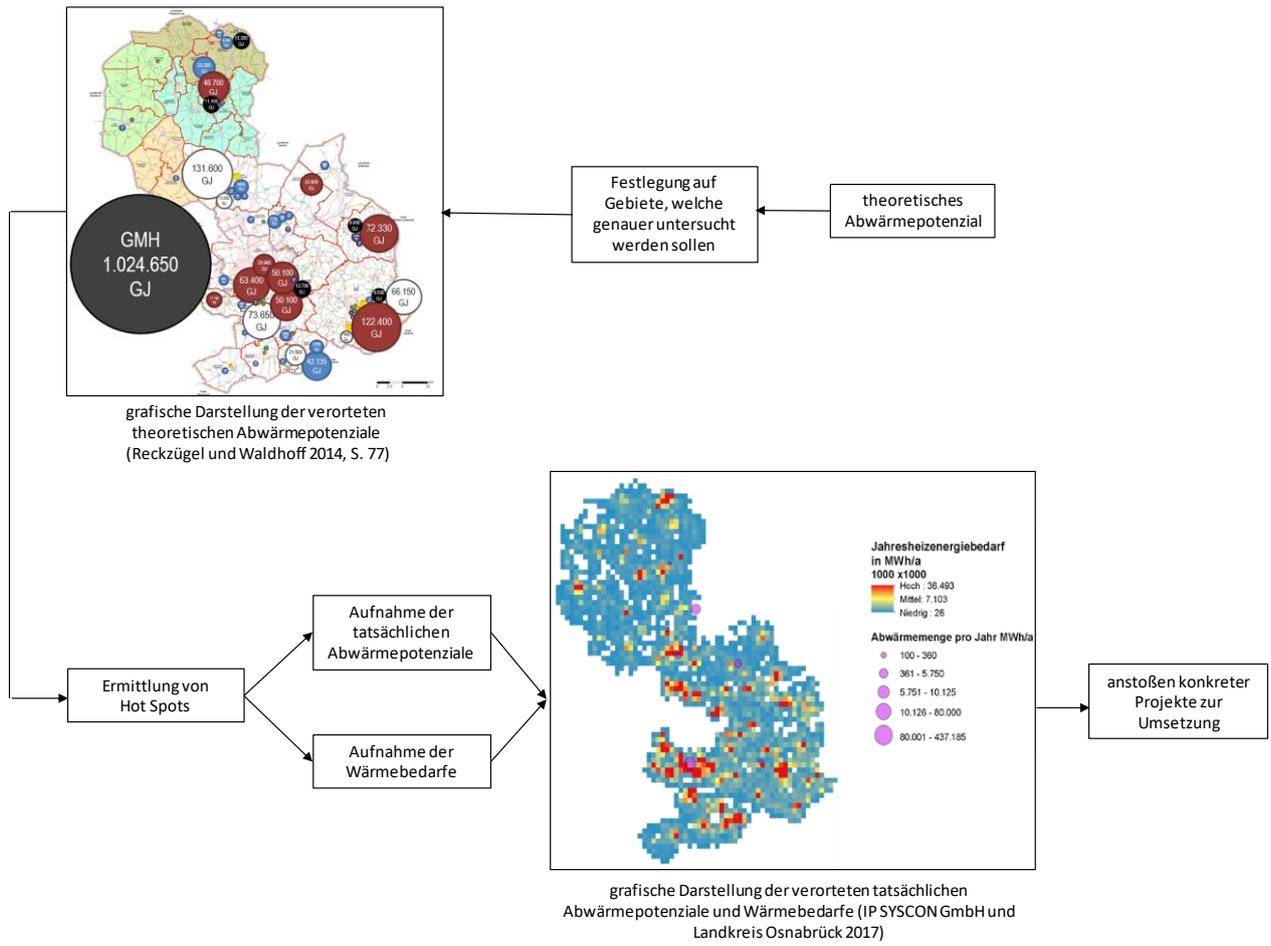


Abbildung 24: Möglichkeit des weiteren Vorgehens nach Ermittlung des theoretischen Abwärmepotenzials

9. Literaturverzeichnis

- AG Energiebilanzen e.V. „Energieflussbild 2014 für die Bundesrepublik Deutschland in Mio. t SKE.“ 2015.
- Blesl, M., S. Kempe, M. Ohl, U Fahl, A. König, und T. und Eltrop, L. Jenssen. „Wärmeatlas Baden-Württemberg. Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen.“ Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Universität Stuttgart (Hrsg.), Stuttgart, 2008.
- Böge, M., und J. Knies. „Faktoren für eine erfolgreiche Nutzung von Wärme aus Abwasser.“ *KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall*, 10/ 2013: S. 868-873.
- Brezski, E. „Industrielle Energieeffizienz ausbaubar.“ *NORD/LB Regionalwirtschaft. Niedersachsen Spezial*, 07. 03. 2014.
- BWP. „Heizen und Kühlen mit Abwasser. Ratgeber für Bauherren und Kommunen.“ Deutsche Bundesstiftung Umwelt, ASEW und Institut Energie in Infrastrukturanlagen (Hrsg.), München Osnabrück Köln Zürich, 2015.
- Claassen, A., I. Erhardt, M. Meyer, und C. Waldhoff. „Hallo Nachbar, tausche Wärme gegen Strom - Leitfaden für eine effiziente Nutzung von überschüssiger Energie.“ Energie-Strategierat Weser-Ems (Hrsg.), Oldenburg, 2017.
- Coplan AG. „Leitfaden Wärmelandkarten.“ Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.), München, 2012.
- DEHSt. „Emissionspflichtige Anlagen in Deutschland 2014.“ 04. 05. 2015.
www.dehst.de/SharedDocs/Downloads/DE/Anlagenlisten/2014.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff am 04. 01. 2017).
- DOE. „US Department of Energy, Loss and Opportunities Analysis, US Manufacturing and Mining.“ 2004.
- Fleiter, T., B. Schlomann, und W. Eichhammer. *Energieverbrauch und CO2-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparungspotenziale, Hemmnisse und Instrumente*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013.
- Grahl, A., S. Joest, und T. Raulien. „Erfolgreiche Abwärmenutzung im Unternehmen. Energieeffizienzpotenziale erkennen und erschließen.“ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin, 2014.

- Grote, L., Hoffmann, P. und Tänzer, G. „Abwärmenutzung - Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge.“ IZES gGmbH (Institut für ZukunftsEnergieSysteme), Saarbrücken, 2015.
- Hövel, R. „Aktuelle Entwicklung und Projekte zum Thema Abwärmenutzung in Oldenburg.“ *Rohrleitungen im Wärme- und Energietransport*, 2015: S. 196-201.
- IFEU, und Caritasverband Frankfurt e.V. „Leitfaden: Einführung von Energiesparberatungsangeboten für einkommensschwache Haushalte.“ Endbericht, Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und der Hans-Böckler-Stiftung, Heidelberg, 2010.
- IP SYSCON GmbH und Landkreis Osnabrück. *PlnA - Planungportal Industrielle Abwärme*. Osnabrück (unveröffentlicht), 2017.
- IPM. *Presseinformation - Industrielle Abwärme erfassen und bewerten*. Herausgeber: Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik . 23. 03. 2015.
https://www.ipm.fraunhofer.de/de/presse_publicationen/Presseinformationen/abwaermeatlas.html (Zugriff am 23. 02. 2017).
- KEAN-1. *Niedersächsische Kommunen beim Klimaschutz vorn. 10 von bundesweit 41 Masterplan-Kommunen liegen in Niedersachsen*. 14. 07. 2016. www.klimaschutz-niedersachsen.de/presse/unnamed-3.html (Zugriff am 3. 12. 2016).
- KEAN-2. *Gutes Beispiel Abwärmenutzung: Bürger-Nahwärmenetz in Ostercappeln-Venne*. 2017. <https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/unternehmen/prozessoptimierung/gutes-beispiel-venne.html> (Zugriff am 24. 02. 20217).
- KEAN-3. „Kommunale Klimaschutzprojekte. Gute Beispiele aus Niedersachsen - zur Nachahmung empfohlen.“ Hannover, 2017.
- Kemmler, A., et al. *Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005 – 2014*. Endbericht, Dessau-Roßlau: Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.), 2017.
- Knies, J. „The Potential for Extracting Heat Energy from Waste Water: A Strategic Approach.“ *GI_Forum - Journal for Geographic Information Science*, 01. 2015: S. 189-198.

- Kompetenzzentrum Energie. *Projekte des Kompetenzzentrums Energie. Projekt PlnA - Informations- und Planungsportal Industrielle Abwärme*. 20. 02. 2017.
www.kompetenzzentrum-energie.de/de/projekte (Zugriff am 20. 02. 2017).
- Lehnhoff, Sebastian, und Jürgen Knies. „Energetische Nachbarschaft: Schnittstellen für die jeweiligen Domänen und Ebenen.“ OFFIS Institut für Informatik, Oldenburg (unveröffentlicht), 2014.
- LfU. *Energie aus Abwasser. Ein Leitfaden für Kommunen*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2015.
- LSN-1. *Verarbeitendes Gewerbe (sowie Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden) in Niedersachsen - Betriebe mit i. a. 20 und mehr Beschäftigten*. LSN-Online Regionaldatenbank Tabelle K7700041. Hannover: Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2014.
- LSN-2. *Bevölkerung und Katasterfläche in Niedersachsen*. LSN-Online Regionaldatenbank Tabelle A100001G. Hannover: Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2014.
- LSN-3. *Energieverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden nach Wirtschaftszweigen in Niedersachsen im Jahr 2014*. Anlage zur Pressemitteilung 10/2016, Hannover: Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2014.
- Maier, M. *Die kommunale Wärmeplanung - Ein wichtiger Treiber der Wärmewende*. Herausgeber: Agentur für Erneuerbare Energien e. V. Bd. RENEWS SPEZIAL Nr. 79 / November 2016. Berlin, 2016.
- MU-1. *Empfehlung für eine niedersächsische Klimaschutzstrategie*. Hannover: Regierungskommission Klimaschutz. Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2012.
- MU-2. *Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050*. Hannover: Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2016.
- Müller, K., et al. „Potenziale und technische Optimierung der Abwasserwärmenutzung.“ Abschlussbericht, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.; EnergieSchweiz für Infrastrukturanlagen; RWTH Aachen Lehrstuhl für Baubetrieb und Projektmanagement; Emschergenossenschaft und STAWAG Stadtwerke Aachen AG (Hrsg.), Aachen, 2013.

- MW-1. *Niedersachsen - starke Industrie im Wettbewerb*. Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. 09. 2013.
www.mw.niedersachsen.de/startseite/themen/wirtschaft/industrie_niedersachsen/industrie-in-niedersachsen-15611.html (Zugriff am 09. 11. 2016).
- MW-2. *Wirtschaftsstandort Niedersachsen im Wettbewerb*. Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr. 2016.
www.mw.niedersachsen.de/startseite/themen/wirtschaft/wirtschaftsstandort_niedersachsen/wirtschaftsstandort-niedersachsen-15378.html (Zugriff am 29. 01. 2017).
- Pehnt, M., Bödecker, J., Arens, M., Jochem, E. und Idrissova F. „Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung.“ Heidelberg Karlsruhe, 2010.
- Reckzügel, M., M. Meyer, S. Lehnhoff, A. Claassen, und J. Knies. *Technische und ökonomische Machbarkeit Energetischer Nachbarschaften*. Oldenburg: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Hochschule Osnabrück und iro GmbH Oldenburg /Institut für Rohrleitungsbau, 2015.
- Reckzügel, M., und C. Waldhoff. „Planungsportal Industrielle Abwärme - PlnA.“ Kompetenzzentrum Energie, Osnabrück, 2017.
- Reckzügel, M., und C. Waldhoff. „ReWIn - Regionales Wärmekataster Industrie.“ Strukturkonzept, Innovative Energiesysteme, Hochschule Osnabrück, Osnabrück, 2014.
- Reckzügel, M., und C. Waldhoff. „Unternehmensdaten zur Bestimmung von Abwärmepotenzialen.“ Kompetenzzentrum Energie, Osnabrück (unveröffentlicht), 2017.
- Schnitzer, H., Schmied J., Titz M., Jägerhuber P., und Enzi C. und Filzwieder P. „Abwärmekataster Steiermark, Endbericht Projekt des Landes Steiermark.“ Technische Universität Graz, Graz, 2012.
- SIJ, WI und DLR. „Handbuch methodischer Grundfragen zur Masterplan-Erstellung. Kommunale Masterpläne für 100 % Klimaschutz.“ FH Aachen, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH und Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt, Aachen, 2016.

Sollesnes, G. und Helgerud, H. E. „Potensialstudie for utnyttelse av spillvarme fra norsk industri.“ Norwegen, 2009.

Stadt Oldenburg. *Stadthafen: Wärme aus Abwasser. Abwasserwärme - bundesweit größtes Projekt in Oldenburg.* 2015.

www.oldenburg.de/de/microsites/stadtplanung/sanierungsgebiete/stadtumbaugebiet-alter-stadthafen/stadthafen-waerme-aus-abwasser.html (Zugriff am 06. 02 2017).

Statistische Ämter des Bundes und der Länder. „Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden - Jahressumme - regionale Tiefe: Kreise und krfr. Städte. GENESIS Tabelle 060-41-4.“ 2014.

Statistisches Bundesamt. *Beschäftigte und Umsatz der Betriebe im Verarbeitenden Gewerbe: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige. GENESIS-Online Datenbank: Tabelle 42111-0001.* 2014.

StMUG, OBB und StMWIVT. „Leitfaden Energienutzungsplan.“ Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie und Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern (Hrsg.), München, 2011.

Tänzer, G. „Abwärme in energieintensiven Branchen: Erste Ergebnisse des Forschungsverbundprojekts "Abwärmeatlas".“ Vortrag auf der 2. BMUB-Fachtagung: Klimaschutz durch Abwärmenutzung, Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), Berlin, 2016.

Venner Energie. *Abwärmenutzung in Ostercappeln.* 2017. www.venner-energie.de (Zugriff am 24. 02. 2017).

Anhang

Wärme aus Abwasser

Eine weitere Möglichkeit zur Nutzung von Abwärme stellt die Rückgewinnung von Wärme aus dem Abwasser dar. Bei energieintensiven Unternehmen mit einem hohen und zumeist über 30 °C warmen Abwasseraufkommen ist eine interne Wärmerückgewinnung vorstellbar (Abbildung 25 links). Zum einen liegen innerhalb von Gebäuden zumeist höhere Abwassertemperaturen vor aber im Gegensatz zum Durchfluss im Kanal fällt hierbei nur eine sehr begrenzte Abwassermenge an. Auch wenn Unternehmen ihr Abwasser zumeist nur abgekühlt in die Kanäle leiten dürfen, stellt die Nutzung der Abwärme aus den kommunalen Abwasserkanälen im Vergleich zu vorherigen Variante der gebäudeinternen Nutzung eine interessantere Nutzungsmöglichkeit dar. Auch wenn es hier zu einer Mischung unterschiedlich temperierter Abwässer und somit zu einer Bereitstellung von Wärme auf energetisch niedrigerem Niveau kommt, ist eine Nutzung zum Beispiel mittels zwischengeschalteter Wärmepumpe (WP) für Heizzwecke möglich. Hierbei wird weiter zwischen Varianten mit direkt in die Kanalisation (Abbildung 25 Mitte) eingebautem Wärmetauscher oder Abwärmennutzung erst nach der Kläranlage (Abbildung 25 rechts) unterschieden. Das Abwasser, welches in Abhängigkeit des Entnahmeorts Temperaturen zwischen 10 und 30 °C aufweist, ist in der Regel für eine weitere Verwendung nicht warm genug. Zusätzlich erhöhen die hier vorliegenden Temperaturen den apparativen Aufwand durch den Einsatz einer zwischengeschalteten Wärmepumpe zur notwendigen Temperaturerhöhung und verschlechtern folglich auch die Wirtschaftlichkeit. Das erforderliche Temperaturniveau zum Heizen liegt in Abhängigkeit der verwendeten Heizkörper bei etwa 35 bis 90 °C. (Reckzügel, Meyer, et al. 2015, S. 18 f.) (LfU 2015, S. 8) (Blesl, et al. 2008, S. 12)

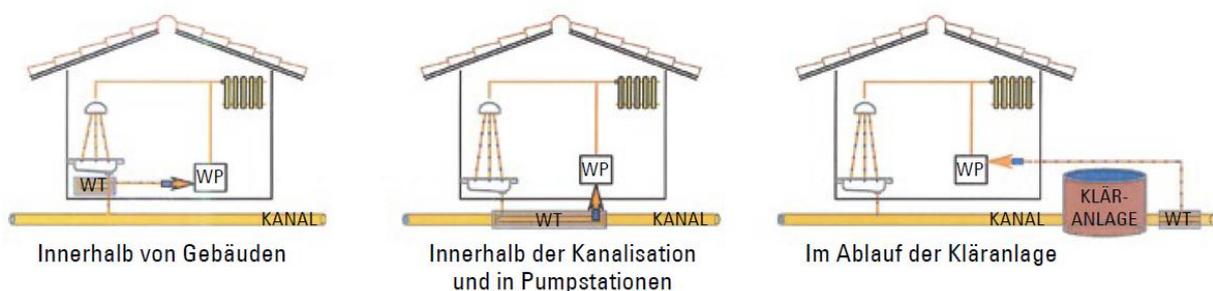


Abbildung 25: Varianten der Abwärmennutzung aus Abwasser (LfU 2015, S. 8)

Für erste Berechnungen der verfügbaren Kapazitäten der Abwärme aus Abwasser kann auf städtischen Gebieten bei einer betrachteten Abkühlung des Abwassers von 2 Kelvin eine Abwärmemenge von ca. 2,3 kWh/m³ angenommen werden. Dieser Wert dient als erster grober Hinweis auf das theoretisch erzielbare Potenzial. Das theoretisch nutzbare Potenzial unterscheidet sich durch Faktoren wie z. B. ein möglicher geothermischer Einfluss, die Anordnung von Zuleitungen und auch die Zeiten geringerer Abwassermengen. (Böge und Knies 2013) (Knies 2015)

Eine mögliche Methodik zur Suche geeigneter Standorte für die Nutzung der Wärme aus Abwasser lässt sich in nachfolgende Stichpunkte unterteilen: (Müller, et al. 2013, S. 67 ff.) (BWP 2015, S. 8)

- Durchfluss: Notwendig ist ein kontinuierlicher ausreichend hoher Durchfluss im Kanal. Aufgrund wirtschaftlicher und technischer Betrachtungen wird üblicherweise von einer Mindestmenge von 12 bis 15 l/s (Tagesmittelwert bei Trockenwetter) ausgegangen.
- Temperatur: Auch die Temperaturverhältnisse des Abwassers spielen eine wichtige Rolle und sollten in Bezug auf jahreszeitliche und tägliche Schwankungen bekannt sein. Höhere Temperaturen im Abwasser ermöglichen einen größeren Entzug von Wärme. Die Endtemperatur des Abwassers sollte immer, auch im Winter, deutlich höher als die Dimensionierungstemperatur der nachgeschalteten Kläranlagen sein.
- Kanalisation: Für die grundsätzliche Wärmerückgewinnung aus Abwasser eignen sich Schutz- und Mischwasserkanäle mit einem Durchmesser größer 800 mm. Kleinere Kanäle erschweren die Zugänglichkeit und verringern die Auswahl der Wärmetauschersysteme. Bei kleinen Durchmessern kann auf Wärmetauscher, welche in einem Bypass verbaut werden, zurückgegriffen werden.

- Distanzen: Einen wichtigen Kostenpunkt stellt die Länge der Verbindungsleitung zwischen Kanal und Heizzentrale dar. Eine geringe Distanz und gut zugängliches Gelände verringern die Baukosten.

Tabelle 15: Einfluss der Entfernung zwischen Abwärmequelle und Abnehmer in unbebautem Gelände auf die Wirtschaftlichkeit (Müller, et al. 2013, S. 70)

		Wärmeleistungsbedarf der Abnehmer in kW		
		250	500	1.000
Distanz zum Abnehmer in m	0	97 %	80 %	79 %
	500	139 %	101 %	97 %
	1.000	160 %	108 %	103 %

Werte unter 100 % weisen auf eine Wirtschaftlichkeit der Abwassernutzung zur Wärmegewinnung im Vergleich zu konventionellen Heizsystemen hin.

- Abnehmer: Aus Kostengründen lohnt sich die Wärmenutzung aus Abwasser vor allem bei Sanierungen oder geplanten Neubauten. Also immer in Fällen, in denen ein neuer Heizkessel verbaut werden soll und niedrigere Systemtemperaturen ausreichend sind. Weitere Abnehmer können Siedlungen, Schulen, Hallenbäder oder auch Industrie- und Gewerbebauten sein. Die Wirtschaftlichkeit erhöht sich direkt mit einer höheren Bebauungsdichte oder größerem Wärmebedarf. Aus heutiger Sicht sollte ein minimaler Gesamtleistungsbedarf von 150 kW vorliegen.

Aktuell wird Deutschlands größtes Projekt der Wärmenutzung aus Abwasser im Quartier „Stadthafen“ in Oldenburg umgesetzt. Während des ersten Bauabschnittes sollen zunächst 7.500 Quadratmeter Wohnfläche mittels der Abwärme aus Oldenburgs durchflussstärksten Mischwasserkanal (Durchmesser 1,5 Meter) beheizt werden. Bei der vorhandenen Temperatur des Abwassers von 10 °C ist hierfür der Einbau eines Wärmetauschers mit einer Länge von 81 Metern vorgesehen. Die Kosten dieses Bauabschnittes belaufen sich auf rund 260.000 Euro. Nach Beendigung eines weiteren Bauabschnittes soll der Wärmetauscher auf

etwa 200 Meter verlängert werden und insgesamt 20.000 Quadratmeter Wohnfläche mit Wärme versorgen. (Stadt Oldenburg 2015) (Hövel 2015)

Umsetzbarkeit bei der Nutzung von Wärme aus Abwasser

Obwohl die Wärmenutzung aus Abwasser an einige standortspezifische Faktoren gebunden ist, konnte eine Studie im Auftrag des Ministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen im Jahr 2013 grundlegende Aussagen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit solcher Systeme liefern. (LfU 2015) (Müller, et al. 2013)

So besteht schon heute in vielen Fällen eine Möglichkeit der wirtschaftlichen Nutzung der Wärme aus Abwasser. Wichtig ist, dass bei der Beurteilung die Entwicklung der Energiepreise über die gesamte Lebensdauer der Anlagen bzw. eine realistisch angenommene Energiepreisteuerung Berücksichtigung findet. Für die in dieser Studie untersuchten zwölf Anlagen in Nordrhein-Westfalen liegen die spezifischen Investitionskosten zwischen 0,30 und 0,50 €/kWh/a) und somit deutlich über den Kosten für konventionelle Energie. Durch die während des Betriebs geringeren Aufwendungen fallen die Gesamtkosten innerhalb der Lebensdauer geringer aus als bei konventionellen Heizungsanlagen. (Müller, et al. 2013, S. 88 ff.)

Anhand der nachfolgenden Tabelle 16 kann im Weiteren mittels sogenannter Potenzialklassen eine grundlegende erste wirtschaftliche Einschätzung der Nutzungspotenziale der Wärme aus Abwasser erfolgen. Die entscheidenden Faktoren stellen hierbei die Entfernung der Wärmeabnehmer vom Abwasserkanal sowie dessen Nennweite dar.

Tabelle 16: Darstellung der Potenzialklassen der Abwasserwärmenutzung in Abhängigkeit der Entfernung des Abnehmers zum Kanal und der Kanalnennweite (Müller, et al. 2013, S. 95)

		Nennweite		
		< DN 500	DN 500 < DN 800	≥ DN 800
Entfernung zum Abnehmer in m	< 200	4	5	6
	200 - 500	3	4	5
	500 - 1.000	2	3	4
	1.000 - 1.500	1	2	3

1: erwartungsgemäß geringes Potenzial

6: erwartungsgemäß sehr hohes Potenzial