
ReWIn

Strukturkonzept

für ein regionales *Abwärmekataster* Industrie

im Landkreis Osnabrück

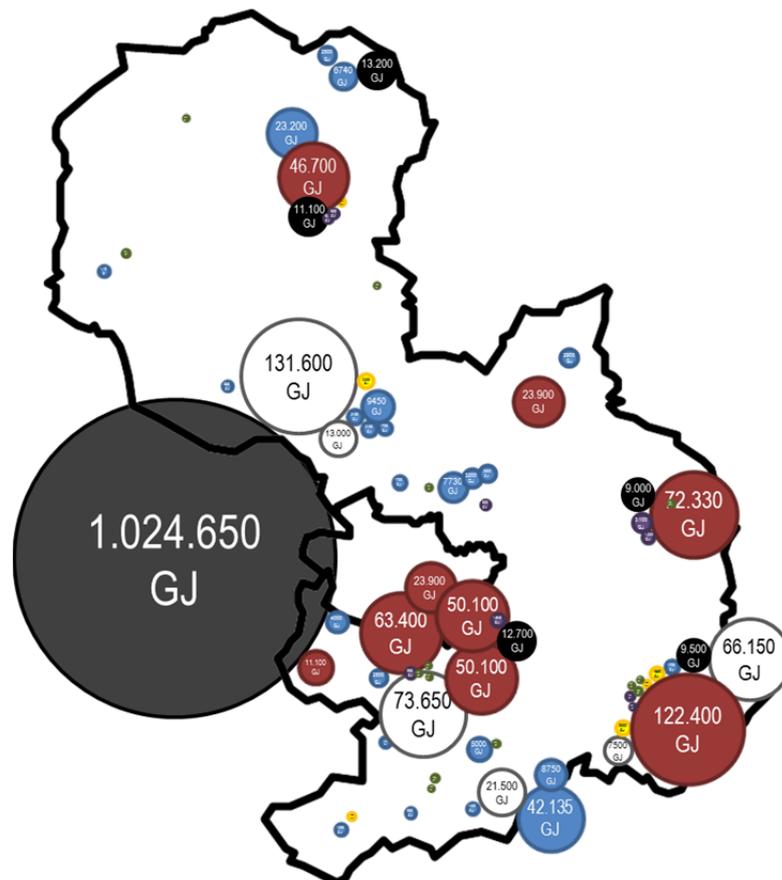
Dipl.-Ing. Christian Waldhoff

Prof. Dr.-Ing. Matthias Reckzügel

- Innovative Energiesysteme -

Hochschule Osnabrück

Mai 2014



ReWIn – Regionales Wärmekataster Industrie

Strategieentwicklung für die systematische Optimierung der Abwärmenutzung in Industrie und Gewerbe

Juni 2014

Autoren: Dipl.-Ing. Christian Waldhoff
Prof. Dr.-Ing. Matthias Reckzügel
- Innovative Energiesysteme -
Hochschule Osnabrück
Postfach 1940
49009 Osnabrück



Kooperationspartner:
Kompetenzzentrum Energie
Science to Business GmbH
der Hochschule Osnabrück
Artilleriestraße 44
49076 Osnabrück



Landkreis Osnabrück
Fachdienst Umwelt,
Abt. Klima und Energie
Am Schölerberg 1
49082 Osnabrück



Diese Studie wurde gefördert durch Mittel
des europäischen Fonds für regionale
Entwicklung EFRE.



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Einordnung	7
1.1 Abwärmekataster als Beitrag zum Klimaschutz	7
1.2 Die Perspektive für den Landkreis Osnabrück.....	10
1.3 Gesetzlicher Rahmen und Wärmenutzungsplanung.....	10
1.4 Vorteile und Hemmnisse bei der industriellen Abwärmenutzung.....	13
2. Abwärmenutzung: Methodik und Potenzialbewertung.....	15
2.1 Potenzialdefinitionen	16
2.2 Charakterisierung des Abwärmestroms	17
2.2.1 Qualität und Quantität des Wärmestroms	17
2.2.2 Analyse der Eignung von Quelle und Senke.....	18
2.2.3 Speicherung und Transport.....	20
2.3 Datenaufnahme Abwärmepotenzial	20
2.3.1 Top-Down: Abschätzung	21
2.3.2 Bottom-Up: Datenabfrage und Messung.....	21
3. Situation der Abwärmenutzung	22
3.1 Hemmnisse	22
3.2 Positive Einflussmöglichkeiten	23
4. Systematik in der Abwärmenutzung	25
4.1 Betriebsinterne Verwendung	25
4.2 Externe Verwendung	25
4.3 Struktur Wärmesenken	25
5. Technologie der Abwärmenutzung	27
5.1 Direkte Nutzung.....	28
5.1.1 Wärmeübertrager	28
5.1.2 Wärmespeicher	29

5.1.3	Wärmenetze	32
5.2	Indirekte Nutzung	33
5.2.1	Wärmepumpen	33
5.3	Elektrizität aus Abwärme.....	35
5.3.1	ORC und Kalina-Prozess	36
5.3.2	Stirling-Motor	37
5.3.3	Direkte Stromerzeugung	38
6.	Struktur der Wirtschaftsregion Landkreis Osnabrück	39
6.1	Beschäftigungsstarke Wirtschaftszweige	39
6.2	Datengrundlagen	41
6.2.1	Statistische Daten der Ämter	42
6.2.2	MARKUS Wirtschaftsdatenbank.....	42
6.2.3	Vergleichbarkeit der Daten	43
6.3	Energieintensive Branchen	43
6.3.1	Gesamter Energiebedarf im Landkreis.....	43
6.3.2	Energieverwendung der wichtigsten Branchen.....	44
6.3.3	Sonderfall Metallerzeugung WZ 24 und Georgsmarienhütte GmbH	45
7.	Charakterisierung der Schwerpunkte industrieller Branchen	47
7.1	Herstellung von Nahrungsmitteln (WZ 10).....	48
7.2	Papier- und Zellstoffindustrie (WZ 17)	49
7.3	Gummi- und Kunststoffwaren (WZ 22)	50
7.4	Glas, Ziegel und Baukeramik (WZ 23).....	50
7.5	Stahlerzeugung (WZ 24)	52
7.6	Metallverarbeitung und Maschinenbau (WZ 25 und WZ 28).....	54
7.7	Übersicht Temperaturbedarf der Branchen.....	55
8.	Beispiele der Abwärmenutzung für typische Branchen des Landkreises Osnabrück (Best Practice).....	57

8.1	Nahrungsmittel (WZ 10)	57
8.2	Papier- und Zellstoff (WZ 17).....	58
8.3	Gummi- und Kunststoffwaren (WZ 22)	59
8.4	Glas, Ziegel und Baukeramik (WZ 23).....	59
8.5	Stahlerzeugung (WZ 24)	60
8.6	Metallverarbeitung und Maschinenbau (WZ 25 und 28).....	62
9.	Mittlere Abwärmepotenziale im Landkreis Osnabrück.....	63
9.1	Übersicht Kennwerte Abwärmepotenziale	63
9.2	Mittleres Gesamtpotenzial für den Landkreis Osnabrück.....	64
9.3	Energieverwendung der Branchen als Grundlage.....	65
9.4	Mittleres Abwärmepotenzial der wichtigsten Branchen	66
9.5	Abwärmepotenziale nach Branchen	68
9.6	Vergleich der ermittelten Potenziale	70
9.7	Technische, wirtschaftliche und umsetzbare Potenziale	71
10.	Regionale Verteilung der Abwärmepotenziale nach Branchen	73
10.1	WZ 24 Metallerzeugung	73
10.2	WZ 23 Ziegel und Keramik.....	74
10.3	WZ 10 Nahrungs- und Futtermittel	74
10.4	WZ 17 Papier und Pappe	75
10.5	WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren.....	75
10.6	WZ 25 Metallerzeugnisse	76
10.7	WZ 28 Maschinenbau	76
10.8	Zusammenfassung der wichtigsten Branchen.....	77
11.	Analyse bereits entwickelter Leitfäden, bestehender Wärmealanten und Portale....	79
11.1	Leitfäden und Methodenkataloge zur regionalen Potenzialbewertung.....	79
11.1.1	Leitfaden Wärmelandkarte Bayern	79
11.1.2	Wärmealas Baden-Württemberg	80

11.1.3	Potenzialstudie Deutschland vom IZES	80
11.1.4	Deutsche Begleitforschung: Nutzung industrielle Abwärme	80
11.1.5	Abwärmestudien Norwegen und USA	81
11.1.6	Vergleich der betrachteten Leitfäden	81
11.2	Portale, Atlanten und Kataster	82
11.2.1	Energie-Atlas Bayern	82
11.2.2	Energieportal Sachsen	83
11.2.3	Abwärmekataster Steiermark	83
11.2.4	Abwärmepotenzialkataster Thüringen	84
11.2.5	Vergleich bestehender Abwärmeportale	84
12.	Bestehende Wärmenetze und Abwärmekooperationen	86
12.1	Wärmenetze	86
12.2	Abwärmekooperationen	88
13.	Datenschutz	89
13.1.1	Datenaufnahme und Recherche	89
13.1.2	Einschränkungen bei der Nutzung eines Katasters	89
14.	Strategiekonzept für die Umsetzung eines Abwärmekatasters	90
14.1	Erfassung der Abwärmepotenziale im Landkreis (Sekundärerhebung)	90
14.1.1	Datenbasis	90
14.1.2	Berechnung des Abwärmepotenzials	91
14.1.3	Bewertung	91
14.1.4	Identifikation von Hot Spots	92
14.2	Betriebsgenaue Berechnung des Abwärmepotenzials (Primärerhebung)	93
14.2.1	Individuelle Evaluation der Hot-Spots	93
14.2.2	Fragenkatalog und Checklisten	93
14.3	Erhebung des Wärmebedarfs	94
14.3.1	Flächenerhebung des Heizwärmebedarfs für Wohnen und Industrie	95

14.3.2	Industrieller Wärmebedarf Heizen und Prozesswärme.....	96
14.4	Findung möglicher Abwärmekooperationen und Betreiber.....	97
14.4.1	Förderung möglicher Abwärmepartnerschaften.....	97
14.4.2	Betreibermodell.....	97
14.5	Onlineportal GIS Kataster.....	98
14.6	Technologiekatalog und Bewertung.....	99
14.7	Methodischer Überblick und Strategie Abwärmekataster.....	101
15.	Zusammenfassung und Ausblick.....	102
15.1	Zusammenfassung der Studie zum Strukturkonzept.....	102
15.2	Ergebnisse.....	103
15.3	Ausblick.....	103
16.	Literaturverzeichnis.....	105

1. Einleitung und Einordnung

Das Anfallen erheblicher Mengen Abwärme ist aus physikalischen, technischen und auch wirtschaftlichen Gründen in der industriellen Produktion oft nicht vermeidbar. Geringe Energiepreise und fehlende technische Möglichkeiten wirkten lange Zeit hemmend auf die Entwicklung neuer effizienter technischer Methoden und Ansätze der Abwärmenutzung. Nicht nur klimapolitisch sind mittlerweile die Bereitschaft und das Interesse an einer Nutzung groß, für viele Betriebe kann es auch wirtschaftlich interessant sein, Abwärme zu nutzen, zu verkaufen oder zu beziehen. Um diesen Prozess zu stützen und zu beschleunigen, werden immer mehr Beispielprojekte und Info-Plattformen initiiert und gefördert.

Diese Studie dokumentiert die Strategieentwicklung für ein **regionales Wärmekataster Industrie (ReWin)** im Landkreis Osnabrück. Als Ergebnis liegen damit neben einer Einordnung der Aufgabe, eine Analyse der technischen Möglichkeiten und eine Handlungsstrategie für die Umsetzung eines industriellen Abwärmekatasters vor.

1.1 Abwärmekataster als Beitrag zum Klimaschutz

Auch wenn immer gilt: „Abwärme zu vermeiden ist besser als Abwärme zu nutzen“, darf das energetische Potenzial der Abwärme nicht unterschätzt und vernachlässigt werden. Besonders vor dem Hintergrund des Klimaschutzes besteht auf diesem Gebiet Handlungsbedarf, weshalb von europäischer bis zu kommunaler Ebene Projekte entstehen und gefördert werden. Kaum eine „Energiequelle“ ist technisch so einfach zu erschließen wie die Abwärme. Die Abwärmeverluste bei der Erzeugung von Strom in thermischen Kraftwerken Deutschlands liegen bei rund 3.000 PJ im Jahr und sind damit größer als der Energiebedarf für die gesamte Raumheizung (DLR 2012). Auch wenn dieses Beispiel recht plakativ und qualitativ unpräzise ist, zeigt es, in welchen Größenordnungen Wärme zurzeit ungenutzt verworfen wird.

Die Ursachen, auftretende Hemmnisse und Probleme werden in dieser Studie dargelegt, ebenso wie Ideen, Möglichkeiten und Technologien, um diese Energie weiter zu nutzen. Schlägt man das bei der Energiewandlung entstehende CO₂ dem ursprünglichen Verwendungszweck zu, so ist dieser Abwärmestrom als klimaneutral zu bewerten.

Für den Fokus der Bundesförderung „Masterplan 100% Klimaschutz“ wird eine systematische Untersuchung des Abwärmepotenzials und deren regionale Umsetzung immer wieder betont und in begleitenden Forschungen und Auswertungen gefordert (Ziesing 2010). In verschiedenen Untersuchungen wurde schon mehrfach festgestellt, dass die Nutzung der industriellen Abwärme insgesamt nur unzureichend erfolgt und hier ein erhebliches Potenzial

an umweltschonender „Energiereserve“ liegt (Coplan AG 2012). Auch der Landkreis Osnabrück hat sich im Zusammenhang mit der Beteiligung am „Masterplan 100% Klimaschutz“ dieses Thema zur Aufgabe gemacht (Vagelpohl, et al. 2011). In diesem vom Bundesministerium für Umwelt geförderten Programm wurden neben dem Landkreis Osnabrück weitere 18 Kommunen ausgewählt, die innerhalb von vier Jahren eine kommunale Strategie mit konkreten Maßnahmen für die Senkung der CO₂-Emissionen um 95% bis zum Jahr 2050 erarbeiten. Weltweit geht etwa die Hälfte der industriell eingesetzten Energie als Abwärme ungenutzt verloren. Dabei gibt es in Deutschland schon mehr als 17.000 Anlagen zur Abwärmenutzung, aber nur 2.000 sind laut Fachmagazin energy2.0 April 2012 im industriellen Sektor auf der Prozessebene zu finden (energy2.0 2012). Die übrigen 15.000 Anlagen liegen im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung. Da bei der KWK-Technik Wärme ebenfalls eine der Zielenergien ist, kann hier aber wohl kaum von „echter“ Abwärme gesprochen werden.

Abbildung 1 zeigt den enormen Betrag an industrieller Prozesswärme (Bezug Endenergie) in Deutschland im Vergleich zum Bedarf an Energie für Raumwärme und Warmwasser. Geht man davon aus, dass die Prozesswärme in der Industrie häufig bei höheren Temperaturen benötigt wird, so ist das Potenzial erkennbar, die dort anfallende Abwärme auf niedrigerem Niveau nutzen zu können. Nur knapp ein Zehntel der deutschen Unternehmer in der

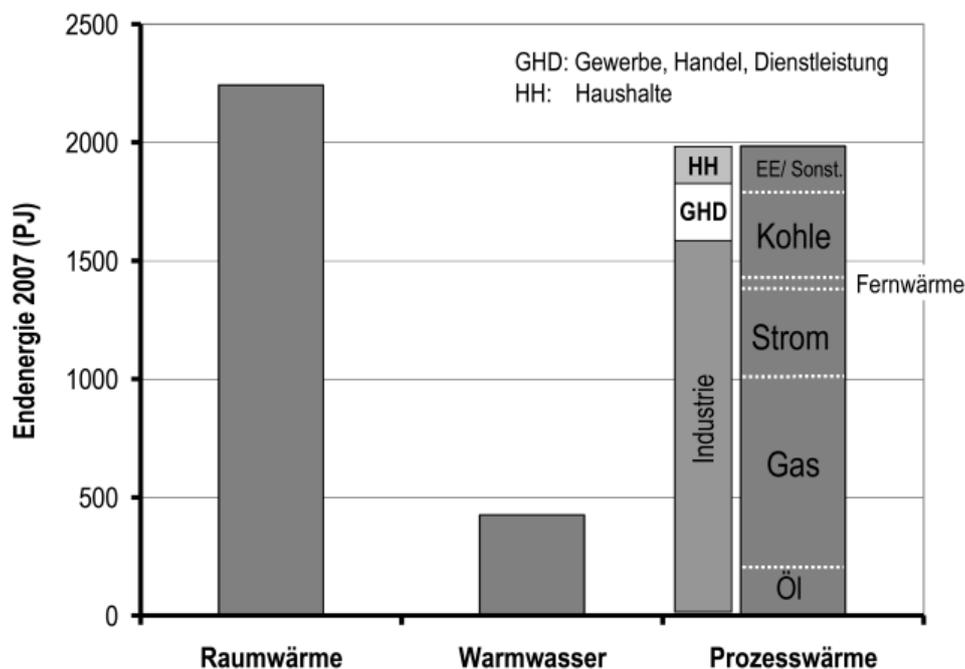


Abbildung 1: Vergleich Endenergie Prozesswärmebedarf und Gesamtwärmebedarf in Deutschland nach BMWi 2010 aus (Pehnt, et al. 2010).

Industrie gehen davon aus, dass sie ihre Energiepotenziale vollständig ausschöpfen (Hirzel, et al. 2013).

Zudem werden 2/3 der Endenergie in Deutschland in industriellen Prozessen eingesetzt, also in der Regel bei höheren Temperaturen als zu Heizzwecken nötig. Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Endenergie nach Anwendung in der deutschen Industrie für 2011.

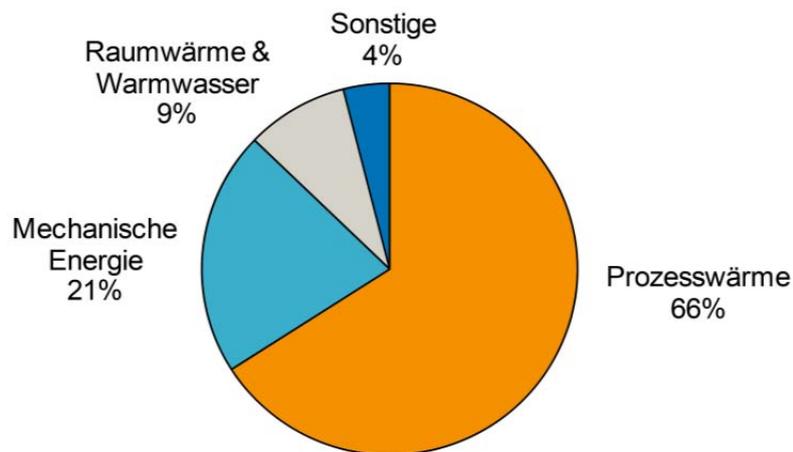


Abbildung 2: Endenergiebedarf der deutschen Industrie nach Anwendungen 2011
(Hirzel, et al. 2013)

Nach einer Studie der TU Graz für die Steiermark in Österreich beläuft sich das Abwärmepotenzial der Industrie des Landes auf ca. 15% ihres Gesamtenergiebedarfs (Schnitzer 2012). Im „Leitfaden für Abwärmenutzung in Kommunen“ vom Landesamt für Umwelt Bayern werden 20-30% der eingesetzten Energie als Abwärme ausgewiesen (EU-Consult 2008). Eine deutsche Begleitforschung ermittelt ca. 12% der industriell eingesetzten Endenergie (1.600 PJ) als Abwärmepotenzial bei über 140°C (316 PJ) und ca. 6% bei 60-140°C (160 PJ), vgl. (Pehnt, et al. 2010) und (Pehnt, et al. 2011). Damit werden insgesamt ebenfalls ca. 18% der eingesetzten Endenergie als Abwärme beschrieben. Die Studie stützt sich hierbei auf statistische Daten und Studien aus den USA (Pellegrino, Margolis und al 2004) und Norwegen (Sollesnes und Helgerud 2009). Diese Größenordnungen an Abwärmepotenzial können als typisch für Industriestaaten angesehen werden und zeigen die Größe der bisher meist ungenutzten Energiemenge (Coplan AG 2012).

Ein umfangreiches Verteilnetz für diese Wärme ist natürlich nur punktuell oder in einigen großen Städten vorhanden. In Deutschland ist der Anteil an Abwärmern zur Nutzung in Wärmenetzen zwar von 1% (2010: 3.762 TJ) auf 2% gestiegen (2011: 4.516 TJ), stellt aber immer noch nur einen verschwindend kleinen Anteil an den ca. 300.000 TJ im Jahr an Wärmedurchsatz in den Netzen dar (AGFW 2012).

1.2 Die Perspektive für den Landkreis Osnabrück

Solche Zahlen versprechen auch für die Region des Osnabrücker Landes umweltschonende nutzbare Energiequellen und eine merkliche Steigerungen der Energieeffizienz durch die systematische Erhebung und Nutzung der Abwärme. Geht man, wie oben dargestellt, von 15 bis zu 30% theoretisch nutzbarem Abwärmeanteil vom Energiebedarf der Industrie aus, so kann für den Landkreis mit einem erheblichen Potenzial gerechnet werden.

Während allgemeine Zahlen und Daten zum Thema zwar verfügbar sind, gibt es wenig Grundlagen und Ansätze für spezifische Abwärmepotenziale einzelner Industriezweige und Gewerbe, die auch regional zu schnelleren und einfacheren Lösungen der Abwärmennutzung beitragen könnten. Es besteht aus heutiger Sicht in weiten Teilen ein Mangel an Informationen und Lösungsmethoden.

Das vorliegende Strukturkonzept entwickelt eine Methode, mit der angepasst an den Landkreis Osnabrück systematisch die Potenziale an Abwärme erfasst und dargestellt werden können. Des Weiteren werden Technologien und Ansätze aufgezeigt, wie dieses Potenzial effektiv genutzt werden kann. Ergebnis ist das Konzept für ein Abwärmekataster des Landkreises Osnabrück, welches es ermöglicht, das Angebot an Abwärmequellen und die Wärmesenken leicht zugänglich zu bündeln. Mittels einer Umsetzung in ein Online-Portal könnten diese Synergien einfacher zu erkennen sein und nutzbar gemacht werden. Neben den Informationen über Angebot und Nachfrage werden auch geeignete Technologien dargestellt, die diese Potenziale effektiv nutzen können.

Die Feststellung des Wärmebedarfes in der Region ist nicht Bestandteil dieser Studie. Hier kann auf Arbeiten im integrierten Klimaschutzkonzept des Landkreises zurückgegriffen werden, in denen die Bedarfsstruktur näher erfasst wurde (Vagelpohl, et al. 2011).

1.3 Gesetzlicher Rahmen und Wärmenutzungsplanung

In Deutschland gibt es bisher keine breite gesetzliche Grundlage zur Wärmenutzung, wie z. B. eine kommunale Wärmenutzungsplanung, die eine optimierte Ausnutzung der Wärmeenergie fordert. Anfang der 90er Jahre wurde die Einführung einer Wärmenutzungsverordnung im Rahmen des Bundesimmissionsschutzgesetzes geprüft. Betreiber großer Energieanlagen sollten zuerst nachweislich den Verbrauch vermindern, Wärme zurückgewinnen und Abwärme extern abgeben müssen, sofern es wirtschaftlich und technisch zumutbar wäre. Die Lobby der Industrie und Energieversorger konnte dies damals nur durch eine Selbstverpflichtung zur CO₂-Minderung abwenden. Bestrebungen eines solchen Energieaudits auf

kommunaler Ebene will die Bundesregierung aber wieder aufnehmen, sobald die Verpflichtungen nicht mehr ausreichend erfüllt sind, vgl. auch S.257 (Pehnt, et al. 2011). Eventuell kommt aber auf Basis der europäischen Effizienzrichtlinie eine solche Verordnung wieder in die Diskussion.

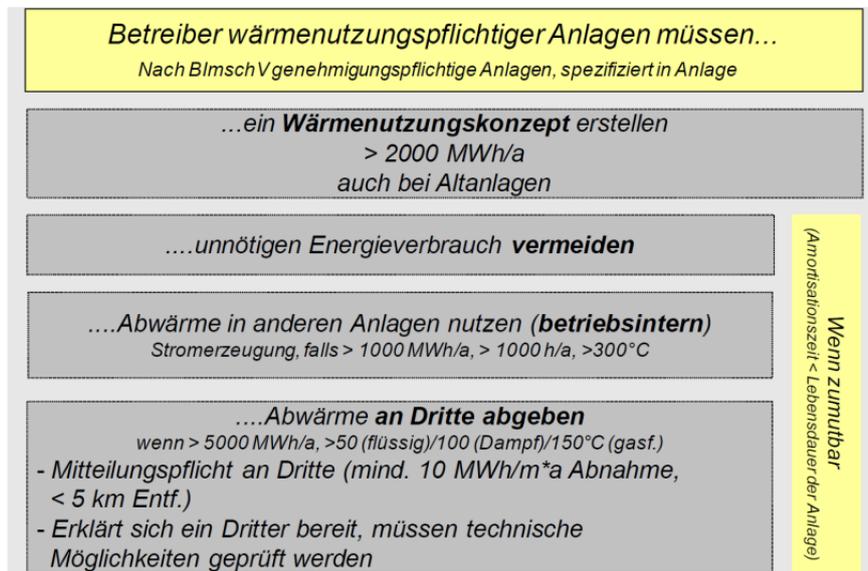


Abbildung 3: Beispielhaftes Vorgehen bei einer Abwärmeverordnung aus (Pehnt, et al. 2011).

Abbildung 3 verdeutlicht ein beispielhaftes Vorgehen. Viele energieintensive Industriezweige kommen in den Genuss günstiger steuerlicher Sonderregelungen, z. B. bei der Ökosteuer, der Energiesteuer oder auch der EEG-Umlage. Auch höhere Energiepreise können einen sparsameren Umgang mit Energie und eine weitgehende Nutzung von Abwärme durch kürzere Amortisationszeiten begünstigen.

Allein das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) verpflichtet seit 2008 bei Neubauten jeglicher Art auf ein Mindestmaß an Nutzung regenerativer Energiequellen. Die Nutzung von Abwärme könnte z. B. aber auch im Erneuerbare-Energien-Gesetz berücksichtigt und gefördert werden. Zurzeit wird eher auf die Belohnung bei der Errichtung von effizienten und umweltschonenden Anlagen gesetzt, z. B. Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz, Förderung von Wärmepumpen etc..

Als gesetzliche Mittel wären Vorschriften zur energieeffizienten Ausnutzung von Brennstoffen, Nutzung von regenerativen Energien oder Umweltwärme ein Weg, um auch die Abwärmeverwertung weiter voranzutreiben. Vorrangregelungen für technische Systeme wie Wärmenetze, Solarkataster, Beratungsprogramme u. a. gäben neuen Wegen der effizienten Energienutzung mehr Chancen und neue Impulse.

Kommunen haben in Deutschland wenig Handhabe, Wärmenutzungspläne aufzustellen und umzusetzen. Bisher gehört dies nicht zu ihren eigentlichen Aufgabenbereichen und es bedarf einer qualifizierten und langfristigen Betreuung, um auf diesem Gebiet Erfolg zu haben. So sieht es auch der Endbericht für die Nationalen Klimaschutzinitiativen (Pehnt, et al. 2011). Abbildung 4 zeigt, welche Punkte und Bereiche z. B. bei der Erstellung von Wärmealanten gemäß einer Studie des Institutes für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung IER für Baden-Württemberg generell für wichtig erachtet werden.

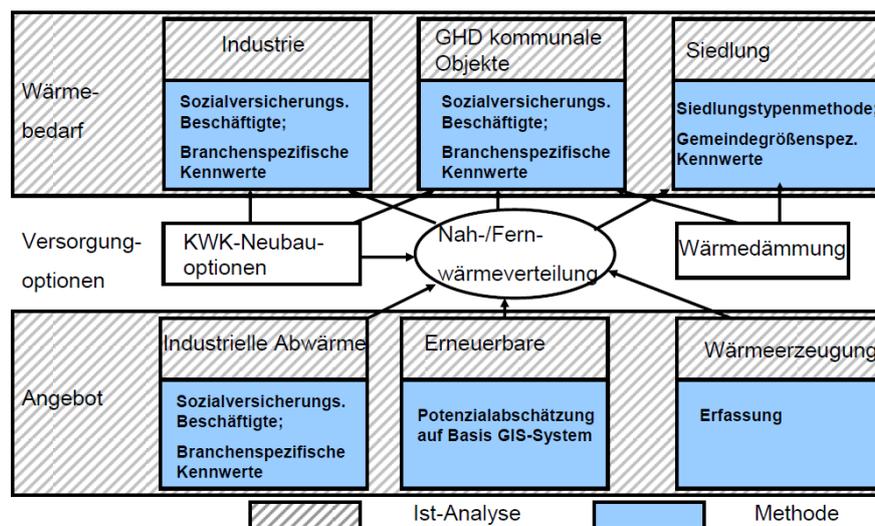


Abbildung 4: Vorgehen bei der Erstellung von Wärmealanten aus (Blesl, Kempe, et al. 2008)

Orientierung für solche Ansätze können auch Beispiele sogenannter Wärmenutzungspläne geben. In Dänemark müssen Kommunen seit 1978 solche Pläne aufstellen, um darin den aktuellen und zu erwartenden Wärmebedarf zu dokumentieren. Ebenfalls muss in diesem Prozess das Potenzial des lokalen Abwärmeangebotes, der erneuerbaren Energien und möglicher Energieeffizienzsteigerungen betrachtet werden. Die Pläne werden überregional zusammengefasst, um generelle Strategien entwickeln zu können. Das Ergebnis dieser Politik ist heute eine Verdichtung von dezentralen Wärmenetzen und ein hoher Anteil an KWK-Nutzung in Dänemark (Pehnt, et al. 2011).

Seit 1999 regelt das Energiegesetz in der Schweiz die Belange in puncto erneuerbare Energien, Effizienz und Einsparung. Bevor ein fossiles Kraftwerk gebaut wird, muss die Nutzung von Abwärme und regenerativer Energien geprüft werden. Auch diese Daten werden regelmäßig überregional zusammengefasst und müssen in die kommunale Energieplanung einfließen (Pehnt, et al. 2011).

Als Beispiele einer Umsetzung von Wärmekarten sei hier das Energieportal des Sächsischen Energieagentur SAENA (saena 2014) und der Energieatlas Bayern (Bayr. Landesamt für Umwelt, Energie-Atlas Bayern 2.0 2014) genannt. Abbildung 5 vermittelt einen Eindruck vom interaktiven Energieatlas Bayern, der Informationen in verschiedenen Themen und Tiefen bündelt. Es ist auch eine Abwärmebörse integriert. In Kapitel 11 wird die Struktur bestehender Kataster näher analysiert und dargestellt.



Abbildung 5: Ausschnitt interaktiver Energie-Atlas Bayern mit Abwärmequellen, Zugriff: www.energieatlas.bayern.de 19.3.2014 um 9:00 (Bayr. Landesamt für Umwelt, Energie-Atlas Bayern 2.0 2014)

1.4 Vorteile und Hemmnisse bei der industriellen Abwärmenutzung

Viele Vorteile, besonders aus Sicht der Energieeffizienz und des Ressourcenschutzes liegen auf der Hand.

- Verringerung der Belastung der Umwelt durch Schadstoffe und Abgase
- Geringerer Endenergiebedarf bzw. geringere Energiekosten
- Möglicherweise reduzierte technische Aufwendungen z. B. Raumwärme, etc.
- Steigerung der Energieproduktivität (Produkte pro Energieeinheit)
- Imagegewinn

Aber nicht ohne Grund ist der Nachholbedarf in diesem Bereich groß. Es bestehen Gründe für die zögerliche Umsetzung:

- Bedenken bezüglich der eigenen Betriebssicherheit, besonders in der Produktion und im Betriebsablauf

- Schaffung von außerbetrieblichen Abhängigkeiten
- Geringe Energiekosten machen Energieeffizienzmaßnahmen weniger wirtschaftlich
- Wirtschaftlichkeit oft erst nach vielen Betriebsjahren gegeben
- Fehlende Kompetenz im eigenen Haus
- Administrativer Aufwand und langwierige Genehmigungsverfahren
- Unter Umständen zusätzliche Investition in redundante technische Reserven, z. B. Heizkessel oder Kühltürme

In Kapitel 3 wird genauer auf Hemmnisse für die Umsetzung von Abwärmekooperationen eingegangen. Schafft man es aber, einige der genannten Nachteile zu entkräften und die positiven Punkte zu stärken, so kann der gesamte Prozess eine stärkere eigene Dynamik entwickeln und auch ohne weitere gesetzliche Regelungen schneller umgesetzt werden. Zusätzlich sollten Angebote vornehmlich im Bereich Know-how und Information gemacht werden, um den Prozess zu unterstützen. Ein Wärmekataster ist ein wichtiger Schritt in diese Richtung.

2. Abwärmenutzung: Methodik und Potenzialbewertung

Energien können ineinander umgewandelt aber weder gebildet noch vernichtet werden (1. Hauptsatz Thermodynamik). Die Energieumwandlung oder Transformation ohne zusätzlichen Arbeit kann nur in Richtung niedriger Temperatur geschehen (2. Hauptsatz Thermodynamik). Die Hauptsätze zeigen klar, dass Prozesswärmeströme als Abwärme in den Bereich niedrigerer Temperaturen verschoben werden. Diese Potenziale gilt es zu erkennen und zu nutzen, denn auch auf niedrigem Temperaturniveau kann Wärme noch sinnvoll und klimaschonend eingesetzt werden, z. B. als Heizwärme.

Als generelles Vorgehen auch im Sinne des Klimaschutzes empfiehlt unter anderen die Sächsische Energieagentur SAENA in Ihrem Bericht „Technologie der Abwärmenutzung“ (saena-2 2012) folgende Ordnung:

1. Verminderung von Abwärme, z. B. durch Dämmung, etc.
2. Reintegration in den Prozess, z. B. mit Wärmerückgewinnung, Vortrocknung, usw.
3. Betriebsinterne Verwendung, z. B. durch Integration in andere Prozesse oder die Raumheizung / Warmwasserbereitung
4. Transformation in andere Nutzenergieformen, z. B. elektr. Energie, Kälte,...
5. Abgabe an Dritte, z. B. zur Beheizung, etc.

Dies ist sicher der richtige Weg, da durch den Vorrang der internen Verwendung bessere Voraussetzungen für einen verlässlichen und wirtschaftlichen Betrieb gegeben sind. Mit steigenden Energiekosten wird dieser betriebliche Optimierungsprozess schon vielfach in der

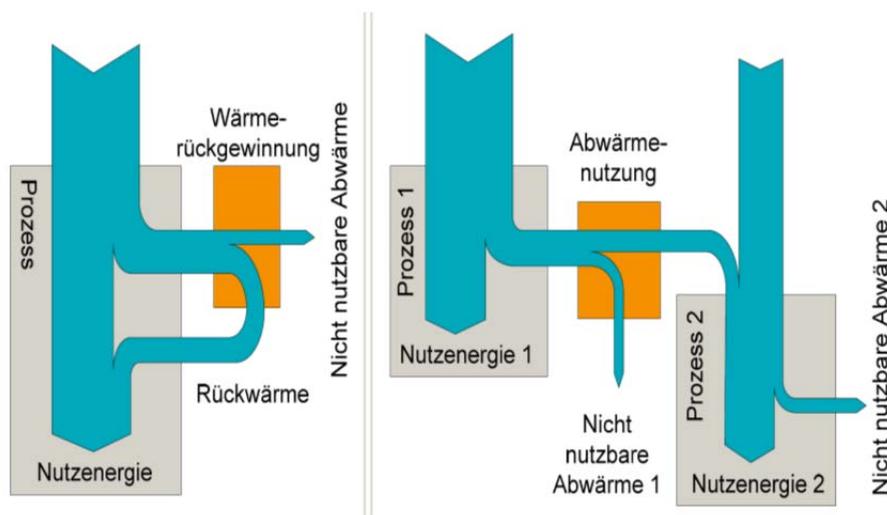


Abbildung 6: Wärmerückgewinnung (links) und Abwärmenutzung als Schema (rechts) aus (Hirzel, et al. 2013)

Industrie verfolgt und umgesetzt. Kann ein Energiestrom aber nicht mehr im selben Betrieb genutzt werden, so ergeben sich beim Export der Wärme ganz neue Probleme aber auch Chancen, die es gilt, weitest möglich zu erkennen.

Zur Verdeutlichung zeigt Abbildung 6 schematisch die interne Wärmerückgewinnung in einem Prozess und rechts die Nutzung der Abwärme aus Prozess 1 für Prozess 2.

Die Literaturrecherchen und persönliche Gespräche mit Beteiligten in den Betrieben haben gezeigt, dass in energieintensiven Industriebetrieben eine stärkere Durchdringung mit effizienten Techniken zu beobachten ist. Energie wird mehr und mehr zu einem entscheidenden Kostenfaktor. Aber die möglichst vollständige und effektive Nutzung von Energie sollte auch für kleinere und weniger energieintensive Zweige umgesetzt werden, um für eine Klimaentlastung zu sorgen.

2.1 Potenzialdefinitionen

Bei der Ermittlung und Diskussion von Abwärmepotenzialen muss sauber zwischen den verschiedenen Qualitäten und Ebenen der Begrifflichkeiten unterschieden werden. Wird aus den Energiebedarfen verschiedener Zweige ein Potenzial berechnet ohne genauer auf Technik und Anwendungen einzugehen, dann spricht man in der Regel vom *theoretischen* Potenzial, das real nicht erreicht werden kann, aber rein physikalisch vorhanden ist. Wird in der Bewertung nach Technologien und Einsatzbereichen unterschieden, so kommt man zu geringeren Werten, nämlich dem *technischen* Potenzial. Hier sollten typische Temperaturen, Wirkungsgrade und Leistungsbereiche der Technologien bereits berücksichtigt sein. Während dieses Potenzial von der fortschreitenden technischen Entwicklung beeinflusst wird, sagt das *wirtschaftliche* Potenzial etwas über die ökonomische Umsetzbarkeit aus. Neben vielen anderen Randbedingungen, wie z. B. Energiepreise und Zinsentwicklung, sollte hier klar gemacht werden, ob das System eher einer betriebswirtschaftlichen oder volkswirtschaftlichen Bewertung unterzogen wird.

Das wirtschaftliche Potenzial der Umsetzung von Maßnahmen der Abwärmenutzung ist auch als umsetzbares Potenzial zu verstehen, da die

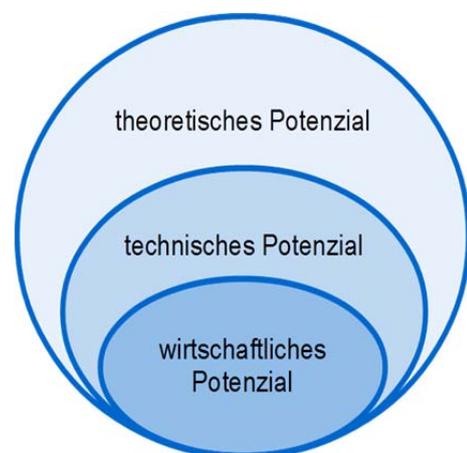


Abbildung 7: Systemskizze der verschiedenen Potenziale (eigene Darstellung)

finanzielle Bewertung in der Regel das entscheidende Kriterium ist. Bei Betrachtungen globaler energetischer Potenziale ist dies besonders im Hinblick auf politische Entscheidungen und Fördermaßnahmen wichtig. Abbildung 7 zeigt qualitativ die Ebenen der Potenzialbegriffe.

2.2 Charakterisierung des Abwärmestroms

2.2.1 Qualität und Quantität des Wärmestroms

Auch bei verbesserter effektiver Technik fällt in industriellen Prozessen und Anlagen oft Wärme auf niedrigerem Temperaturniveau an. In der Regel ist der Wärmestrom an ein Medium gebunden, z. B. Luft, Wasser, Öl oder Dampf, sodass er in der Regel mittels eines Wärmeübertragers übergeben oder unter bestimmten Voraussetzungen auch gespeichert werden kann. Das wichtigste Merkmal neben Leistung und Energiemenge ist das nutzbare Temperaturniveau. Liegt die Wärme aber diffus vor, z. B. als Strahlungsenergie oder Wärmestrom an die Umgebung, so ist die technische Nutzung in der Regel deutlich schwieriger.

Für das Potenzial des mediengebundenen Abwärmestroms P_{AW} ist neben der spezifischen Wärmekapazität c_p und dem Massenstrom \dot{m} noch die Temperaturdifferenz zwischen Abwärmestrom T_{AW} und der Umgebung bzw. dem Niveau der Wärmesenke T_U entscheidend, vgl. Formel (1).

$$P_{AW} = c_p \dot{m} (T_{AW} - T_U) \quad (1)$$

Weitere wichtige Merkmale eines Wärmestromes sind:

- Verfügbare Energiemenge
- Zeitliche Verfügbarkeit (kontinuierlich oder schwankend, saisonal, Anzahl der Volllaststunden pro Jahr, etc.)
- Medium der Abwärme (Abgas, Kühlwasser, etc.)
- Verschmutzung des Mediums (Staub, Dampf, Öl, etc.)

Erst unter Berücksichtigung all dieser Faktoren ist die Abwärmequelle ausreichend beschrieben, um die Eignung einer weiteren Nutzung klären zu können. Oft sind nicht alle Daten auf Anhieb bekannt, sodass für erste Abschätzungen nur Temperatur und ungefähre Leistungsangaben zur Verfügung stehen, vgl. auch (saena-2 2012).

Abbildung 8 zeigt beispielhaft verschiedene typische Anwendungen der Abwärmenutzung und deren typische Temperaturniveaus. Mittlerweile gibt es einige Veröffentlichungen, die branchenspezifisch die Art der Prozesse, typische Leistungsbereiche und Temperaturniveaus beschreiben (Fleiter, Schломann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013). Diese helfen dabei Abschätzungen von Temperaturniveau und Abwärmepotenzial bestimmter Betriebe vorzunehmen.

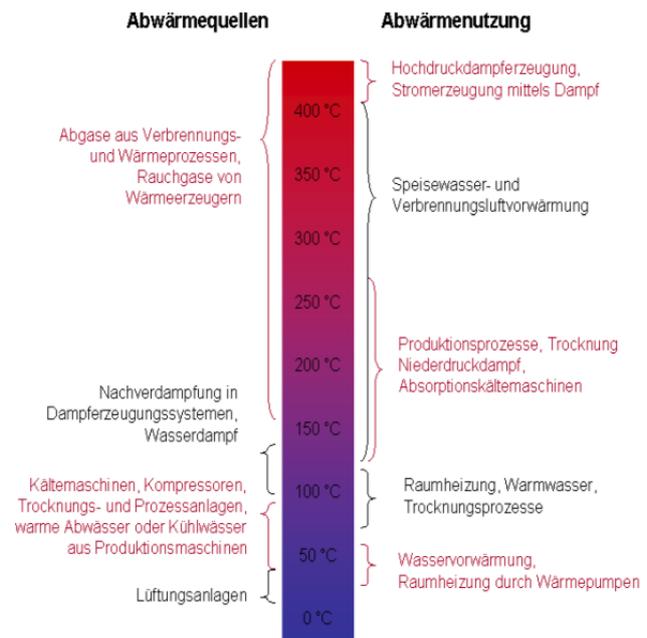


Abbildung 8: Verschiedene Abwärmequellen nach Temperatur und Nutzung (Schmitz 2012)

Bisher besteht keine einheitliche Einteilung der Temperaturen für Abwärmeströme, was hauptsächlich daran liegt, dass prägend für das Niveau die eigentlichen industriellen Prozesse selbst sind. Bestehende Netze zur Wärmeverteilung verfügen in der Regel aus technischen Gründen bzw. wegen der vornehmlichen Nutzung zur Raumbeheizung über Temperaturen im Vorlauf von unter 130°C. Hierdurch wird klar, dass eine Anbindung an bestehende Netze an bestimmte Bedingungen geknüpft sein muss. Abwärmequellen mit geringerer Temperatur entfallen, sind aber noch für andere Heizzwecke nutzbar oder vielleicht für eine Rücklaufanhebung interessant. Die Auskopplung im niedrigen Temperaturbereich z. B. bis 60°C kann schwierig sein, da aufgrund der geringen Temperaturdifferenz zum Nutzungsniveau auch für kleine Wärmeleistungen schon größere Massenströme nötig sind.

2.2.2 Analyse der Eignung von Quelle und Senke

Optimal ist es, wenn die Abwärmequelle in Leistung und Arbeitsvermögen jeweils deutlich höhere Werte aufweist als die Wärmesenke. Dies gilt ebenfalls für die Temperatur, denn für die Wärmeübertragung wird immer eine Temperaturdifferenz benötigt. Je größer die Temperaturdifferenz desto kleiner und kostengünstiger kann der Wärmeübertrager ausfallen. In Abschätzungen werden oft 5 K oder sogar mehr zur Dimensionierung angesetzt. Ist die Temperatur oder die Leistung des Abwärmestroms nicht ausreichend, so kann er auch zur Vorwärmung genutzt werden. Die Nachheizung kann dann durch ein zusätzliches Heizregister gewährleistet werden.

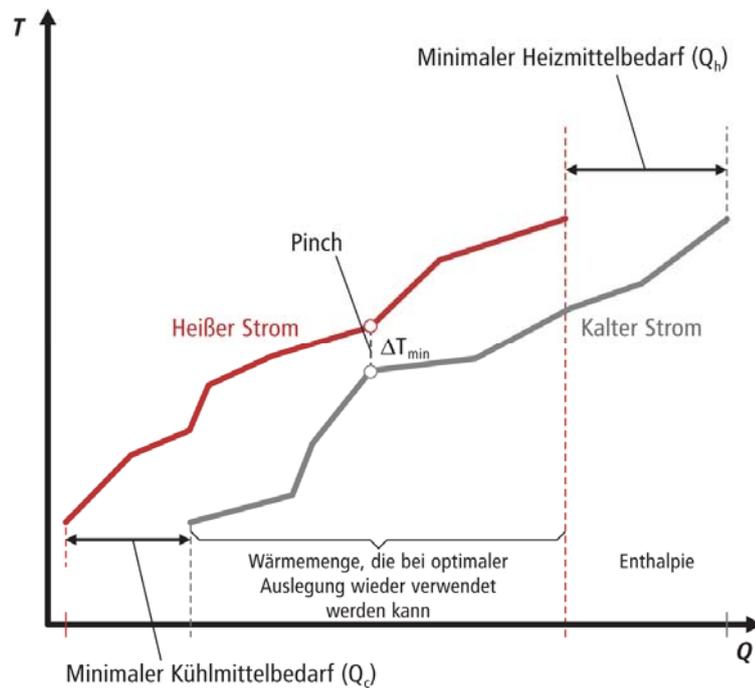


Abbildung 9: Diagramm Pinch-Analyse mit heißem und kaltem Strom aus (March 2003)

Ein Werkzeug um die Eignung verschiedener Wärmequellen und Senken zu analysieren und darzustellen ist die Pinch-Analyse, siehe Abbildung 9 (March 2003). Sie stellt für einen Wärmeprozess die Temperatur über die benötigte Wärmeleistung P (bzw. Q) dar. Mit ihr kann über Temperaturverläufe innerhalb eines Prozesses hinweg die Eignung von Quelle und Senke hinsichtlich etwaiger Nutzungsmöglichkeiten geprüft werden und auch der eventuell notwendige Zusatzheizbedarf kann ermittelt werden.

Was die zeitliche Verfügbarkeit und die Schwankungen betrifft, ist eine hohe Übereinstimmung technisch und auch wirtschaftlich sehr günstig für die Einkopplung eines Abwärmestroms. Andernfalls muss geprüft werden, ob eine temporäre Zwischenspeicherung sinnvoll und machbar ist oder eventuell Zusatzenergie eingesetzt werden muss.

Um Wärmeströme oder auch Energiemengen übersichtlich darzustellen, ist die Erstellung von Sankey-Diagrammen eine häufig verwendete Methode. Abbildung 10 zeigt am Beispiel der Leistungsdaten einer Anlage zur Drucklufferzeugung, wie sich die aufgewendete Energie typischerweise im Prozess aufteilt. Nur ca. 4% der eingesetzten elektrischen Leistung sind wirklich in der Druckluft enthalten. Bis zu 94% der Energieleistung fallen auf verschiedenen Temperaturniveaus als Wärme an.

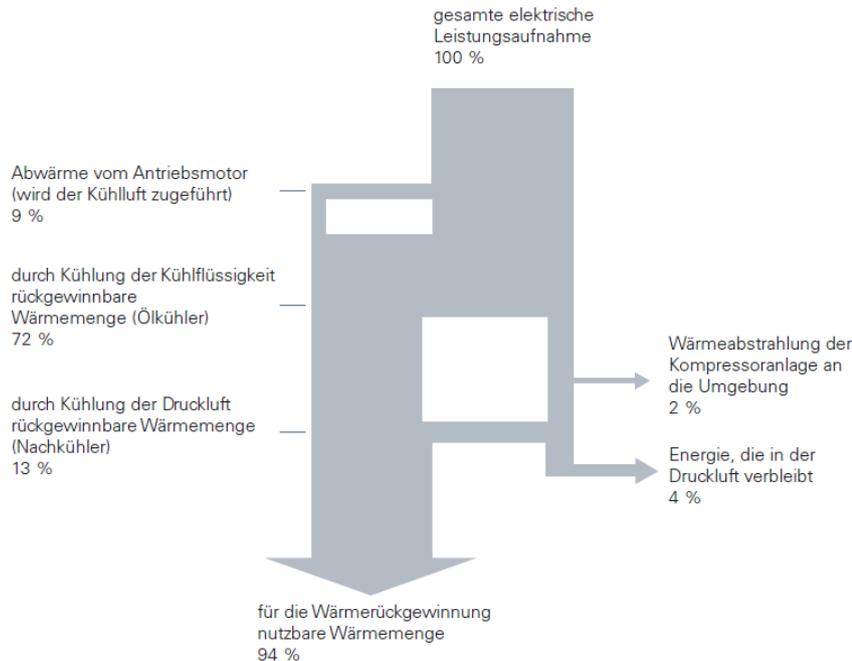


Abbildung 10: Sankey-Wärmediagramm für typische Druckluftherzeugung (Schmitz 2012)

2.2.3 Speicherung und Transport

Sowohl in technischer als auch in organisatorischer Hinsicht ist die Speicherung großer Wärmemengen schwierig. Bereits im Oktober 2008 zeigt ein Artikel im Fachmagazin *energy 2.0*, dass der Transport von gespeicherter Wärme technisch machbar und im Umkreis von 30 km unter Umständen sogar wirtschaftlich sein kann (D. Brüggemann 2008). Es ist aber sicher eine Lösung, die nicht in der Breite und nicht für niedrige Temperaturbereiche sinnvoll ist.

Das Errichten von lokalen Wärmenetzen ist daher die interessante Alternative. Dazu muss aber nicht nur das Angebot an Abwärme einzelner Betriebe bekannt sein, sondern ebenso die Nähe und der Wärmebedarf der Senken.

2.3 Datenaufnahme Abwärmepotenzial

Um Daten für ein Wärmekataster aufzunehmen, müssen die oben genannten Schritte mit konkreten Daten erfasst werden. Es gibt eine Reihe von Veröffentlichungen die Abwärmeströme in Bezug auf typische Energiemengen in der Industrie grob beziffern. Für Potenzialabschätzungen ist diese Verfahrensweise aber nicht ausreichend. Für ein betriebsgenaues aussagekräftiges Kataster sind entsprechend detaillierte Daten erforderlich. Im Folgenden sind kurz übliche Methoden dargestellt, um Datengrundlagen für Abwärmekataster zu schaffen.

2.3.1 Top-Down: Abschätzung

Als eine Top-Down-Methode wird die Abschätzung des Potenzials anhand von typischen Wirkungsgraden der Maschinen und Prozesse vorgenommen. So gelangt man an eine grobe Einschätzung der anliegenden Abwärmemengen, ohne den Betrieb genauer zu kennen. Vorteil ist, dass eine oft schwierige und langwierige Datenaufnahme im Betrieb selbst nicht vorgesehen ist. Spezifische Aussagen können auf dieser Grundlage aber kaum getroffen werden. Es können nur eingeschränkt Angaben zu Temperaturniveau, Leistung, Art des Stoffstroms und Reinheit gemacht werden.

2.3.2 Bottom-Up: Datenabfrage und Messung

Für die Erhebung genauerer Angaben zu einzelnen Industriestandorten und Betrieben ist der Aufwand deutlich höher. Es gibt einmal die Möglichkeit mittels Fragebögen oder Online-Formularen aus den Betrieben konkrete Daten abzurufen. Dies ist sehr aufwändig und stößt zum Teil auf Widerstände, die mit Datenschutz und Betriebsgeheimnissen begründet werden. Branchenkenner können unter Umständen anhand der Energie- und Leistungsdaten Schlüsse auf die Produktivität und die Geschäftszahlen schließen, deshalb wird dieser Methode seitens der Industrie mit großer Skepsis begegnet. In einigen Studien wurde diese Methode umgesetzt, dabei musste aber in vielen Fällen immer wieder die fehlende Kooperationsbereitschaft der Betriebe festgestellt werden (Pehnt, et al. 2010).

3. Situation der Abwärmenutzung

3.1 Hemmnisse

Viele Probleme bei der Lieferung und der Abnahme von Wärme treten erst bei Kooperationen über Betriebsgrenzen hinweg auf, einige sind aber auch bei interner Verwendung wichtig. An dieser Stelle sollen einige typische Faktoren aufgezeigt werden, die in Literatur und Praxis diskutiert werden, vgl. auch (Pehnt, et al. 2010) und (Pehnt, et al. 2011). Letztlich sollte ein Wärmekataster nach Möglichkeit auf diese Punkte eingehen und solche Hemmnisse entkräften.

- Fehlendes Fachwissen über wärmetechnische Möglichkeiten: Dies kann bei kleineren Betrieben auch am fehlenden speziellen Personal liegen, z. B. Facility Manager, Energiebeauftragter, Planer oder Controller, denn Anlagen zur Abwärmenutzung müssen in der Regel individuell ausgelegt und geplant werden.
- Identifikation der Abwärmequellen: Die Prozesse und deren Führung ist für meist fachfremde Nachbarbetriebe nicht zu durchschauen, sodass Potenziale nicht erkannt werden können.
- Identifikation von Wärmebedarf: Ebenso wird der Bedarf an Wärme typischerweise nicht signalisiert, sodass Quellen und Senken nicht abgeglichen werden können.
- Wärmelogistik: Der Bau und der Betrieb eines Wärmenetzes schrecken als zusätzliche Arbeitsfelder ab. Während der Bauzeit und auch während des Betriebs kann es zu Beeinträchtigungen kommen.
- Wirtschaftlichkeit: Eine Rentabilität ist in vielen Anwendungen gegeben, aber besonders die in Betrieben häufig üblichen Ansprüche an sehr kurze Amortisationszeiten (2-3 Jahre) sind meist nicht gegeben.
- Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit: Ein Betrieb verlässt sich nur ungern in der wichtigen Frage der Wärme- und Energieversorgung auf einen Partner, sodass oft auch begründete Vorbehalte gegen eine solche Partnerschaft bestehen.
- Rechtlicher Aufwand: Für den Bau und das Betreiben eines Wärmenetzes müssen bestimmte Voraussetzungen beachtet werden, wie z. B. das Umwelt- und Baurecht oder eventuell sogar das Wasserrecht.

3.2 Positive Einflussmöglichkeiten

Trotz vieler Hemmnisse, gibt es auch einige Umstände, die die Nutzung von Abwärme begünstigen können. Zuerst werden bereits bestehende Anreize genannt, anschließend folgt ein Überblick über wünschenswerte Verbesserungen und neue Ansätze, vgl. auch (Pehnt, et al. 2010).

- Steigende Energiepreise verbessern die Wirtschaftlichkeit solcher Systeme, dies wird in Zukunft ein immer gewichtigerer Punkt werden.
- Durch die Liberalisierung des Energiemarktes befinden sich viele Akteure am Markt, die Know-how bezüglich Planung, Betrieb und Unterhalt von kleinen Wärmenetzen aufgebaut haben, z. B. Contracting-Büros, Stadtwerke etc.. Oft ist auch ein Imagegewinn mit einer solchen umweltschonenden und ökologisch sinnvollen Maßnahme zu verbinden.
- Die Instrumente des Energiecontrolling und des Managements sind so weit fortgeschritten, dass technische und organisatorische Risiken deutlich minimiert werden können bis hin zur Auslagerung an Dritte.
- Sowohl rechtlich als auch versicherungstechnisch sind solche Kooperationen mittlerweile immer stärker standardisiert worden und gehören nicht mehr zu den exotischen Vorhaben.
- Steht ein Umbau oder eine Erneuerung der heiztechnischen Anlagen an, so ist die Errichtung einer Anlage zur Abwärmenutzung organisatorisch und wirtschaftlich eine naheliegende Alternative.

Rechtliche Verpflichtungen zur Nutzung von Abwärme gibt es bisher nur in ersten Ansätzen, so z. B. im Immissionsschutz, im Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) oder auf Länderebene. Dabei steht die Nutzung immer unter dem Vorbehalt der technischen Realisierbarkeit und der wirtschaftlichen Zumutbarkeit.

Im Begleitforschungsbericht (Pehnt, et al. 2010) werden einige Vorschläge zur Verbesserung der Randbedingungen gemacht, die in Abbildung 11 zusammengefasst sind. Viele der dargestellten Punkte wurden bereits in Kapitel 1 erwähnt, deshalb wird hier nicht tiefer darauf eingegangen.

Forschungs- und Informationsbedarf besteht in diesem Themenfeld weiterhin, sodass das in dieser Studie erarbeitete Konzept eines Wärmekatasters für den Landkreis Osnabrück einen Beitrag zur Verbesserung der Abwärmenutzung leisten kann.

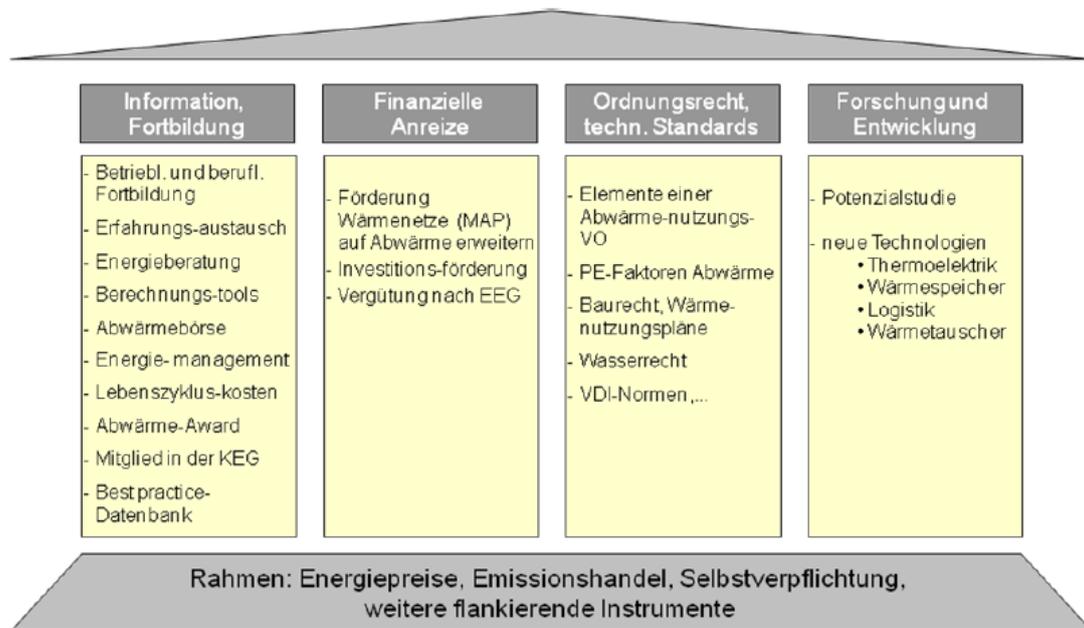


Abbildung 11: Vorschlag zur Verbesserung der Rahmenbedingungen Abwärmenutzung (Pehnt, et al. 2010)

4. Systematik in der Abwärmenutzung

Ist ein Abwärmestrom identifiziert, werden folgende technische Kategorien der Nutzung unterschieden.

4.1 Betriebsinterne Verwendung

Die Abbildung 6 (links) skizziert die Wärmerückgewinnung als eine Möglichkeit zur Nutzung von Abwärme im selben Prozess. Dieser Typ wird auch häufig schon in Produktionsprozessen selbst als energetische Optimierungsstufe umgesetzt. Erfolgt die Nutzung betriebsintern, können Wärmeströme unkompliziert für andere Prozesse oder auch als Raumwärme genutzt werden. Investitionen, Kosten und Abrechnungen sind innerhalb eines Betriebes einfach zu regeln und müssen in der Regel auch nicht detailliert nachgewiesen werden. Belange der Betriebssicherheit u. Ä., die für manche Prozesse sehr wichtig sind, verbleiben komplett in einer Hand. Dadurch ist die Abwärmenutzung innerhalb eines Betriebs vereinfacht. Hemmnisse sind kaum vorhanden und lassen sich meist schnell überwinden.

4.2 Externe Verwendung

Besonderes Augenmerk soll in diesem Konzept aber auf die überbetriebliche Nutzung von Abwärmepotenzialen gelegt werden. Hier liegen mutmaßlich bisher unerkannte Möglichkeiten, die aber auch mit weiteren Hemmnissen behaftet sind.

Energieeffizienz kennt keine Betriebszugehörigkeit, sodass es technisch oft nicht mehr Probleme verursacht über Grenzen hinweg Abwärme zu nutzen, als innerhalb eines Betriebes. Hier treten aber verschiedene andere Hemmnisse auf, vgl. Kapitel 3.

4.3 Struktur Wärmesenken

Die Wärmesenken oder Nutzer können grob in einige typische Gruppen eingeteilt werden. Dabei spielen sowohl der zeitliche Verlauf und die Größe, als auch die notwendige Temperatur des benötigten Wärmestromes eine wichtige Rolle. Auch wenn an dieser Stelle die Wärmebedarfsermittlung nicht im Vordergrund steht, sei kurz auf einige wichtige Punkte eingegangen.

Wohngebäude

Sie kommen in der Regel als Nutzer im Niedertemperatur-Bereich in Frage. Ihr Bedarf an Heizwärme ist punktuell gesehen eher gering und auf das Winterhalbjahr beschränkt. Als Maß zur Abschätzung der benötigten Wärmemenge kann je nach Dämmstandard und

Heizsystem in der Regel mit 40-250 kWh pro m² Wohnfläche jährlichem Heizbedarf bei einer Vorlauftemperatur von 35-80°C gerechnet werden. Der jährliche Wärmebedarf für Warmwasser ist typischerweise mit weniger als 12,5 kWh/m² für Wohngebäude (nach EnEV 2009) und weit geringeren Werten für Industriebetriebe anzusetzen, aber bei > 60°C kaum jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Können große Einheiten z. B. Wohnblöcke angeschlossen werden, sind auch hier große Anschlussleistungen möglich. Um den Bedarf von Wohngebäuden genauer zu quantifizieren, kann dies methodisch über Gebäudetypen oder ganze Siedlungstypenanalysen geschehen. Ebenso kann man den tatsächlich abgelesenen Verbrauch verwenden, falls dieser zur Verfügung steht.

Mehr zur Bedarfsanalyse findet sich u. a. im Wärme-Atlas-Baden-Württemberg (Blesl, Kempe, et al. 2008), dem integrierten Klimaschutzkonzept des Landkreises Osnabrück (Vagelpohl, et al. 2011) und weiteren wissenschaftlichen Veröffentlichung, z. B. Institut für Wohnen und Umwelt in Darmstadt.

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)

Vergleichbar mit Wohngebäuden weist dieser Zweig aufgrund der fehlenden industriellen Produktion in der Regel fast nur einen Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser auf. Da die Struktur, Größe und Nutzung aber sehr unterschiedlich sein kann, ist die Abschätzung des Bedarfs hier schwieriger als bei der Wohnnutzung. Hier wäre eine methodische Einteilung nach Gebäudetypen mit Flächen- und Baualterspezifikationen zur Bedarfsabschätzung sinnvoll.

Kommunale Einrichtungen

Grundsätzlich können Gebäude und Liegenschaften der Kommunen und Städte ähnlich wie der Bereich GHD behandelt werden. Auch hier sind extreme Unterschiede, z. B. zwischen Verwaltung und Schwimmbad möglich. Ein Unterschied ist in der veränderten wirtschaftlichen Situation der Kommunen zu erkennen.

Industrie

Ein großer Unterschied in der Charakterisierung des Wärmebedarfes ist lediglich im Bereich Industrie zu sehen. Leistung, Wärmemenge und Temperaturniveau sind hier meist sehr prozessspezifisch, ein saisonaler Einfluss ist oft nicht zu erkennen. Industriebetriebe gehören typischerweise zu den Lieferanten von Abwärme und können ihren Heizwärmebedarf oft über die eigene Abwärme decken.

5. Technologie der Abwärmenutzung

Während für die Organisation und Abrechnung die auf die Betriebsstätte bezogene interne oder externe Verwendung der Wärme ausschlaggebend ist, spricht man technisch gesehen vom Unterschied zwischen direkter und indirekter Nutzung. Im ersten Fall wird die Energie unmittelbar als sensible Wärme weiter genutzt. Wird sie aber indirekt eingesetzt, so wird sie in eine andere Energieform, z. B. Kälte oder Strom gewandelt oder auf ein höheres Temperaturniveau gebracht.

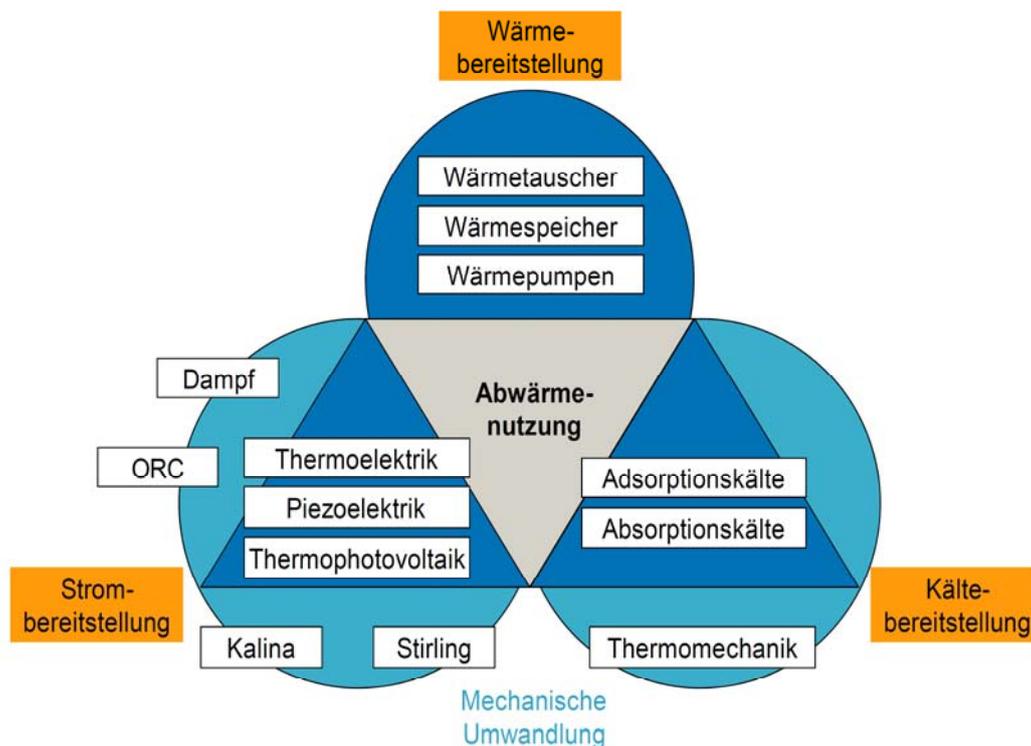


Abbildung 12: Aspekte der Abwärmenutzung aus (Hirzel, et al. 2013).

Abbildung 12 ordnet übersichtlich einige der zentralen Begriffe der Nutzungsmöglichkeiten von Abwärme, die in diesem Kapitel noch ergänzt werden um die Themen Speicherung und Transport / Wärmenetze.

Im Folgenden sollen die verschiedenen Techniken und Anlagen in ihrer Funktion kurz umrissen werden, ohne aber eine detaillierte technische Beschreibung zu geben. Es werden aber weitere Quellen für systematische Darstellungen der unterschiedlichen Techniken angegeben. Hier sei besonders auf die Veröffentlichung der Sächsischen Energieagentur saena GmbH verwiesen, die mit „Technologie der Abwärmenutzung“ eine Broschüre mit detaillierten Darstellungen der Techniken herausgegeben hat (saena-2 2012). Ergänzt werden die Darstellungen an dieser Stelle noch um den Bereich Speicherung bzw. Transport.

5.1 Direkte Nutzung

Bei der direkten Nutzung der Abwärme als sensible Wärme ist der Übertrager das entscheidende Bauteil der technischen Anlage. Er verbindet thermisch gesehen den Abwärmestrom mit der nachgeschalteten Nutzung. Um Wärme zu übertragen, benötigt er eine Temperaturdifferenz von der warmen Seite (Abwärme) zur kühleren Seite (Nutzung). Lässt man strömungstechnische Details weg, so lässt sich die Leistung \dot{Q} eines Wärmeübertragers durch die aktive Fläche A und die mittlere Temperaturdifferenz ΔT_m zwischen Abwärmestrom AW und dem zuströmenden Medium NW beschreiben. Je nach Art des Wärmetauschers, z. B. Gleich- oder Gegenstromprinzip, wird diese unterschiedlich berechnet. k ist der Wärmedurchgangskoeffizient, der für typische Betriebsbedingungen bestimmt wurde.

$$\dot{Q} = k A \Delta T_m \quad (2)$$

Der ursprüngliche Wärme tragende Massenstrom lässt sich in der Regel nicht direkt nutzen, weil in den meisten Prozessen die Stoffe im geschlossenen Kreis geführt werden oder es sich z. B. um belastete Abgase o. Ä. handelt.

5.1.1 Wärmeübertrager

Er trennt die beiden gasförmigen oder flüssigen Medien, sodass in der Regel eine Kopplung ganz verschiedener Systeme möglich ist, z. B. Wärme aus einem Kühlprozess zur Beheizung der Zuluft in einer Klimaanlage.

Je nach Anwendung werden spezialisierte Wärmeübertrager angeboten, die technisch an die Nutzung angepasst sind. Material, fluiddynamische Eigenschaften, Temperaturbereich, Art der Medien, Durchsatz, Einbausituation usw. sind nur die wichtigsten Kriterien, die für den Einsatz über die Art des Übertragers entscheiden. Die meisten sind Rekuperatoren, bei denen die Stoffströme durch eine Fläche voneinander getrennt sind. Im Gegensatz dazu durchströmen bei Regeneratoren die Medien abwechselnd die Wärme puffernde Konstruktion, z. B. ein Rotationsrad.

Die Tabelle 1 gibt nur einen kleinen Überblick. In der Veröffentlichung „Technologie der Abwärmenutzung“ der Sächsischen Energieagentur finden sich zum Thema detaillierte Beschreibungen und mehr technische Kenndaten (saena-2 2012). Ergänzt werden einige Daten in der Studie „Industrielle Abwärmenutzung“ von (Hirzel, et al. 2013).

Tabelle 1: Wärmeübertrager, typische Daten und Bilder aus (saena-2 2012) und (Hirzel, et al. 2013).

Typ	Medien	Temperatur	typ. Leistung	typische Anwendung	
Rotationsrad	Gas/Gas	bis 300°C	Bis 1,6 MW	Lüftung / Trocknung	
Regenerator	Gas/Gas	bis 1300°C	Bis 140 MW	Prozesswärme	
Rippenrohr	Gas/flüssig	bis 400°C	5 kW bis 1 MW	chem. Prozesse	
Lamellen	Gas/flüssig	Bis 900°C	1 bis 900 kW	Klima	
Platten	flüssig/flüssig	bis 150°C	2 kW bis 400 MW	Heizung	
Mantelrohr	flüssig/flüssig	bis 200°C	1 kW bis 3,4 MW	Kälte	

5.1.2 Wärmespeicher

Soll Wärme intern oder auch extern verwendet werden, ist in der Regel ein kontinuierlicher und verlässlicher Wärmestrom vorteilhaft. Eine Pufferung der Energie kann die zeitliche Verfügbarkeit der Wärme vom Prozess entkoppeln. So kann eine zeitlich unpassende oder unregelmäßige Abwärmequelle für eine im Profil unterschiedlich gestaltete Nutzung erschlossen werden. Je nach typischen Nutzungszyklen und Leistungsverlauf wird hier die Dimensionierung der Anlage angelegt.

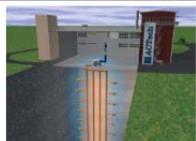
Auch hier soll nur kurz auf typische Bauformen gängiger Energie- und Wärmespeicher eingegangen werden. Weitere Details und Darstellungen finden sich u. a. ebenfalls in der Broschüre „Technologie der Abwärmenutzung“ (saena-2 2012) und (Schmitz 2012).

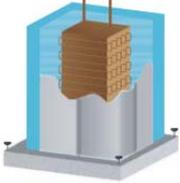
Grundsätzlich werden drei Speichertypen unterschieden. Die Speicherung von sensibler Wärme in Form von Wasserspeichern o.ä. ist sehr verbreitet. Es ist aber auch möglich, die Energie als Latentwärme oder thermochemisch zu speichern.

Wärmespeicher / Pufferspeicher

Darunter versteht man alle Speicher, die sensible Wärme in einer Speichermasse speichern (kapazitive Speicher). Deren Effektivität hängt sowohl von der Be- und Entladegeschwindigkeit als auch von der thermischen Dämmung bzw. der kompakten Bauform ab. Entweder wird das Fluid selbst gespeichert oder eine weitere Speichermasse wird zusätzlich aktiviert, z. B. ein Feststoff. Sie werden in kleinen Einheiten als Warmwasserspeicher in Gebäuden oder auch als Wärmepufferspeicher in großem Ausmaß z. B. als Erdbecken- oder Sondenpeicher zur Beheizung von Häusern genutzt. Man unterscheidet Kurz- und Langzeitspeicher. Die dabei genutzten Temperaturniveaus liegen meist nicht höher als 95°C. Tabelle 2 zeigt einen Überblick häufiger Bauformen.

Tabelle 2: Typische Daten Wärmespeicher (saena-2 2012).

Typ	Medien	Speicherdichte	typische Anwendung	
Pufferspeicher	Fluid	bis 90 kWh/m ³	Warmwasser / Heizungswärme	
Kies/Erdreich	Feststoff	bis 52 kWh/m ³	Heizung / Klima	
Erdsonden	Erdreich	bis 30 kWh/m ³	saisonales Heizen	

Typ	Medien	Speicherdichte	typische Anwendung	
Latentwärme	Salze	bis 200 kWh/m ³	saisonales Heizen	
Sorptionswärme	Silikagel	270 - 450 kWh/m ³	saisonales Heizen	

Typische saisonale Langzeitspeicher sind Sonden- und Kies-Wasserspeicher, sie werden z. B. zur Speicherung von Solarenergie für den Winter oder zur Aufnahme von Abwärme in der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt. Die spezifische Speicherkapazität liegt bei etwa 30-50 kWh/m³, hat aber den Vorteil der recht kostengünstigen Bauformen.

Latentwärme und thermochemische Speicher

Wird die Energie des Phasenwechsels z. B. zwischen fester und flüssiger Form eines Materials (Phase-Change-Material PCM) genutzt, so spricht man vom Latentwärmespeicher. Spezielle Stoffe wie Salze, Paraffine u. a. mit definiertem Temperaturverhalten kommen je nach Anwendung zum Einsatz. Die Energiespeicherdichte liegt bei bis zu 200 kWh/m³.

Thermochemische Speicher nutzen die Energie, die bei der Sorption eines Stoffes frei wird, z. B. Wasser an Silikagel. Auch diese Anlagen sind konstruktiv sehr aufwendig und teuer, haben aber eine sehr hohe Energiedichte von bis zu 400 kWh/m³.

Eine aufwändige Dämmung ist für beide Typen in der Regel nicht notwendig. Da u. a. das Ein- und Ausspeichern aber konstruktiv und regelungstechnisch schwierig zu lösen sind, sind diese Art von Speichern noch kostenintensiv und nicht weit verbreitet (Nischenanwendung). Neuentwicklungen erfolgen hauptsächlich in den Bereichen Ab- und Adsorption.

Mobile Speicher

Durch die sehr hohe Energiedichte eignen sich thermochemische Speicher besonders dazu, Wärmeenergie nicht in Leitungen sondern mobil zu transportieren.

Auf diese Art kann z. B. Wärme aus einem industriellen Prozess ein Hallenbad heizen. Für einen Radius von 5 bis 30 km sind damit schon jetzt spe-

zifische Preise von 3 bis 18 ct/kWh möglich, wie Untersuchungen der Universität Bayreuth zeigen (Brüggemann und Rösler 2013). Die Kapazität der dort untersuchten 20-Fuß-Containerlösungen mit Natriumacetat-Trihydrat liegt bei 2-2,5 MWh und kann bei der Entladung bis zu 150 kW Wärmeleistung erbringen, vgl. Abbildung 13.



Abbildung 13: Thermochemischer Speicher der Firma LaTherm, Bild: (La Therm Energie AG 2014)

5.1.3 Wärmenetze

Für die Verteilung der Wärme werden lokale Wärmenetze eingesetzt, die in größeren Gebieten und Städten zu Fernwärmenetzen zusammengeschlossen werden können. Klassischerweise sind dies Netze, die Wohnhäuser mit Wärme für Warmwasser und Heizung versorgen (2- oder 3-Leiter-System). Je nach Netz, Auslegung und Wärmebedarf werden dort Temperaturen im Vorlauf von 70-130°C realisiert. Eine Einkopplung von Abwärme ist natürlich möglich, sofern die Temperaturen passen. Besonders in Ballungsräumen wie dem Ruhrgebiet gibt es dazu zum

Teil gute Voraussetzungen. Abbildung 14 zeigt das Fernwärmenetz Niederrhein mit 500 km Leitungslänge und einem Leistungsdurchsatz von 800 MW. Ca. 1/3 der Wärme (etwa 1.100

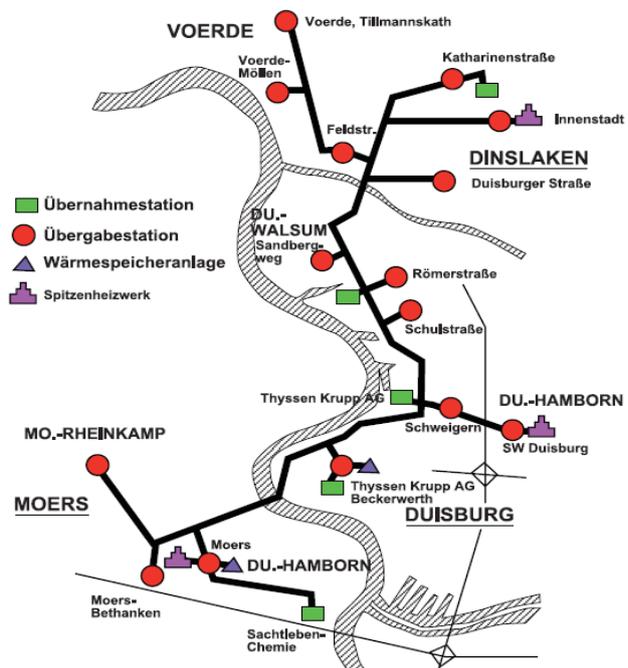


Abbildung 14: Abwärme im Fernwärmenetz Niederrhein (Brandstätter 2008).

GWh) werden durch Einkopplung der Abwärme aus zwei Stahlwerken und einem Chemiewerk geliefert. Das spart 90.000 t CO₂ im Jahr (Brandstätter 2008).

Ist die Investition in eine Verteilleitung nicht zu groß, kann sich auch eine Verbindung von industriellen und gewerblichen Betrieben untereinander oder auch mit Wohngebäuden durchaus lohnen, auch wenn nur wenige Lieferanten und Abnehmer beteiligt sind. Das Problem der Betriebs- und Versorgungssicherheit muss allerdings geklärt werden, wie schon in Kapitel 3.1 ausgeführt wurde.

5.2 Indirekte Nutzung

Reicht das Temperaturniveau der Abwärme für eine Nutzung nicht aus, kann es mit Hilfe von Wärmepumpen auf das gewünschte Niveau gebracht werden. Als Antriebsenergie kann dabei Strom oder Wärme zum Einsatz kommen. Mit deutlich höherem technischem Aufwand kann Abwärme auch in andere Energieformen wie Strom oder auch Kälte transformiert werden. In diesen Fällen spricht man von indirekter Nutzung.

5.2.1 Wärmepumpen

Die Effektivität der Wärmepumpe wird durch die Jahresarbeitszahl JAZ als das Verhältnis von nutzbarer Wärme zu eingesetzter Antriebsenergie der Pumpe beschrieben. Primärenergie bzw. CO₂ wird insgesamt erst gespart, wenn der Wirkungsgrad bei der Produktion der Antriebsenergie einbezogen wird. Über das Verhältnis der Leistung Nutzwärme zu Antrieb kann die momentane Leistungszahl bzw. COP (Coefficient of Performance) beschrieben werden. Je größer die Zahl, je mehr Abwärme findet sich im Nutzwärmestrom.

Grundsätzlich gilt: Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Abwärme und Nutzwärme ist, desto effektiver kann die Pumpe arbeiten. Ein hohes Niveau der benötigten Nutzwärme ist für den Einsatz von Wärmepumpen immer ungünstig.

Kompressionswärmepumpe

Elektrische Kompressionskältemaschinen nutzen die mechanische Energie des Verdichters, um das Arbeitsmedium auf einen höheren Druck zu bringen. Die Druckabhängigkeit des Siedepunktes lässt sich zur Temperaturerhöhung des Abwärmestroms ausnutzen. Diese Technik kommt häufig bei weniger als 50°C Abwärmetemperatur zum Einsatz, die sich dadurch nicht mehr für Fernwärme oder nur bedingt für Heizzwecke eignet. In Bezug auf den typischen deutschen Strommix muss nach dem EEWärmeG die Jahresarbeitszahl JAZ mindestens 3,5 (bei Luft) und 4,0 (bei Sole) betragen, um primärenergetisch sinnvoll zu sein und CO₂ zu spa-

ren (Schüwer, et al. 2008) . Da aber das Temperaturniveau der Abwärme deutlich höher ist als die sonst üblicherweise genutzte Umweltwärme, liegen die erreichten Leistungszahlen COP mit 4,5 bis 5,5 bei richtiger Anlagenkonfiguration deutlich darüber, vgl. Abbildung 15.

Standard Kompressionswärmepumpen erreichen einen Temperaturhub von ca. 40-50 K. Sollen mehr als 60-70 K erreicht werden, so müssen spezielle Kältemittel eingesetzt werden.

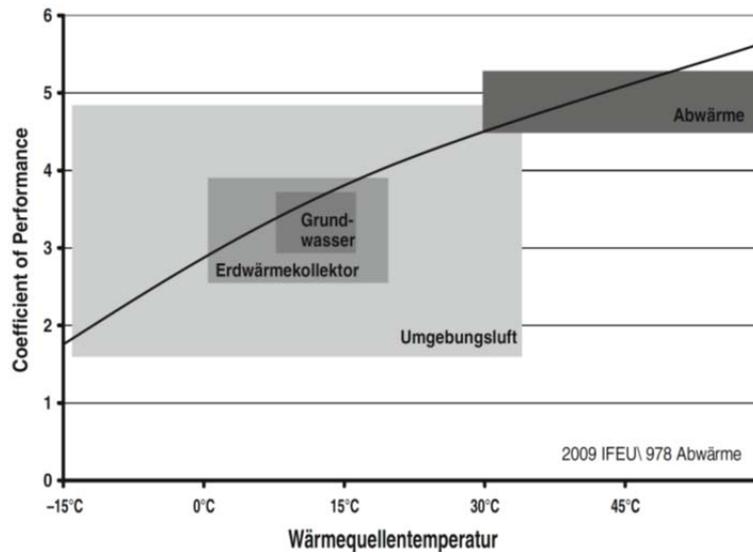


Abbildung 15: Typische COP von Wärmepumpen aus (Pehnt, et al. 2010) bzw. (Brandstätter 2008).

Absorptionswärmepumpe-/kältemaschine

Der Kreisprozess dieser zum Teil mehrstufigen Maschinen besitzt anstelle des mechanischen einen thermischen Antrieb, d. h. sie können mit Wärme betrieben werden, um Kälte bzw. höher temperierte Wärme bereitzustellen. Der Antrieb wird in der Regel mit Gas, Öl oder Biomasse befeuert. Bei diesen Gaswärmepumpen heißt die Arbeitszahl Heizzahl, die Werte von 1,2 bis 1,4 erreichen sollte, um primärenergetisch sinnvoll zu sein (Schüwer, et al. 2008). Sie werden in höheren Leistungsbereichen eingesetzt und erreichen lange Lebenslaufzeiten. Im Gegensatz zur Kompressionsmaschine gelten ihre Kältemittel in der Regel als umweltfreundlich.

Adsorptionswärmepumpe-/kältemaschine

Ebenfalls mit Wärme angetrieben werden Adsorptionsmaschinen. Sie nutzen die Energiepotenziale der Adsorptions- und Desorptionsprozesse in zyklischen Prozessen mit zwei Arbeitskammern. Als Medien sind dabei Stoffpaare wie Silikagel bzw. Zeolithe und Wasser oder

Ammoniak und Wasser im Einsatz. Das Adsorbieren setzt Wärme frei bzw. bei der Trennung der Stoffe ist Wärme notwendig. Je nach Stoffpaar variieren dabei die Temperaturniveaus.

Tabelle 3: Kennwerte Wärmepumpen und Kältemaschinen aus (saena-2 2012).

Typ	Leistungsbereich	Speicherdichte	Wirkungsgrad	
Kompressions- kältemaschine	2 kW-18 MW	Quelle: -20-90°C Nutzen: bis 65 (90)°C	COP: 3,5-6	
Absorptions- wärmepumpe	1,5 kW-20 MW	Quelle: -20-90°C Nutzen: bis 65 (90)°C	Heizzahl: 1,3-1,6	
Absorptions- kältemaschine	21 kW-2 MW	Quelle: 90°C Nutzen: -10°C	COP: 0,6-1,6	
Adsorptions- wärmepumpe	1,5 kW-10 kW	Quelle: -20-90°C Nutzen: bis 300°C	Heizzahl: 1,3-1,6	
Adsorptions- kältemaschine	8 kW-590 kW	Quelle: 60-85°C Nutzen: 6-9°C	COP: 0,6	

5.3 Elektrizität aus Abwärme

Bei hochtemperierter Abwärme ist die Produktion von Strom eine attraktive Option, da sowohl Eigenverbrauch als auch Einspeisung ins Netz ohne große Probleme vollzogen werden können. Auch hier handelt es sich um eine indirekte Nutzung. Neben den klassischen Kraftwerksprozessen stehen weitere Kreisprozesse zur Verfügung, die auch bei deutlich geringeren Temperaturen arbeiten können. Allerdings bleibt die Beschreibung nach Carnot maßgeblich für die maximal erreichbaren Wirkungsgrade, vgl. Abbildung 16.

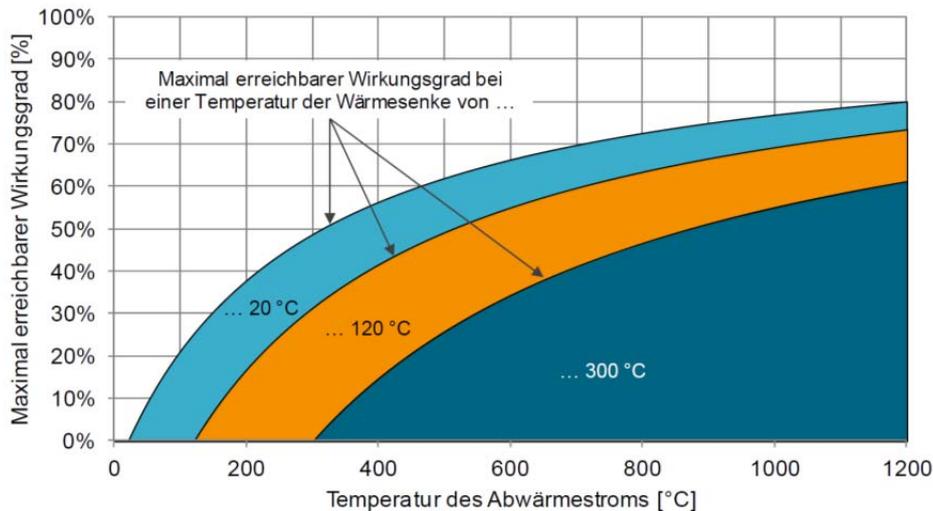


Abbildung 16: Maximal erreichbare Wirkungsgrade (Carnot) bei der Verstromung von Wärme in Abhängigkeit von den Temperaturen der Abwärme und der Senke aus (Hirzel, et al. 2013).

Je geringer die Temperaturen und die Temperaturdifferenzen, desto geringer sind die möglichen maximalen Wirkungsgrade. Bei der Betrachtung der dargestellten Maximalwerte ist zu beachten, dass es sich um ideale, theoretische Werte handelt. Reale Wirkungsgrade sind noch niedriger anzusetzen.

5.3.1 ORC und Kalina-Prozess

Klassische Kreisprozesse der Kraftwerkstechnik wie der Clausius–Rankine-Cycle (CRC), der meist in Kohle- bzw. Gas- und Dampfkraftwerken zum Einsatz kommt, sind für die Abwärmenutzung uninteressant, da sie von Wärmeströmen mit hohen Temperaturen angetrieben werden (in der Regel weit über 250°C).

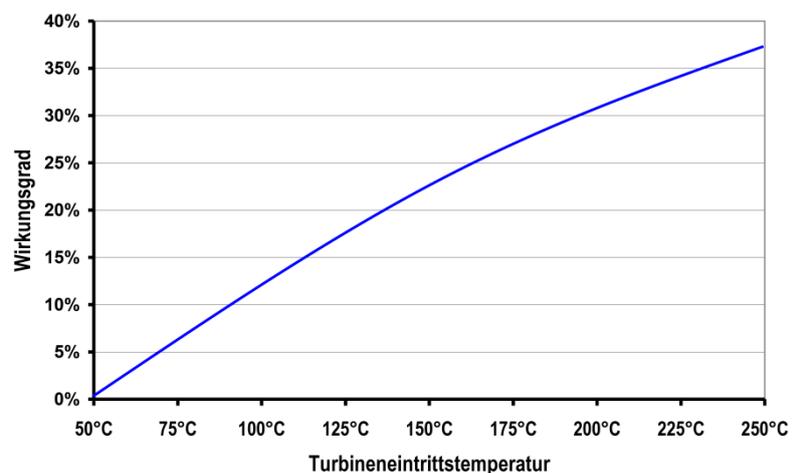


Abbildung 17: Elektrischer Wirkungsgrad ORC-Anlage nach Temperatur (Brandstätter 2008)

Tauscht man das Arbeitsmedium Wasser gegen ein organisches, z. B. Thermoöl, so kann ein vergleichbarer Prozess bei deutlich niedrigeren Temperaturen ablaufen, z. B. ab 70°C je nach Medium. Der gesamte elektrische Wirkungsgrad dieser Organic-Rankine-Cycle-Anlagen (ORC) liegt bei real ausgeführten Anlagen dann zwar nur noch bei 10-20%, aber das liegt sowohl in der Physik als auch in den realen Verlusten der Maschine begründet (Carnot-Wirkungsgrad), vgl. Abbildung 17.

Ähnlich arbeitet der anlagentechnisch aufwändigere Kalina-Prozess, der statt organischer Substanzen ein Gemisch aus Wasser und Ammoniak nutzt und bei Temperaturen ab 90-100°C bessere Wirkungsgrade erzielt als eine ORC-Anlage. Tabelle 4 zeigt im Überblick Temperatur- und Leistungsklassen der Anlagentechniken zur Stromerzeugung aus Wärme.

Die kommerzielle Ausführung von 10 Kalina- und ca. 200 ORC-Anlagen weltweit (Pehnt, et al. 2010) zeigt aber auch, dass es sich um einen sich entwickelnden Nischenmarkt handelt, in dem sich noch kein wirtschaftlicher Standard aufgebaut hat. Eines der Probleme, das die Anlagen mit den herkömmlichen Kraftwerken gemein haben, ist die Notwendigkeit einer Wärmesenke, z. B. Kühlturm o.ä., am Ende des Prozesses. Dies ist besonders aufwändig und kostenintensiv.

5.3.2 Stirling-Motor

Diese Technologie kann auch als Heißgasmotor beschrieben werden. Die Krafterzeugung im geschlossenen Kreis des Arbeitsmediums wird nur durch Temperatur bedingte Volumenänderungen realisiert. Theoretisch kann eine Stirling-Anlage den idealen Carnot-Wirkungsgrad erreichen, aber es besteht die starke Abhängigkeit von der Höhe der Temperaturen, vgl. Abbildung 16. In der realen Anwendung werden Wirkungsgrade von 12,5-22,5% erreicht und die typischen Anwendungsbereiche liegen im Bereich Solarthermie und Biomasse in Abwärme-untypischen hohen Temperaturbereichen.

Tabelle 4: Übersicht Stromerzeugung aus Wärme nach (saena-2 2012) und * (Pehnt, et al. 2010), Foto Kalina-Anlage: Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG

Technologie	th. Leistungsbereich	Temperaturniveau	Wirkungsgrad	
Dampfturbine CRC	45kW-160 MW	250-540°C	25-42%	
ORC	35kW-25 MW	70-350°C	10-20%	
Kalina*	500-1000 kW	ab100°C	k. A.	

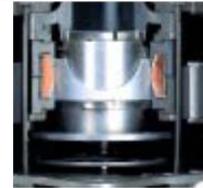
Technologie	th. Leistungsbereich	Temperaturniveau	Wirkungsgrad
-------------	----------------------	------------------	--------------

Stirling

5-210 kW

650-100°C

12,5-22,5%



5.3.3 Direkte Stromerzeugung

Verfahren, die vergleichbar zur Photovoltaik ohne mechanische Zwischenstufe Strom erzeugen können, sind alle noch im Entwicklungsstatus zu sehen. Dazu gehören die thermoelektrische, piezoelektrische und die thermophotovoltaische Stromerzeugung. Sie weisen bisher lediglich Wirkungsgrade von 1-5% und weniger auf und sind auf absehbare Zeit nicht wirtschaftlich einsetzbar (Hirzel, et al. 2013).

6. Struktur der Wirtschaftsregion Landkreis Osnabrück

Auf etwa 2.121 km² ist der Landkreis Osnabrück nach der Region Hannover mit ca. 356.000 Menschen der Einwohnerstärkste Landkreis in Niedersachsen. Die Arbeitslosenquote konnte in den letzten 7 Jahren um 4,5% auf 3,8% gesenkt werden, damit liegt der Kreis im Jahr 2012 deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 6,8% und dem Niedersachsens mit 6,6%, vgl. Statistik Landkreis Osnabrück (Landkreis 2013). Die Zahlen des Landkreises zeigen ebenfalls, dass im Vergleich zum gesamten Niedersachsen weniger Beschäftigte im Bereich

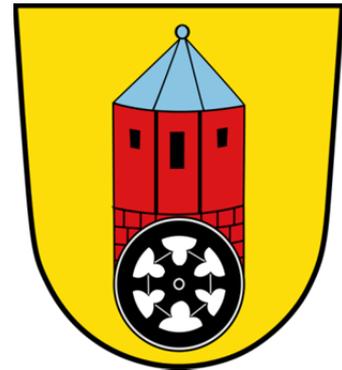


Abbildung 18: Wappen des Landkreises Osnabrück

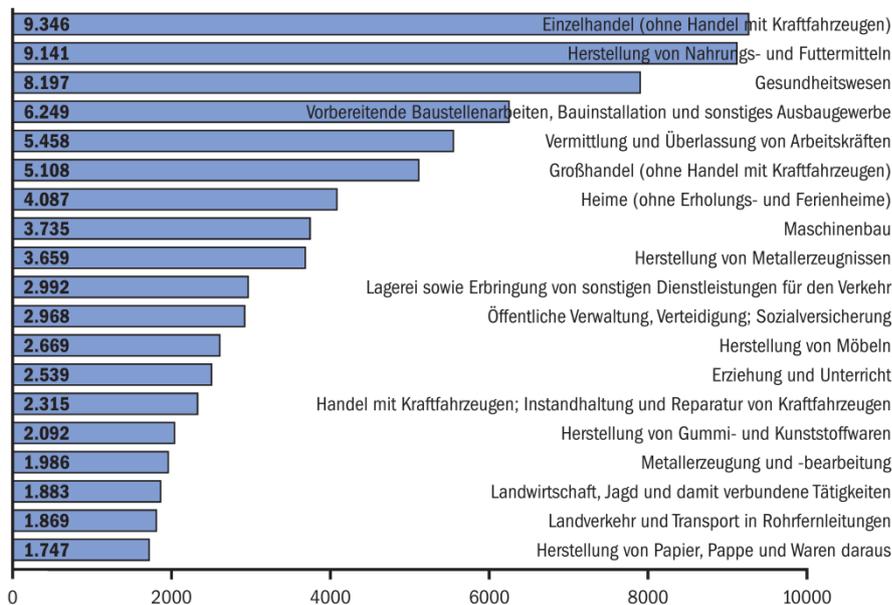
Dienstleistungen tätig sind (Land 44,6%, Landkreis 33,7%), dafür aber rund 10% mehr im verarbeitenden Gewerbe (Land: 22,4%, Landkreis: 32,3%). Dies liegt sicher auch an der Nähe zur zentralen kreisfreien Stadt Osnabrück, zeigt aber auch u. a. schon den gewerblichen Schwerpunkt im Bereich Industrie und Maschinenbau auf.

6.1 Beschäftigungsstarke Wirtschaftszweige

Abbildung 19 zeigt, dass mit ca. 9.100 von insgesamt 106.600 Beschäftigten im Landkreis die Nahrungs- und Futtermittelindustrie vergleichbar stark vertreten ist wie der Einzelhandel. Hier sind sicher Prozesse zu finden, die sich zur Bereitstellung von noch ungenutzter Wärme eignen. Ebenfalls über 4.000 Beschäftigt arbeiten in den Zweigen Gesundheit, Bau, Großhandel und Heime, in denen aufgrund der fehlenden industriellen Prozesse keine besonderen Abwärmepotenziale zu erwarten sind. Mit jeweils 3.000-4.000 Beschäftigten könnten auch die Sparten Maschinenbau und Metallerzeugnisse ein Potenzial aufweisen. Weniger Arbeitsplätze aber prozessbedingt ebenfalls Potenziale zur effektiveren Wärmenutzung sind bei der Herstellung von Möbeln (ca. 2.700), von Gummi- und Kunststoffwaren (ca. 2.100), Metallerzeugung (ca. 2.000) und Papierherstellung (ca. 1.750) zu vermuten. Ca. 5.500 Menschen arbeiten über Personaldienstleister und sind somit auf verschiedenste Branchen verteilt und nicht direkt zuzuordnen.

Die wichtigsten Wirtschaftsabteilungen

(Stand: 30. 6. 2012) – insgesamt 106.637 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte



WIGOS Wirtschaftsförderungsgesellschaft Osnabrücker Land mbH

Am Schölerberg 1, 49082 Osnabrück, Telefon 0541 501-4399, Telefax 0541 501-64399

eMail: info@wigos.de, Internet: <http://www.wigos.de>

Abbildung 19: Beschäftigte nach Wirtschaftszweigen aus (Landkreis 2013)

Allerdings gibt die Anzahl der Beschäftigten nur bedingt einen Hinweis auf die Größe, die Produktion oder das Abwärmepotenzial eines Betriebes. Vielmehr müssen die Prozesse und Stoffströme analysiert werden, was aber mit einem erheblichen Mehraufwand bei der umfassenden Datenbeschaffung verbunden ist.

Nach Angaben des Landesamtes für Statistik Niedersachsen waren 2011 ca. 14.700 Betrieben registriert, deren Verteilung an Beschäftigten und Größe Tabelle 5 zeigt. Zu erkennen ist, dass 99% der Betriebe weniger als 250 Mitarbeiter haben. 78% der Arbeitnehmer sind in diesen mittelständischen Unternehmen beschäftigt, während 25% in Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern tätig sind. Dies spricht für eine strukturelle Stärke im Mittelstand mit nur wenigen Großbetrieben in der Region.

Tabelle 5: Betriebe nach Beschäftigten und Größe nach (LSN-1 2013)

Beschäftigtenzahl	Betriebe	Beschäftigte
bis 50	ca. 97%	ca. 46%
50 bis 250	ca. 2%	ca. 29%
über 250	ca. 0,4%	ca. 25%

Tabelle 6: Umsatz und Beschäftigte im verarbeitenden Gewerbe

WZ Landkreis Osnabrück 2012	Betriebe	Tätige	Umsatz
	am 30.09.	Personen am 30.09.	in 1.000 Euro Jahressumme
C Verarbeitendes Gewerbe	260	30.806	8.311.378
10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	46	7.932	2.993.194
11 Getränkeherstellung	1	-	-
12 Tabakverarbeitung	-	-	-
13 Herstellung von Textilien	3	.	.
14 Herstellung von Bekleidung	2	.	.
15 Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	-	-	-
16 Herst.v.Holz-,Flecht-,Korb-u.Korkwaren (o.Möbel)	10	510	82.888
17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	7	1.892	567.596
18 Herstellung von Druckerzeugnissen	7	619	116.508
19 Kokerei und Mineralölverarbeitung	-	-	-
20 Herstellung von chemischen Erzeugnissen	5	-	-
21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	1	-	-
22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	17	2.151	363.721
23 H.v. Glas und Glaswaren, Keramik, Steinen und	28	1.432	297.832
24 Metallerzeugung und -bearbeitung	6	1.490	843.965
25 Herstellung von Metallerzeugnissen	35	4.543	806.710
26 Herstellung von Dv-Geräten, elektr.u.opt. Erzeugnissen	3	224	14.545
27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	7	811	271.576
28 Maschinenbau	37	3.588	741.933
29 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	8	445	84.824
30 Sonstiger Fahrzeugbau	2	-	-
31 Herstellung von Möbeln	18	2.153	374.377
32 Herstellung sonstiger Waren	7	551	47.181
33 Reparatur und Installation von Maschinen etc.	10	836	122.217

Quelle: LSKN-Online: Tabelle K7700041, 13.2.2014

Tabelle 6 zeigt alle Betriebe im verarbeitenden Gewerbe (ab 20 Beschäftigte) im Landkreis mit Gesamtumsatz und Beschäftigten nach Daten vom Landesamt für Statistik. Da Umsatzzahlen zu den sensiblen Betriebsdaten gehören, sind sie in der Regel nicht flächendeckend für alle Betriebe einer Branche zu erhalten. Aus diesem Grund wird neben der Branche die Anzahl der Beschäftigten als wichtigstes Maß für die Größe und damit auch für die Relevanz eines Betriebes angesetzt.

6.2 Datengrundlagen

Im Folgenden werden kurz die verfügbaren Datensätze beschrieben die ausgewertet wurden, um aus den Branchen- und Energiedaten ein Abwärmepotenzial zu ermitteln.

6.2.1 Statistische Daten der Ämter

Als eine wichtige Informationsquelle dienen die Datensätze der statistischen Ämter des Bundes und der Länder nebst den verfügbaren Auswertungen, z. B. durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen AGEB e.V.

Die Statistiken sind teils online verfügbar, wie z. B. unter www.regionalstatistik.de, www.statistik.niedersachsen.de oder www.destatis.de. Zum Teil wurden die Daten auch vom Landesamt auf Anfrage zusammengestellt.

Die höchste regionale Auflösung ist die Ebene der kreisfreien Städte und der Landkreise. Erhoben wurden nur Betriebe mit mehr als 20 Mitarbeitern. Aufgrund diverser Datenschutzbestimmungen sind besonders auf Kreisebene nicht immer alle Zahlen lückenlos verfügbar. Sind in einer Branche nur wenige Firmen tätig, bleiben deren Daten unveröffentlicht werden. Branchenspezifische Daten liegen in der Regel bis zur zweiten Stelle des Wirtschaftszweigs (Klassifikation der Branchen von 2008) vor, z. B. WZ 10 Nahrungsmittel. Auf Landesebene werden in der Regel auch bis zu 4-Stellen angegeben, z. B. 10.85 Herstellung von Fertiggerichten. Als Daten sind für die Studie in der Regel nur Branchenzugehörigkeit, Beschäftigtenzahl und Energiedaten verwendet worden. Umsatzdaten bieten keine gute und flächendeckende Grundlage.

6.2.2 MARKUS Wirtschaftsdatenbank

Um den räumlichen Bezug zur Lage im Landkreis herzustellen sind zusätzliche Informationen erforderlich. Dabei handelt es sich meist um sensible Daten, die in der Regel dem Datenschutz oder der Geheimhaltung unterliegen, um die betroffenen Firmen zu schützen.

Für diese Studie wird die MARKUS-Datenbank der Creditreform Dresden Aumüller KG genutzt, die dem Landkreis Osnabrück zur Verfügung steht s. (Aumüller 2014). In dieser Unternehmensdatenbank werden aus diversen Quellen eine Vielzahl von Kenndaten und Wirtschaftskennzahlen gesammelt. Für diese Studie werden aber lediglich folgende Daten genutzt:

- Ort des Firmensitzes im Landkreis (kein Name)
- Branchenschlüssel (bis zu 4 Stellen, WZ 08)
- Beschäftigtenzahl

Um Gebiete und Standorte mit besonderem Potenzial prinzipiell zu identifizieren und eine Struktur im Landkreis zu erkennen, sind diese Daten im ersten Schritt ausreichend. Für eine weitere Analyse im Sinne einer Datenbank mit GIS-Darstellung zur Unterstützung und Initiie-

nung von Wärmeoperationen ist es sicher notwendig, die lokale Auflösung zu verfeinern und die Datenqualität zu verbessern.

6.2.3 Vergleichbarkeit der Daten

Die Vielfältigkeit der Methoden und der Aufbereitung von erhobenen Daten erschwert die Vergleichbarkeit und die Kombination. Es kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass alle Daten aus denselben Zeiträumen oder immer z. B. die gleichen Definitionen der Kategorien vorhanden sind. Neben den inhaltlichen Differenzen entstehen statistische Unschärfen, wenn etwa aus repräsentativen Datenerhebungen Rückschlüsse auf ganze Branchen oder Regionen gezogen werden.

Ein Beispiel ist die Anzahl der Betriebe und der Beschäftigten in Tabelle 7. Einmal sind die Daten der energieintensiven Branchen aus den statistischen Quellen des Landes und einmal aus der MARKUS-Datenbank angegeben. Die Unterschiede sind zum Teil erheblich und nicht nur durch die verschiedenen Zeiträume zu erklären. Sie sind vermutlich bei der unterschiedlichen Art der Erhebung durch Einzelabfragen und die Kombination mit anderen Informationsquellen zu suchen.

Tabelle 7: Anzahl der Beschäftigten und Betriebe
nach Landesamt für Statistik LSN und MARKUS-Datenbank

Landkreis Osnabrück ab 20 Beschäftigte	LSKN 2012		MARKUS 7/2013	
	Betriebe	Beschäftigte	Betriebe	Beschäftigte
WZ 10 Nahrungsmitteln- und Futtermittel	46	7.932	41	8.969
WZ 17 Papier und Pappe	7	1.892	6	919
WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren	17	2.151	16	1.691
WZ 23 Glas, Keramik, Steine u. Erden	23	1.432	14	834
WZ 24 Metallerzeugung	6	1.490	8	1.780
WZ 25 Metallerzeugnisse	35	4.543	36	3.603
WZ 28 Maschinenbau	37	3.588	42	3.296
Summen	171	23.028	163	21.092

6.3 Energieintensive Branchen

6.3.1 Gesamter Energiebedarf im Landkreis

Der jährliche Primärenergiebedarf in Niedersachsen geht seit dem Höchststand 1998 mit insgesamt 1.016 PJ prinzipiell zurück und lag 2010 bei 966 PJ. Der Anteil erneuerbarer Energie stieg dabei von knapp 1 auf 5,6%. Im gleichen Zeitraum stieg der Endenergiebedarf der Industrie (inkl. verarbeitendes Gewerbe) von 273 auf 291 PJ, und damit von 27 auf 30%, vgl. (LSN-4 2013) Tabelle 12f.

Für das Jahr 2010 weist das Landesamt für Statistik dem Landkreis einen Energiebedarf für die Branchen Industrie und verarbeitendes Gewerbe von 12,45 PJ aus (Regionaldatenbank 2014).

Für 2008 wird für den Landkreis im integrierten Klimaschutzkonzept ein Endenergiebedarf von 40,6 PJ ausgewiesen, der sich zu ca. 40% auf die Wirtschaft (inkl. Stahlwerk GMH GmbH), zu je 30% auf Haushalt und Mobilität verteilt. Damit sind ca. 16,4 PJ für die Wirtschaft (Gewerbe, Handel, Industrie, etc.) zu verbuchen (Vagelpohl, et al. 2011).

6.3.2 Energieverwendung der wichtigsten Branchen

In verschiedensten Literaturquellen sind Wirtschaftszweige mit potenziell hohen Abwärmemengen beschrieben, sodass für die Analyse im Rahmen dieser Studie Daten dieser Branchen schwerpunktmäßig betrachtet werden, sofern sie eine Mindestgröße und typische Relevanz im Landkreis aufweisen, vgl. vor allem (Fleiter, Schломann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013) und (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010). Als erstes Maß dafür wird der Anteil der Energieverwendung im Landkreis für die einzelnen Branchen genutzt. Tabelle 8 zeigt auf Basis der Daten vom Landesamt für Statistik Niedersachsen LSN einen Vergleich der Energieverbräuche der Branchen für Niedersachsen und den Landkreis Osnabrück. Beide Datensätze setzen sich aus Erhebungen von Betrieben mit mehr als 20 Mitarbeitern zusammen. Absteigend nach der Energieverwendung im Landkreis sind nur die energieintensivsten Branchen dargestellt.

Tabelle 8: Energieverwendung der wichtigsten Branchen für den Landkreis Osnabrück und Niedersachsen (Landesamt für Statistik Niedersachsen 2014)

Energieverwendung in GJ, 2012 verarbeitendes Gewerbe nach LSN	LK Osnabrück		Niedersachsen	
	Summe alle WZ:	Anteil in %	Summe alle WZ:	Anteil in %
WZ 24: Metallerzeugung, Bearbeitung *	3.960.000	31,4	124.629.148	33,8
WZ 10: Nahrungs- und Futtermittel	3.030.609	24,1	39.184.270	10,6
WZ 17: Papier, Pappe	1.964.263	15,6	33.968.376	9,2
WZ 23: Keramik, Steine u. Erden	1.491.260	11,8	22.365.906	6,1
WZ 25: Metallerzeugnisse	473.987	3,8	4.979.786	1,4
WZ 22: Gummi- und Kunststoffwaren	405.199	3,2	10.203.160	2,8
WZ 31: Möbel	265.446	2,1	700.169	0,2
WZ 28: Maschinenbau	244.652	1,9	4.109.417	1,1
WZ 16: Holzwaren (ohne Möbel)	101.399	0,8	4.126.717	1,1
WZ 18: Druck	81.289	0,6	1.361.154	0,4
WZ 29: Kraftwagen, u.ä.	28.099	0,2	19.824.010	5,4
WZ 33: Reparatur u. Installation	25.393	0,2	545.206	0,1
WZ 32: sonstige Waren	19.389	0,2	372.345	0,1
WZ 26: elektron. u. opt. Waren	5.254	0,04	531.823	0,1
u.v.m				

* nur eigene Angaben GMH GmbH

Gut zu erkennen ist, dass bis auf die Metallerzeugung, einige der energieintensivsten Branchen den Landkreis prägen, die im Landesschnitt deutlich geringere Energieanteile aufweisen: Herstellung von Nahrungsmitteln, Papiererzeugung, Verarbeitung Steine bzw. Erden und Herstellung von Metallerzeugnissen. Mit der einzigen großen Metallerzeugung dem Stahlwerk in Georgsmarienhütte, GMH GmbH, liegt der Landkreis auf niedersächsischem Niveau. Die angegebenen größten Branchen in Tabelle 8 teilen sich für den Landkreis knapp 99% des Energiebedarfs, während für Niedersachsen nur gut 72% summiert werden.

Die sieben folgenden Wirtschaftszweige werden als für den Landkreis typisch und relevant angesehen. Dabei wurde als Grenze 3% des gesamten Energieverbrauchs für zu betrachtende Branchen angesetzt, um den Aufwand für die prototypisch zu betrachtenden Wirtschaftszweige zu begrenzen. Die unten genannten Wirtschaftszweige weisen zusammen den wesentlichen Teil von ca. 94% des Primärenergiebedarfs des Landkreises auf, vgl. (LSN-2 2012) und werden in dieser Studie weiter analysiert:

- WZ 10 Herstellung von Nahrungs- und Futtermittel
- WZ 17 Herstellung von Papier und Pappe, etc.
- WZ 22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
- WZ 23 Herstellung von Glas, Keramik, Verarbeitung Steine & Erden
- WZ 24 Metallerzeugung und Verarbeitung
- WZ 25 Herstellung Metallerzeugnisse
- WZ 28 Maschinenbau

In diesen sieben Branchen arbeiten rund 75% der Beschäftigten im verarbeitenden Gewerbe, vgl. Tabelle 6, und damit knapp 22% aller Branchen.

6.3.3 Sonderfall Metallerzeugung WZ 24 und Georgsmarienhütte GmbH

In der Erzeugung von Stahl und anderen Metallen wird besonders viel Energie bei besonders hohen Temperaturen benötigt, damit fällt auch besonders viel wertvolle Abwärme an. Aufgrund der geringen Anzahl an Betrieben dieses Zweiges sind die Firmendaten des Landesamtes für Statistik aus Datenschutzgründen nicht öffentlich verfügbar, deshalb ist es besonders schwierig hier realistische Werte anzusetzen. Die Energiedaten dieser Branche werden deshalb wie folgt abgeschätzt.

Die GMH GmbH ist 2012 der mit Abstand größte Standort der Metallerzeugung von insgesamt 6 mit mehr als 20 Beschäftigten im Landkreis. Nach Daten vom Landkreis Osnabrück (MARKUS DATENBANK, vgl. Kapitel 6.2.2) werden für den Juli 2013 1.402 Beschäftigte für die

GMH GmbH (inkl. GMH Blankstahl GmbH) angegeben. Aus dem Klimaschutzkonzept, eigenen Angaben auf der Website der GMH GmbH und einem persönlichen Gespräch mit Herrn Laermann, Leiter Energiemanagement GMH GmbH (R. Laermann 2014), werden die Energiedaten für 2012 wie folgt abgeschätzt bzw. bestätigt. Der Energieverbrauch liegt insgesamt bei ca. 1,1 TWh (3.960.000 GJ), wobei dieser sich im Wesentlichen zu 45:55 zwischen Strom und Gas aufteilt (R. Laermann 2014), (GMH GmbH 2014) und (Vagelpohl, et al. 2011).

Während das Landesamt insgesamt nur 1490 Beschäftigte der Branche ausweist, gibt die MARKUS-Datenbank 1780 an. Damit liegen die Beschäftigtenzahlen zwischen 88 bzw. 378 für die verbleibenden 6 Betriebe, vgl. Statistischer Bericht Niedersachsen (LSN-5 2012). Wie auch in den anderen Branchen wird an dieser Stelle von den Werten der MARKUS-Datenbank ausgegangen, aber eine gewisse Unsicherheit bleibt durch die große Differenz zu vermerken.

Nach eigener Einschätzung und Bestätigung von Herrn Laermann (R. Laermann 2014) handelt es sich bei den meisten anderen Betrieben um Stahl- und Metallverarbeitung und nicht um die energieintensive Produktion von Metall, sodass eine Bestimmung des Energieeinsatzes besonders schwierig ist. Da aber für das Jahr 2012 der Verbrauch der GMH GmbH bekannt ist, wird zur Abschätzung des Energiebedarfs aller anderen Betriebe aus WZ 24 die fehlende Differenz zur Gesamtenergiesumme des Abschnitt C (WZ 10-33) angesetzt. Berücksichtigt man die Werte der GMH GmbH, so verbleiben ca. 385.633 GJ und damit gut 3% des Gesamtbedarfs (LSN-2 2012). Es findet dennoch eine leichte Überschätzung statt, da darin noch einige unbedeutende Wirtschaftszweige mit vergleichsweise geringem absoluten Energieeinsatz enthalten sind (Herstellung Getränke, Bekleidung, Textilien, Elektronik und Fahrzeugbau). Diese Einzelverbräuche sind aus Datenschutzgründen nicht aufgeführt. Aber aufgrund des geringen Anteils am Gesamtenergieeinsatz wird dies in Kauf genommen.

Um aber die betriebsgenauen Daten der GMH jedoch weiterhin detailliert entwickeln und auswerten zu können, wird die Branche WZ 24 nun in zwei Teilen beschrieben:

- WZ24-1: restliche Betriebe der Branche im Landkreis
- WZ24-2: GMH GmbH (inkl. GMH Blankstahl GmbH)

Nur so kann diese energieintensive Schlüsselbranche ausreichend betrachtet werden, denn der Standort Georgsmarienhütte ist natürlich für die Abwärme sehr interessant. Mehr dazu findet sich ab Kapitel 9.

7. Charakterisierung der Schwerpunkte industrieller Branchen

Anhand der Branchenbeschreibung des Kreises und der Datenanalyse aus dem vorhergehenden Kapitel, wird die Auswertung auf industriell geprägte und energieintensive Branchen des Landkreises beschränkt, vgl. Kapitel 6.3.

Abbildung 20 bestätigt in der Übersicht für Deutschland die besondere Intensität der oben ausgewählten Branchen. Dar-

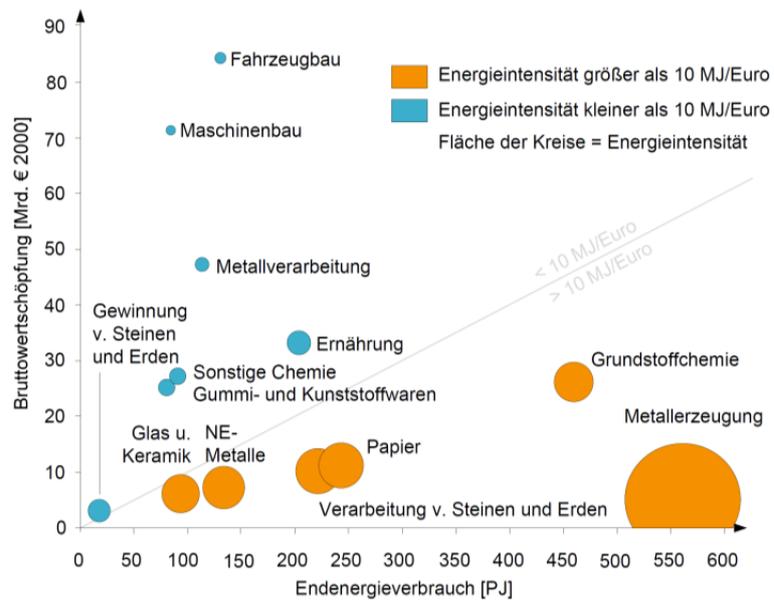


Abbildung 20: Energieintensität unterschiedlicher Branchen in Deutschland nach (Hirzel, et al. 2013) bzw. (Fleiter, Schlomann,

gestellt ist die Energieintensität anhand einer Statistik von 2007 für Deutschland. Man erkennt auch, dass energieintensive Branchen nicht unbedingt mit einer hohen Wertschöpfung einhergehen.

Abbildung 21 zeigt für einige ausgewählte Prozesse der industriellen Produktion die auftretenden Temperaturen. Hier ist z. B. zu erkennen, dass im Bereich Lebensmittel bis auf das

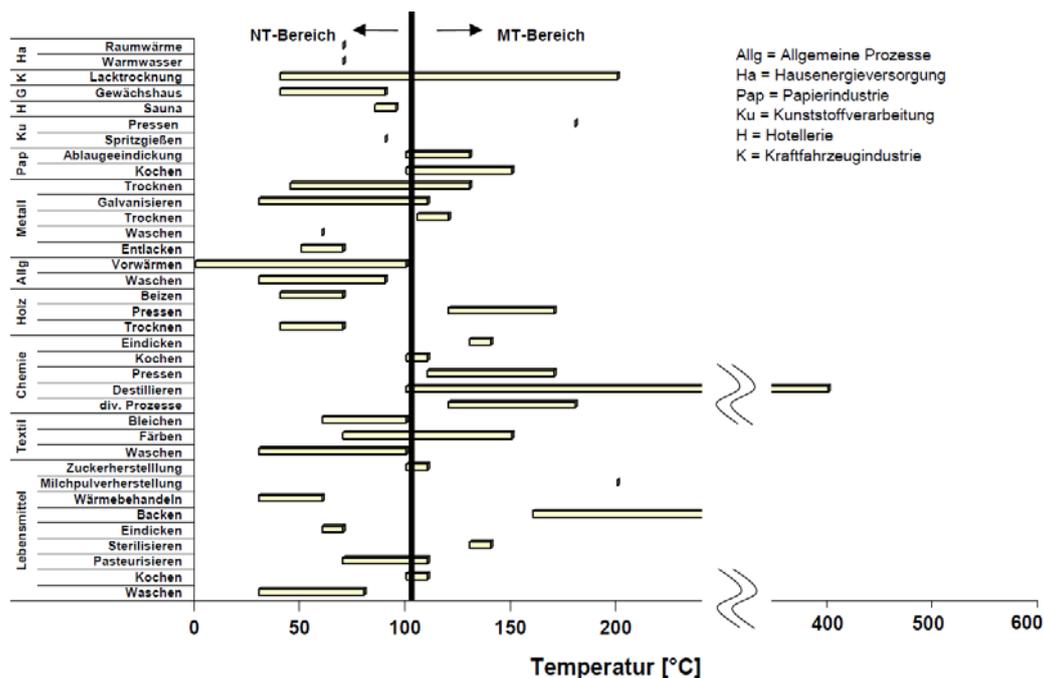


Abbildung 21: Temperaturbereiche verschiedener Prozesse (Blesl, Kempe, et al. 2008)

Backen nicht mit mehr als 100°C gerechnet werden kann (Nieder- bis Mitteltemperatur). Im Fall der chemischen Industrie sind jedoch häufig hohe Temperaturen anzutreffen.

Anhand der qualitativen Beschreibung der Branchen und deren typischen Prozessen werden die Branchen im Folgenden charakterisiert. Die so umrissenen Kennwerte dienen später dazu, das Abwärmepotenzial einzelner Standorte und Wirtschaftszweige zu spezifizieren.

7.1 Herstellung von Nahrungsmitteln (WZ 10)

Einordnung

Zusammen mit der Futtermittelproduktion ist die Nahrungsmittelbranche besonders in den Bereichen Kartoffelverarbeitung, Bäckerei und Zuckerherstellung sehr energieintensiv und benötigt etwa 8% der Endenergie des industriellen Sektors in Deutschland (Fleiter, Schlomann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013). Ca. 70% der Energie wird in diesem Zweigen als Wärme benötigt. Generell ist die Sparte dominiert von kleinen und mittelständischen Unternehmen und wenigen Großunternehmen.

Durch einige große Betriebe ist die Herstellung von Nahrungsmitteln im Landkreis besonders stark vertreten. Vor allem sind hier Bäckereien und Feinkostzubereitung zu nennen. Nach Statistiken des Landes und des Kreises sind allein etwa 10% der in Niedersachsen Beschäftigten dieser Branche im Landkreis Osnabrück tätig (LSN-1 2013) und (Landkreis 2013).

Prozesse und Kennwerte

Generell sind die Abwärmepotenziale stark vom Produkt und dem zugehörigen Prozess abhängig, allerdings treten fast ausschließlich vergleichsweise niedrige Temperaturen auf. Als typische thermische Prozesse sind hier Erwärmen, Kochen, Backen, Trocknen, Verdampfen und Extrahieren zu nennen. Elektrizität kommt meist nur bei der Kühlung, Misch- und Zerkleinerungsprozessen zum Einsatz. Der Energiekostenanteil liegt im Schnitt bei 2,5%, kann bei besonderen Prozessen und Produkten aber bis auf 7% ansteigen, z. B. Kartoffeln, Malz und Stärke (Fleiter, Schlomann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013). Spezifische Daten sind in der Literatur nicht immer zu finden oder zum Teil stark auf einzelne Produkte bezogen. Die Energieagentur NRW hat ebenfalls eine größere Menge an Daten zum Energieverbrauch zusammengestellt, vgl. (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014).

Daten	Beschreibung
80-150°C	Abwärme in der Regel als Luft- oder Wasserstrom
0,1 kWh/l _{Milch}	mittlerer Wärmebedarf Molkerei
0,05 kWh/l _{Milch}	mittlerer Strombedarf Molkerei
1.500 kWh/kg _{Mehl}	mittlerer Wärmebedarf Großbäckerei
200 kWh/kg _{Mehl}	mittlerer Strombedarf Bäckerei
0,1-3,9 (1,2) kWh/kg	Energieeinsatz pro Produktmenge sonst. Ernährungsgewerbe aus (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014)

7.2 Papier- und Zellstoffindustrie (WZ 17)

Einordnung

Die Art der Produktionsprozesse und die jeweiligen Endprodukte vom hochwertigen Druckpapier bis hin zum Recycling-Karton sind sehr unterschiedlich, nur zum Teil werden an den Standorten auch die Fasergrundstoffe selbst gewonnen. Gemein ist allen der hohe Energie- und Wasserbedarf bei der Herstellung. Dadurch und bedingt durch die relative Größe der Fabriken sind meist schon umfangreiche Maßnahmen zur Energieeinsparung und Rückgewinnung vorgenommen worden.

Prozess und Kennwerte Papierindustrie

Im Landkreis finden sich einige Papierhersteller und -verarbeiter. Sie gehören damit automatisch zu den Betrieben mit hohem spezifischem Energieverbrauch. Die Energiekosten werden mit ca. 10% des Umsatzes der Branche angegeben (Kessler und Blesl 2013). Als grundlegende Verfahren sind das Auflösen der Fasern durch Kochen bei bis zu. 170°C und das Walzen und Trocknen bei 90-150°C zu nennen. Nutzbare Abwärmemengen sind daher eher unter 140°C zu erwarten.

Daten	Beschreibung
170°C	Abwasser Kochreaktor
90-150°C	Abluft Trockner (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010)
4,3 GJ/t	Wärmebedarf, Verpackung Papier und Karton (Kessler und Blesl 2013)
0,2-0,6 MWh/t	Strombedarf, s.o.
7 GJ/t	Wärmebedarf, Spezialpapier (Kessler und Blesl 2013)
0,2-1,7 MWh/t	Strombedarf, s.o.

4,0 GJ/t	Wärmebedarf, Hygienepapier (Kessler und Blesl 2013)
0,5-1,1 MWh/t	Strombedarf, s.o.
3,6 GJ/t	Wärmebedarf, Büropapier (Kessler und Blesl 2013)
0,2-1,0 MWh/t	Strombedarf (Kessler und Blesl 2013)

7.3 Gummi- und Kunststoffwaren (WZ 22)

In dieser Branche werden aus primären Grundkomponenten oder Zwischenprodukten einzelne Produkte oder Bestandteile für die weitere Verarbeitung hergestellt. Typische Produkte sind Platten, Folien, Verpackungen, Baubedarf und Kunststoffteile. Nicht gemeint ist hier die Herstellung von chemischen Grundstoffen z. B. durch Polymerisation o. Ä..

Prozess und Kennwerte Gummi- und Kunststoffwaren

In diesem Zweig sind die zugrundeliegenden Prozesse und Verfahren sehr unterschiedlich und bedürfen eigentlich einer genaueren Betrachtung. Das Abwärmepotenzial wird eher als gering eingeschätzt, da es sich meist um rein mechanische Verarbeitungsprozesse oder solche mit geringen Prozesstemperaturen bzw. geringem Energieeinsatz handelt. Dazu zählen z. B. die Vulkanisation von Kunststoffen und der Spritzguss. Strom wird in der Regel zum Mischen, Zerkleinern und für Transportvorgänge genutzt. Die benötigte thermische Energie wird zum größten Teil durch Strom bereitgestellt (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014).

Es soll dennoch eine grobe Zuordnung der zu erwartenden Kenndaten erfolgen.

Daten	Beschreibung
200-270°C	typisch für Spritzguss (Bayr. Landesamt für Umwelt 2002)
0,823 kWh/kg	spez. Strombedarf (PVC), Spritzguss (Bayr. Landesamt für Umwelt 2002)
0,23 MWh/t	Wärmebedarf (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014)

7.4 Glas, Ziegel und Baukeramik (WZ 23)

Einordnung

Dieser Zweig umfasst die Herstellung von Glas, Baukeramik, Ziegel, Zement, Kalkstein und Gips. Typischerweise ist er in Deutschland mit ca. 60 Mitarbeitern pro Betrieb mittelständig geprägt. Mit 7,3% Primärenergiebedarf in Bezug auf das verarbeitende Gewerbe und Industrie und mit ca. 92.196 GJ/Betrieb im Jahr gehört der Zweig zu den energieintensiven, vgl. (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010).

Da besonders die Ziegelherstellung einer der Branchenschwerpunkte im Landkreis ist, soll sie bei der Betrachtung im Fokus stehen.

Prozess und Kennwerte Ziegelei bzw. keramische Industrie

Nachdem Mahlen wird der Tongrundstoff bei 60-150°C getrocknet. Anschließend wird der Rohling in Form gepresst und bei 1.000-1.450°C gebrannt, vgl. (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010).

Der Prozess des Brennens benötigt viel Energie, typischerweise über 6.000 kWh/t, und sehr hohe Temperaturen, wobei aber weniger als 15% der Energie zur chemisch-physikalischen Umwandlung nötig sind. Es wird mit 50-60% Abgas- und Anfahrverlusten gerechnet (Blesl, Ohl, et al. 2010).

Es werden kontinuierliche und zyklische Prozesse eingesetzt, bei denen typischerweise 80% der Energie zur Herstellung mit Brennstoffen und 20% mit Strom (Mahlen) gedeckt werden. Die Energiekosten sind zu ca. 14% an den Produktionskosten beteiligt, vgl. (Kessler und Blesl 2013).

Für das Jahr 2007 gibt das Fraunhofer ISI in (Fleiter, Schlomann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013) einen Ausstoß von 118 kg CO₂/t Ziegel bei einem Gesamtenergiebedarf von 25,5 PJ (Strom: 2,66 PJ und Wärme: 18,6 PJ) an. Nur für die Effizienz der Wärmebereitstellung wird eine Effizienzsteigerung von bis zu 30% technisch für möglich gehalten. Als Kennwerte werden typischerweise folgende Werte genannt:

Daten	Beschreibung
Ziegelindustrie:	
80-200°C	Abgase Brand (Junge 4/2002)
60-150°C	Abluft aus der Trocknung (Junge 4/2002)
5.000-50.000m ³ /h	Abgasstrom für typische Tunnelöfen (Fleiter, Schlomann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013)
1.550-2.300 kJ/kg	spezifischer Energiebedarf (Junge 4/2002)
1,4 GJ/t _{Ziegel}	Wärme (Fleiter, Schlomann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013)
0,2 GJ/t _{Ziegel}	Strom (Fleiter, Schlomann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013)
Keramikindustrie:	
670-3.170 (1.920) kWh/t	Strombedarf (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der

Ernährungsindustrie 2014)

bis 5.300 (2.650) kWh/t Wärmebedarf (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014)

7.5 Stahlerzeugung (WZ 24)

Einordnung

Das Stahlwerk in Georgsmarienhütte ist natürlich im Landkreis der größten Energieverbraucher. In verschiedensten Projekten wurde die energetische Situation der Hütte schon untersucht und dargestellt, u. a. in einer Studie für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt von der Limon GmbH (M. Junge 2011) und dem Klimaschutzkonzept des Landkreises (Vagelpohl, et al. 2011). Der traditionelle Standort produziert hochwertigen Stahl im effizienten elektrischen Lichtbogenverfahren.

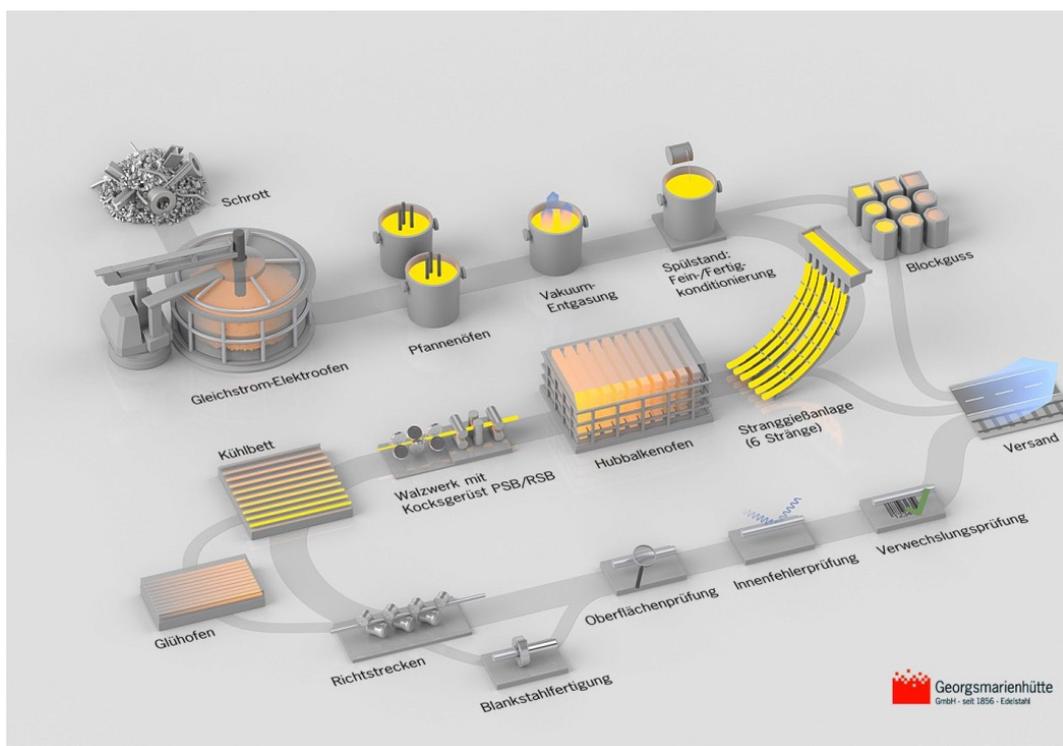


Abbildung 22: Übersicht Standort Georgsmarienhütte

QUELLE: WEBSITE WWW.GMH.DE 24.1.2014

Je nach Produktionsverfahren und Stahlqualität sind aber Abwärmepotenziale der Branche bezüglich Temperatur und Medium verschieden zu bewerten, z. B. Roheisen, Hochofen, Oxygenstahl oder Elektrostahl. In der Regel ist aber davon auszugehen, dass an den Standorten viel mehr Wärme zur Verfügung steht als benötigt wird und das oft auf relativ hohem Temperaturniveau, vgl. auch Wärmenetze Niederrhein Abbildung 14.

Prozesse und Kennzahlen Stahlerzeugung

Da die GMH GmbH das einzige große Stahlwerk im Landkreis ist, werden an dieser Stelle die spezifischen Daten dieses Standortes aufgeführt, soweit sie recherchiert werden konnten. Alle anderen Betriebe dieses Zweiges sind eher im Bereich Verarbeitung zu finden bzw. produzieren Nichteisenmetalle. Produziert wird bei der GMH GmbH aus Schrott Stabstahl, Halbzeug, Rohstahl und Blankstahl. Durch betriebsinterne Optimierungen werden schon in verschiedenen Produktionsschritten Teile der eingesetzten Energie zurückgewonnen und fließen in weitere Prozesse mit ein. Zur weiteren Optimierung und Abwärmenutzung wurde eine DBU-Studie erstellt, die an dieser Stelle mit ausgewertet wurde (M. Junge 2011).

Im ersten Schritt arbeitet die Hütte mit einem energieeffizienten Elektroofen bei bis zu 3.500°C, hier können heiße Abgase genutzt werden. Anschließend wird der Stahl, wie in Abbildung 22 dargestellt, gegossen, temperiert und gewalzt.

Daten	Beschreibung
1.000-1.600°C	Abgase (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010)
100-300°C	Kühlwasser Strangguss (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010)
2,2 GJ/t _{Stahl}	ges. Strombedarf (2010) eigene Angaben (GMH GmbH 2014)
2,8 GJ/t _{Stahl}	ges. Wärmbedarf (2010) eigene Angaben (GMH GmbH 2014)

Aus dem Forschungsbericht der DBU ist folgende Tabelle 9 entnommen, die noch nicht genutzte Abwärmepotenziale beschreibt. Sie werden als ergiebige Quellen beschrieben, aber insgesamt als unwirtschaftlich bewertet, vgl. (M. Junge 2011). Dies hängt vor allem mit dem diskontinuierlichen Anfall, den geringen Temperaturen und der Bindung an ungünstige Medien wie Stahl oder Schlacke zusammen.

Tabelle 9: Theoretische Abwärmepotenziale Georgsmarienhütte GmbH aus (M. Junge 2011)

Quelle	T.niveau [°C]	Trägermedium	Energieinhalt [GWh/a]	Th. Abwärmepotenzial [MW]	Zeitlicher Verlauf
Schlacke	600 – 900	Schlacke	19	3	Intervall
Blocklager	600 – 900	Stahl (fest)	71	4,3*	Kontinuierlich
PO 1+2	Ca. 30	Wasser	11	1,7	Diskontinuierlich
PO 1+2	-	Abluft	-	-	Diskontinuierlich
Ofen 63	80 – 100	Wasser	50	6,3	Kontinuierlich
Ofen 63	400 – 500	Abgas	55	6,9	Kontinuierlich
Glühofen (23+24)	Ca. 700	Abgas	94	17	Diskontinuierlich
Strangguss	Ca. 40	Wasser	> 32	> 5	Kontinuierlich
Strangguss	800 – 1.000	Stahl (fest/flüssig)	2	0,3	Kontinuierlich
Walzwerk	600 – 800	Stahl (fest)	37	5,8	diskontinuierlich
Elo	Ca. 30	Wasser	6	0,9	Kontinuierlich
Elo	70 – 100	Hallenabluft	17	11	Intervall

7.6 Metallverarbeitung und Maschinenbau (WZ 25 und WZ 28)

Diese beiden Bereiche sind sowohl in Deutschland also auch im Landkreis traditionell umsatzstark und intensiv vertreten. Sie unterscheiden sich aber sehr stark, was die tatsächliche Art und den Energieeinsatz der Verarbeitungsprozesse der Betriebe betrifft. Werden Metalle noch geschmolzen oder geformt, nur bearbeitet oder werden Halbzeuge montiert. Selbst energieintensives Schweißen ist für die einzelnen Prozesse und Branchen als Unterscheidungsmerkmal schwer zu fassen und zu beschreiben. Die Unterteilung der Betriebe nach Branchenschlüsseln ist für eine Klassifizierung in der Regel nicht immer ausreichend. Zudem werden in der Literatur, z. B. in „Energieeffizienz in der Industrie“ (Kessler und Blesl 2013), vielfältige Maßnahmen der energetischen Optimierung und Wärmerückgewinnung unterschiedlichster Prozesse aufgezeigt. Eine Nutzung der typischen Abwärmequellen in der Verarbeitung wird oft gar nicht behandelt oder nur auf Herstellungsprozesse mit hohem Temperaturniveau bezogen. Grund dafür ist, dass besonders im Maschinenbau Strom der wichtigste Energieträger ist und vorrangig für Kraftanwendungen genutzt wird. Ebenso behandeln andere Quellen, z. B. vom Fraunhofer ISI (Fleiter, Schломann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013) und dem Institut für ZukunftsEnergieSysteme (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010) diese Branchen. Sowohl bei Schweiß- als auch bei Fräsarbeiten treten aber kaum nennenswert höhere Temperaturen auf und die Abwärme tritt diffus auf und ist schwer zu nut-

zen. Die Energieagentur NRW stellt Energiesparpotenziale zusammen, gibt aber auch nur wenige Verbrauchskennzahlen an (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014).

Es wird nicht zu vermeiden sein, bei der Potenzialabschätzung der verarbeitenden Betriebe anstelle einer diffusen Prognose eine Analyse der tatsächlichen Prozesse durchzuführen, wenn der Verdacht besteht, dass ein nennenswertes Wärmepotenzial besteht. Das könnte in erster Linie bei Unternehmen mit vielen Beschäftigten oder großem Umsatz erfolgsversprechend sein. Diesen Ansatz generell zu verfolgen würde aber den Umfang dieser Studie sprengen. Kennwerte sind:

Daten	Beschreibung
415 - 11.600 (3.3600) kWh/t	Endenergie pro Produkteinheit (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014)
0,78 MWh/t	Strombedarf (Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie 2014)

7.7 Übersicht Temperaturbedarf der Branchen

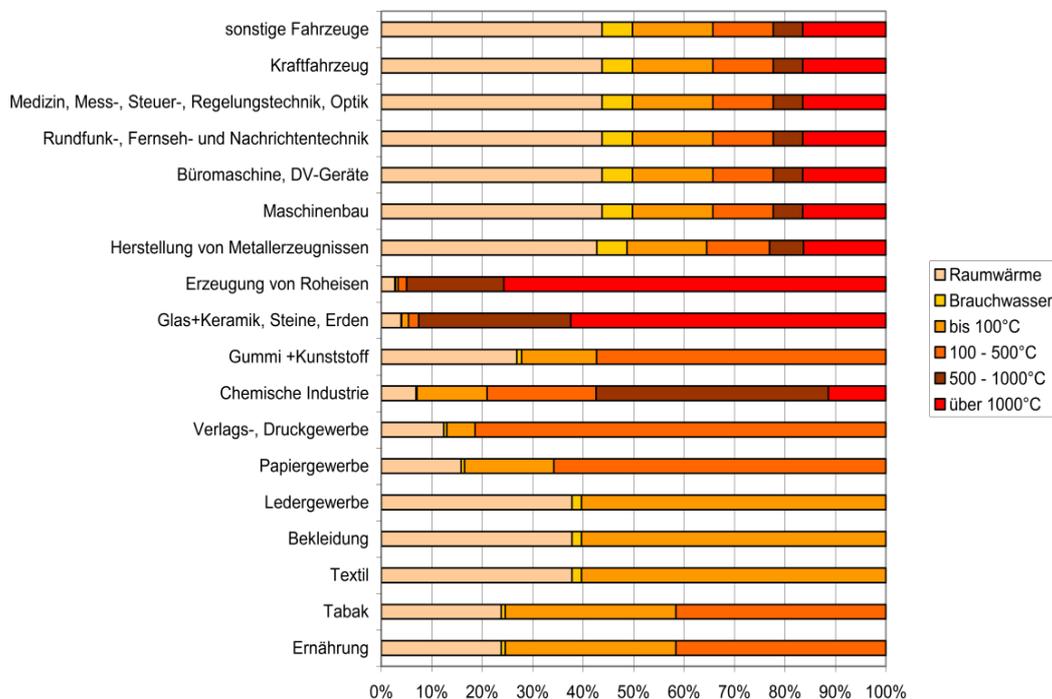


Abbildung 23: Anteiliger Wärmebedarf der Branchen nach Temperaturniveau, aus (Pehnt, et al. 2010)

Eine Übersicht über die typischen Temperaturen bei verschiedenen Wirtschaftszweigen zeigt Abbildung 23. Nicht nur die benötigten Temperaturen sondern auch der Anteil der jeweilig

benötigten Energiemengen ist hier dargestellt. Die anfallenden Abwärmeströme haben natürlich geringere Temperaturen als der Prozess selbst. Je nach Prozessart und Technik kann diese auch deutlich niedriger ausfallen, z. B. bei Wasserkühlung von Maschinen. Sind aber größere Stoffströme beteiligt, z. B. Wasserbäder oder Brennprozesse, dann stehen Abwärmeströme bei annähernd gleichhohen Temperaturen zur Verfügung.

Betrachtet man die für den Landkreis typischen Wirtschaftszweige, so ist erkennbar, dass neben der Metallerzeugung und Ziegelbrennerei vor allem in den Bereichen Nahrungsmittel- und Papiererzeugung eher geringere Maximaltemperaturen von knapp über 100°C zu erwarten sind. Bei speziellen Oberflächenbehandlungen sind in den Sparten Metallerzeugnisse und Maschinenbau zum Teil Temperaturen über 500°C erforderlich, aber häufiger ist ein Niveau deutlich darunter anzutreffen.

8. Beispiele der Abwärmenutzung für typische Branchen des Landkreises Osnabrück (Best Practice)

In diesem Kapitel werden für die identifizierten typischen Branchen des Landkreises Osnabrück Anwendungsbeispiele realisierter Abwärmenutzung vorgestellt. Dabei wurde besonders auf eine Übertragbarkeit und ein hohes umsetzbares Potenzial geachtet.

8.1 Nahrungsmittel (WZ 10)

Bäckerei: Abgasabwärme für die Beheizung und Warmwasserbereitung

In der Broschüre der Sächsischen Energieagentur ist als Praxisbeispiel die Bäckerei Berndt (20 Mitarbeiter) in Eibau dargestellt. Hier wurde in den Rauchgasstrom von zwei Backöfen (53 kW und 43 kW) ein Wärmetauscher eingesetzt, der den Bedarf an Heiz- und Warmwasser des Betriebes und des angeschlossenen Cafés zum großen Teil abdecken kann, vgl. Abbildung 24. Parallel wird die Abwärme der Kühlanlage ebenfalls zur Beheizung genutzt, die Restwärme stellt eine Luft-Wasser-Wärmepumpe bereit.

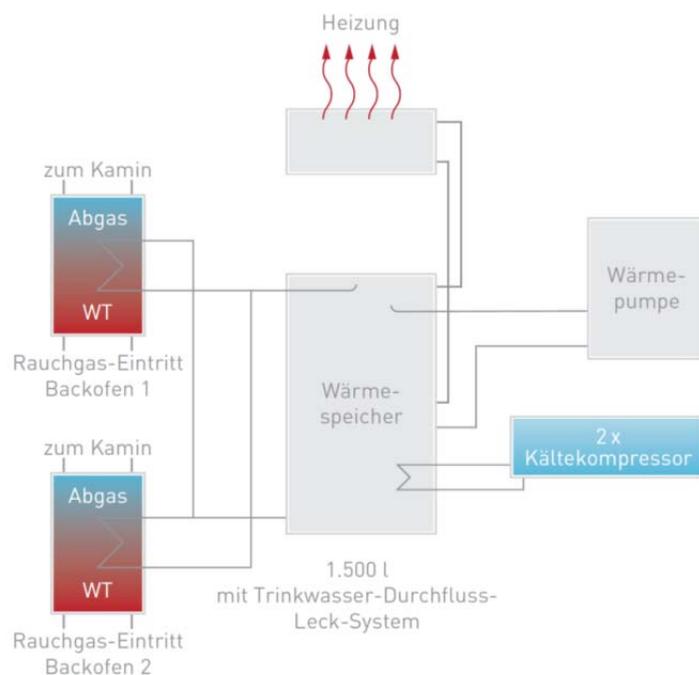


Abbildung 24: Anlagenschema Wärmerückgewinnung Bäckerei (saena-2 2012)

Die Maßnahme spart ca. 6.000 l Heizöl pro Jahr ein und refinanziert sich über die Einsparungen in drei Jahren (Bezugsjahr 2011) (saena-2 2012).

Kühlung von Fleischwaren: Abwärmenutzung aus Verbundkälteanlagen

Die Firma Trüinkel bei Wien verarbeitet 50 t Fleisch in der Woche und benötigt gekühlte Lagerbereiche von -18 bis $+12^{\circ}\text{C}$. Der Verbund aus Kompressionskälteanlagen mit 375 kW benötigt einen eigenen aufwendigen Kondensationskühler. Ein zusätzlicher Wärmeübertrager mit 40 kW kühlt das Medium ab und erwärmt Wasser auf 40°C , sodass deutlich weniger Wärme rückgekühlt werden muss. Auf diese Weise werden im Jahr ca. 217.000 kWh Wärme der Fleischverarbeitung zugeführt und 21.770 m^3 Erdgas eingespart. Die getätigten Investiti-

onen von ca. 12.000 € amortisieren sich also über die Einsparungen an Brennstoff (ca. 8.500 € im Jahr bei 40 €/MWh Gaspreis) innerhalb von zwei Jahren. Es werden 44 t CO₂ im Jahr eingespart (Bachmann, et al. 2008).

8.2 Papier- und Zellstoff (WZ 17)

Abwärme Rotationsdruck: Errichtung einer Wärme Kooperation

Eine Kooperation der Druckerei Körner und den Stadtwerken Sindelfingen macht es seit 2008 möglich, die anfallende Abwärme der Druckmaschinen zu Heizzwecken zu nutzen. Abbildung 25 zeigt eine Ansicht der Standort-

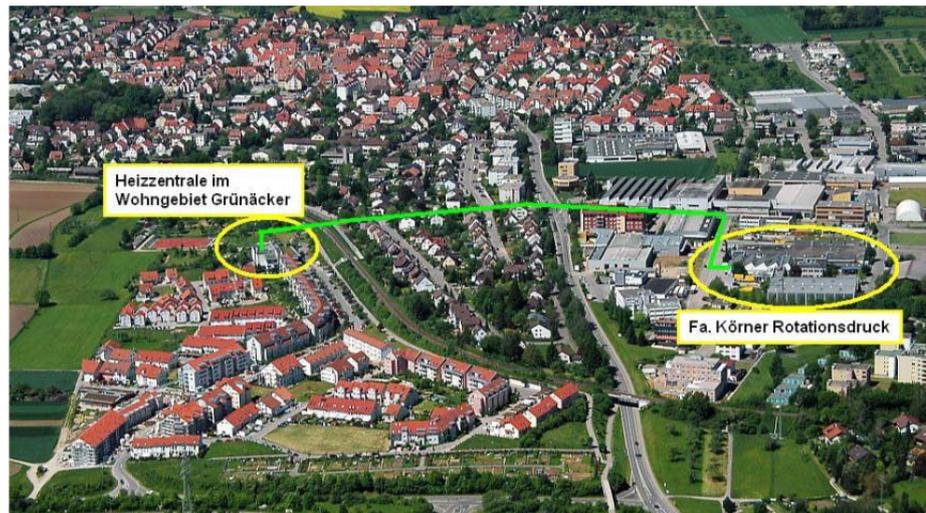


Abbildung 25: Druckerei und wärmeversorgtes Wohngebiet Grünäcker
Bild aus (Pehnt, et al. 2010)

te. Die modernen Offset-Druckmaschinen besitzen eine Erdgas befeuerte Trocknung der bedruckten Papiere. Durch die Belastung der Abluft mit Kohlenwasserstoffen wird eine Nachverbrennung bei 400°C nötig, die diese Stoffe unschädlich macht. Dieser Abgasstrom wird mittels Wärmeübertrager dazu genutzt, Wasser auf 105°C zu erwärmen. Die ausgekoppelte Wärme mit 2.500 kW wird an das Fernwärmenetz übergeben. Auf diese Weise werden 6.000 MWh jährlich genutzt und ersparen auf Seiten der Kesselanlage den Ausstoß von 980 t CO₂, immerhin eine Reduktion um 84%. Interessant ist, dass die 1.100 m Wärmeleitung zur Versorgung der Wohnsiedlung extra für diese Wärme Kooperation neu errichtet wurde. Die Investition in das Netz und den Wärmetauscher von insgesamt ca. 1,5 Millionen Euro tätigten die Stadtwerke und sind trotz Zahlung eines Wärmepreises an die Druckerei in der Lage, einen wirtschaftlichen Betrieb zu realisieren (Pehnt, et al. 2010).

8.3 Gummi- und Kunststoffwaren (WZ 22)

Rohrbedampfung: Nutzung der Abwärme

Die fränkischen Rohrwerke bedampfen aufgewickelte Kunststoffrohre, um sie zu reinigen und zu desinfizieren. Während der etwa 4 Stunden andauernden Reinigung entweicht der Dampf ungenutzt am Ende der Rohre in die Umgebung. Eine Studie untersucht verschiedene Möglichkeiten diese Wärme von ca. 1,25 MW (nur Kondensationswärme) zu nutzen. Neben der rationellen Mehrfachnutzung des Dampfes im Sinne einer Reihenschaltung von Rohrbündeln ist die Dampfkondensation mit Nutzung der Wärme zu Heizzwecken (Prozess- und Raumwärme) sinnvoll möglich (Energieconsulting Heidelberg GmbH 2002). Exemplarisch wurde in dieser Studie berechnet, dass nur für die Speisewasservorwärmung von 10 auf 100°C mit 210 kW der Kondensationswärme 133 MWh Heizenergie im Jahr eingespart werden könnte. Weiterhin wäre es möglich 235 MWh/a durch die Anbindung an das Heizsystem zu sparen. Insgesamt sind die notwendigen Investitionen mit 25.000 € abgeschätzt worden. Rechnerisch könnten so 73 t CO₂ eingespart werden, wobei mit einer Amortisation von knapp zwei Jahren gerechnet werden kann.

8.4 Glas, Ziegel und Baukeramik (WZ 23)

Aufgrund der hohen auftretenden Temperaturen in einigen der typischen Produktionsprozesse dieses Industriezweiges, kommt z. B. bei der Zement- und Ziegelherstellung die Stromproduktion mittels ORC-Anlagen in Betracht. Dies gilt auch für die Metallerzeugung und Erstbearbeitung, sodass einige Technologien dort vergleichbar eingesetzt werden können.

Zementwerk: Strom aus Abwärme der Klinkerkühlung

Eine erfolgreiche Umsetzung aus dem Jahr 2001 stellt das LfU Bayern und eine Broschüre aus Oberösterreich vor (Heidelberger Zement AG 2001) bzw. (Brandstätter 2008). Das Zementwerk in Lengfurt wurde mit einer ORC-Anlage ausgerüstet, um 275°C warme Abluft der Klinkerkühlanlage zu nutzen. Der Wärmeübertrager (12,8 MW) kühlt die Abgase auf 125°C ab und erhitzt ein Thermoöl auf 230°C. Die ORC-Anlage hat eine Verdampferleistung von 8,2 MW und eine elektrische Leistung (netto) von 1 MW. Eine Schemaskizze der Anlage zeigt Abbildung 26. Sie arbeitet mit einem elektrischen Wirkungsgrad von ca. 12,8%. Durch den Jahresstromertrag von ca. 7.200 MWh kann das Werk ca. 12% des eigenen Strombedarfes decken und damit 7.000 t CO₂ einsparen. Die Investition betrug insgesamt ca. 4 Millionen Euro (ohne Fördersumme) und die Amortisation war nach 7-8 Jahren erreicht.

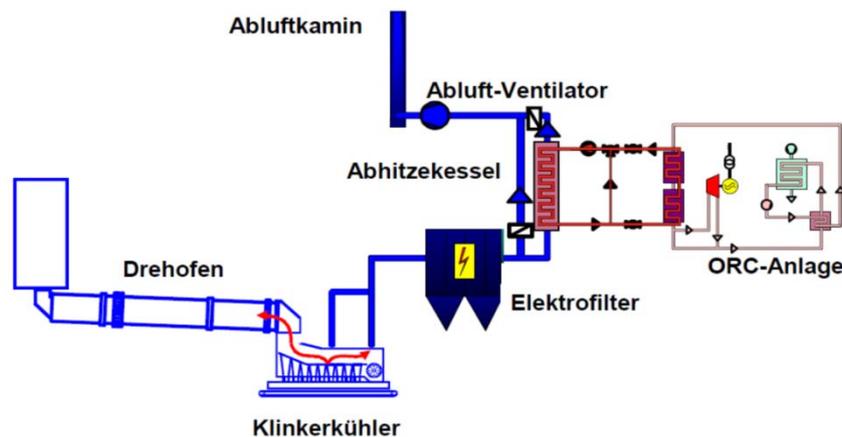


Abbildung 26: Schemaskizze Klinkerkühler mit ORC-Anlage
(Heidelberger Zement AG 2001)

Glasschmelze: Stromerzeugung aus Abwärme von Schmelzwannen

Ein DBU gefördertes Projekt im Jahr 2012 der Gerresheimer Essen GmbH konnte zeigen, dass Abwärme aus Glashütten oder anderen Industrien mit 350-400°C Abgastemperatur ohne zusätzlichen energetischen Aufwand verstromt werden kann. Der geplante elektrische Wirkungsgrad der eingesetzten ORC-Anlage (4,4 MW Abwärmeleistung, 2,6 MW thermische und 500 kW elektrische Leistung) von 20 % konnte aber nicht erreicht werden und es traten weitere technische Probleme auf, die eine Wirtschaftlichkeit des Projektes in Frage stellen. Das Ergebnis des Forschungsprojektes stellt trotzdem fest, dass besonders bei steigenden Strompreisen und bei verbesserter technischer Auslegung durch bessere Erfahrungswerte ein wirtschaftlicher Betrieb erreicht werden kann (Urbana Agimus GmbH 2012).

8.5 Stahlerzeugung (WZ 24)

Aufgrund der hohen Temperaturen kann bei der Stahlerzeugung unter Umständen ebenfalls ein Teil der Abwärme direkt in Strom gewandelt werden.

Elektrostahlerzeugung: Stromerzeugung aus heißen Abgasen

Eine Neuentwicklung von Siemens VAI Materials könnte die Stromproduktion aus Abwärme von Lichtbogenöfen deutlich verbessern. Der Schrott wird dort mittels Lichtbogen bei 3.500°C geschmolzen, die Anlage wird mit Hochspannung gespeist.

Pro Tonne werden etwa 370 kWh benötigt. Die 1.700°C heißen Abgase treten aber nicht kontinuierlich, sondern je nach Produktionszyklus schwankend auf. Ein Salzspeicher, der bisher in solarthermischen Kraftwerken eingesetzt wurde, speichert die Wärme bei 450°C und ermöglicht so einen kontinuierlichen Prozess im nachgeschalteten Wasserdampfkreislauf, vgl. Abbildung 27. Dieser weist mit 24 % noch einen beachtlichen Wirkungsgrad zur Stromproduktion auf. Die Alternative, mittels eines Wärmeübertragers die heißen Abgase des Prozesses zur Wasserdampferzeugung zu nutzen und diesen zwischen zu speichern, wäre deutlich teurer und mit höherem technischen Aufwand verbunden. So spart das Stahlwerk seit 2012 ca. 30.000 t CO₂ im Jahr ein und kann bis zu 20 % des eingesetzten Stroms zurückgewinnen. Außerdem kann der Betreiber die jährlichen Kosten für CO₂-Zertifikate und Strom um ca. fünf Millionen Euro senken. Eine Beschreibung der Pilotanlage durch die Siemens AG selbst findet sich im Onlineportal des Windkraft-Journals der Ausgabe 06/2012 (Aschenbrenner und AG 2012).



Abbildung 27: Salzspeicher zum Puffern Abwärme, Bild: (Innovationsmagazin hitech, Siemens AG 2012)

Stahlerzeugung und Chemiewerk: Einkopplung in Fernwärmenetz

Der Fernwärmeverbund Niederrhein Duisburg Dinslaken speist sein mehr als 500 km langes Netz mit 800 MW Anschlussleistung für 500.000 Einwohner nicht nur mit Wärme aus effektiver Kraft-Wärme-Kopplung. Ein Sekundärnetz mit 30 km Länge und einem Wärmespeicher nimmt an sieben Übernahmestationen industrielle Abwärme aus Stahlwerken und Chemiefabriken auf.

9. Mittlere Abwärmepotenziale im Landkreis Osnabrück

Zunächst soll eine grobe Abschätzung des Abwärmepotenzials für den Landkreis Osnabrück anhand globaler Energieverbrauchszahlen erfolgen. Danach wird anhand gemittelter Abwärmeanteile sowie der Energiekennwerte der Wirtschaftszweige für den gesamten Kreis die theoretisch technisch nutzbare Wärmemenge ermittelt (Top-Down-Methode). Anschließend erfolgt die branchenspezifische Zuordnung spezifischer Kennwerte für Abwärme. Grundlage für die Berechnungen sind vor allem Daten vom Landesamt für Statistik Niedersachsen, der AG Energiebilanzen und der Wigos Wirtschaftsförderung des Landkreises.

An dieser Stelle erscheint es wichtig, hier nochmals auf den Begriff des theoretischen Potenzials einzugehen. Er soll das physikalische Energieniveau der Abwärme beschreiben, das in verschiedenen Branchen vorhanden ist. Erst eine spätere technische und wirtschaftliche Bewertung lässt Schlüsse auf die real umsetzbare Nutzbarkeit der Abwärme zu, vgl. auch Kapitel 2.1 bzw. 9.7.

9.1 Übersicht Kennwerte Abwärmepotenziale

Wie schon im ersten Kapitel 1.1 umrissen, gibt es einige Untersuchungen, die mit verschiedenen Ansätzen versuchen, das Potenzial an Abwärme innerhalb der Industrie zu quantifizieren. Hier sei ein kurzer zusammenfassender Überblick gegeben, zu welchen Ergebnissen diese Studien kommen. Dabei wird der Fokus auf die identifizierten Branchenschwerpunkte des Landkreises Osnabrück gelegt.

Weltweit beschäftigen sich Wissenschaftler und Institute mit der Quantifizierung von Abwärmepotenzialen und wenden unterschiedliche Ansätze an, vgl. auch Kapitel 1.1. In der Regel stellen sie einen Bezug zwischen Energiebedarf bzw. Energieverwendung und dem Abwärmepotenzial her. Tabelle 10 zeigt einen Überblick mit Ergebnissen dreier Studien, dabei sind nur die aufgeführt, deren untersuchte Branchen auch die typische Struktur des Landkreises treffen. Eine direkte Vergleichbarkeit der Daten ist nicht immer gegeben, da Bezüge, Datengrundlage und andere Randbedingungen sich oft unterscheiden. Dennoch kann anhand der erhobenen Kennwerte eine grobe Einordnung erfolgen.

Die norwegische Enova Studie (Sollesnes und Helgerud 2009) und die der TU Graz für die Steiermark (Schnitzer 2012) beruhen auf eigenen Erhebungen mittels Fragebögen bzw. Interviews, während für Deutschland die Begleitforschung (Pehnt, et al. 2010) bzw. (Pehnt, et al. 2011) unterschiedliche sekundäre Quellen auswertet und vergleicht. Sowohl die österreichische als auch die deutsche Studie zitieren die Enova Studie und nehmen diese zum Teil

auf. Zu beachten ist, dass bei Hinweis auf ein höheres Temperaturniveau der Abwärme, z. B. $>140^{\circ}\text{C}$, entsprechend veränderte Abwärmepotenziale zu erwarten sind. Weitere Aussagen zur zeitlichen Verfügbarkeit und der Temperatur werden, wenn überhaupt, nur qualitativ gemacht und im ersten Schritt nicht mit bewertet.

Tabelle 10: Übersicht Kennwerte verschiedener Studien zu Abwärmepotenzialen

Wirtschaftszweig (WZ 2008)	Steiermark (Schnitzer 2012)	Norwegen (Sollesnes und Helgerud 2009)	Deutschland (Pehnt, et al. 2010)
Temperaturbezug	-	$>140^{\circ}\text{C}$	$>140^{\circ}\text{C}$
WZ 10 Nahrungs- Futtermittel	6%	0,2%	0,2%
WZ 17 Papier, Pappe	20%	-	-
WZ 22 Gummi, Kunststoffwaren	-	-	3%
WZ 23 Glas, Steine, Erden	12%	40%*	40%
WZ 24 Metallerzeugung	25%	30,5%*	30%
WZ 25 Metallerzeugnisse	-	-	3%
WZ 28 Maschinenbau	3%	-	3%

* leicht veränderter Branchen-Bezug

Die deutsche Begleitforschung gibt darüber hinaus generell für Abwärme über 60°C einen gesamten Abwärmeanteil von ca. 18% der industriell eingesetzten Endenergie an. Das Landesamt für Umwelt Bayern spricht von 20-30% des industriellen Energiebedarfs, der als Abwärme wiedergewonnen werden kann (Schmitz 2012). Nach einer unveröffentlichten Studie aus Oberösterreich werden für das Gebiet als Gesamtbilanz ca. 25% Abwärmeanteil im Vergleich zum gesamten Energiebedarf festgestellt, vgl. (Pehnt, et al. 2010).

9.2 Mittleres Gesamtpotenzial für den Landkreis Osnabrück

Gemäß den genannten Erhebungen im vorherigen Kapitel kann durchaus mit einem gesamten theoretischen Potenzial zwischen pauschal 18 und 30% des Energieeinsatzes in der Industrie gerechnet werden. In diesem Rahmen bewegen sich die meisten Branchen- und Temperaturunabhängigen Abschätzungen. Setzt man als Bezug die identifizierten wichtigsten Branchen an (vgl. Kapitel 6.3.2), so liegt der gesamte primäre Energiebedarf nach Zahlen für 2012 bei knapp über 12 Mio. GJ, vgl. spätere Berechnung Tabelle 12. Das mögliche Abwärmepotenzial läge nach pauschalen Berechnungen mit den oben genannten Werten damit bei knapp 2,2 bis ca. 3,6 Mio. GJ. Aus diesen Werten können zwar keine direkten Schlüs-

se über die tatsächliche Verfügbarkeit der Branche und der Temperatur gezogen werden, aber die gesamte theoretisch nutzbare Menge kann grob beziffert werden.

9.3 Energieverwendung der Branchen als Grundlage

Um das Abwärmepotenzial genauer zu erfassen und verlässlicher zu ermitteln, wird es aus branchenspezifischen Zahlen der Energieverwendung abgeleitet. Aufgrund der verfügbaren konsistenten Datenbasis vom Landesamt für Statistik wird die Energieverwendung aus dem Jahr 2012 zugrunde gelegt, die zuvor noch in Endenergieanteile umgerechnet werden muss. Nur durch spezifische Energiedaten für die einzelnen Branchen wird die Berechnung der Potenziale detaillierter. Wie schon in Kapitel 6.3 ausgeführt werden nur die wichtigen, energieintensiven Branchen analysiert. Diese vereinen knapp 94% des gesamten Energiebedarfs des verarbeitenden Gewerbes im Landkreis, vgl. Tabelle 8.

Durch den starken regionalen Bezug und die vergleichsweise geringe Anzahl an Betrieben einzelner Zweige im Landkreis sind leider einige Daten in verschiedenen Branchen, z. B. zum Verbrauch von Öl und Wärme, aus Datenschutzgründen in den Tabellen des Landesamtes nicht angegeben. Sie tauchen lediglich in den Gesamtsummen auf.

Tabelle 11: Energieverwendung der wichtigsten Branchen,
grau: keine Angaben wegen Datenschutz, nach (LSN-2 2012)

WZ Landkreis Osnabrück, nach LSN 2012	Energieverbrauch in GJ							Differenz		
	insgesamt	Kohle	Heizöl	Erdgas	erneuerb. Energien	Strom	Wärme	sonstige Energietr.	absolut	%
Abschnitt C - verarbeitendes Gewerbe	12.599.112		145.042	6.747.067	253.832	5.103.670	318.759		30.742	0,2
WZ 10 Nahrungs- und Futtermitteln	3.030.609	0		1.670.996	0	1.041.433		0	318.180	10,5
WZ 17 Papier, Pappe und Waren daraus	1.964.263	0	1.448		0	374.602	0		1.588.213	80,9
WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren	405.199	0		91.680		292.543	0	0	20.976	5,2
WZ 23 Glas, Keramik, Steinen u. Erden	1.491.260		12.491	1.285.159	0	166.338	0		27.272	1,8
WZ 24 Metallerzeugung und -bearbeitung		0	0		0		0	0		
WZ 25 Metallerzeugnisse	473.987	0		197.268		223.430	0	0	53.289	11,2
WZ 28 Maschinenbau	244.652	0	20.067	109.794		90.617			24.174	9,9

Tabelle 11 zeigt für die ausgewählten Branchen die Energieverwendung für das Jahr 2012. Grau gekennzeichnet sind die Felder, die aus Gründen des Datenschutzes keine Verbräuche einzelner Energieträger enthalten. In den letzten beiden Spalten ist angegeben, wie groß die Differenz der Beträge aus den gelöschten Zellen zur Gesamtsumme in Spalte 2 ist (absolut und anteilig in %). Die Abweichung beträgt in der Regel weniger als 11%. Nur für den Zweig WZ 17 (Herstellung/Verarbeitung von Papier) liegt ein erheblich größerer Fehlbetrag von knapp 81% des Gesamtenergiebedarfs vor. Hier ist von einer größeren Unsicherheit in den abgeschätzten Daten auszugehen.

Um die Fehlstellen in der Tabelle zu füllen, wird je nach Wirtschaftszweig wie folgt vorgegangen. Da im Osnabrücker Land nur wenig Betriebe Metalle wirklich produzieren und die

Georgsmarienhütte GmbH (GMH GmbH) der mit Abstand größte Betrieb ist, werden an dieser Stelle in Tabelle 12 aufgrund mangelnder Angaben, die direkt verfügbaren Daten der GMH GmbH im WZ 24-1 Metallerzeugung für den gleichen Zeitraum eingesetzt, (GMH GmbH 2014) und (R. Laermann 2014). Die Differenz zur Gesamtsumme wird in eine zweite Zeile WZ 24-2 aufgenommen und repräsentiert neben der GMH GmbH alle verbleibenden Betriebe der Branche.

Für alle anderen Wirtschaftszweige erscheint es sinnvoll und ausreichend genau, die fehlenden Verbräuche aus der Differenz zur Gesamtsumme und der durchschnittlichen Verteilung der Energieverwendung in den einzelnen Branchen gemäß der Statistik für das Land Niedersachsen abzuleiten, vgl. dazu (LSN-2 2012). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Energieverwendung innerhalb einer Branche im Landkreis sich vergleichbar verteilt, wie es aus der Statistik für das Land Niedersachsen hervorgeht.

Die so ergänzten Daten der Energieverwendung sind in Tabelle 12 dargestellt. Aufgrund der Ergänzungen von Daten im WZ 24 und der Verteilung auf Energieträger nach externem Branchenschlüssel sind die Summen der Branchen in der Zeile „Abschnitt C - verarbeitendes Gewerbe“ nicht mehr direkt vergleichbar mit der Tabelle 11.

Tabelle 12: Energieverwendung der wichtigsten Branchen im Landkreis
inkl. Ergänzungen nach Verteilschlüssel Land Niedersachsen

WZ Landkreis Osnabrück 2012	Energieverbrauch in GJ							
	insgesamt	Kohle	Heizöl	Erdgas	erneuerb Energien	Strom	Wärme	sonstige Energietr.
Abschnitt C verarbeitendes Gewerbe	12.599.112		145.042	6.747.067	253.832	5.103.670	318.759	
WZ 10 Nahrungs- und Futtermitteln	3.030.609	0	176.510	1.670.996	0	1.041.433	141.670	0
WZ 17 Papier, Pappe und Waren daraus	1.964.263	0	1.448	1.140.355	0	374.602	0	447.858
WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren	405.199	0	9.600	91.680	11.376	292.543	0	0
WZ 23 Glas, Keramik, Steinen u. Erden	1.491.260	16.861	12.491	1.285.159	0	166.338	0	10.410
WZ 24-1 Metallerzeugung und -bearbeitung	385.633	0	0	212.098	0	173.535	0	0
WZ 24-2 GMH	3.960.000	0	0	2.178.000	0	1.782.000	0	0
WZ 25 Metallerzeugnisse	473.987	0	43.207	197.268	10.081	223.430	0	0
WZ 28 Maschinenbau	244.652	0	20.067	109.794	3.702	90.617	17.242	3.230
<i>Summe (WZ10,17,22-25,28)</i>	<i>11.955.602</i>	<i>16.861</i>	<i>263.324</i>	<i>6.885.350</i>	<i>25.159</i>	<i>4.144.498</i>	<i>158.912</i>	<i>461.499</i>

9.4 Mittleres Abwärmepotenzial der wichtigsten Branchen

Vergleichbar mit dem Ansatz des Institutes für ZukunftsEnergieSysteme wird das Potenzial des gesamten Landkreises anhand des Energiebedarfs der Branchen abgeleitet. Dazu sind einige Annahmen und Abschätzungen zu treffen, die anhand von Kennwerten aus der Literatur oder eigener Überlegungen festgelegt wurden, vgl. (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010) bzw. (AGEB 2014) und (Hirzel, et al. 2013). Grundsätzlich wird in einem ersten Schritt aus den statistischen Daten der Energieverwendung der Endenergiebedarf für jede Branche be-

rechnet. Im zweiten Schritt werden je Branche Prozesswärme und andere Nutzungsenergien anhand von folgenden Ansätzen abgeschätzt, vgl. (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010).

- Die Umwandlungsverluste Primärenergie in Endenergie (Kohle, Öl, Gas und sonstiges) betragen 25% (nicht bei Stromproduktion).
- Strom, erneuerbaren Energien und Fernwärme werden keine Wandlungsverluste zugeschrieben.
- Der mittlere Anteil an Prozesswärme an der Endenergie beträgt 66,8%.
- Der mittlere Anteil an mechanischer Energie an der Endenergie beträgt 10%, Schätzung (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010).
- Bei reiner Wärmenutzung wird ein Wirkungsgrad von 90% angesetzt, Schätzung (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010).
- Für die Stromproduktion aus Abwärme wird ein maximaler Wirkungsgrad von 15% angenommen, vgl. Kapitel 5.3.1. und Schätzung (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010).

Dabei ist zu bedenken, dass diese Annahmen branchenübergreifend gleich angewendet werden und damit spezifische Differenzierungen nach besonderen Technologien und Prozesseigenschaften nicht getroffen werden können.

Tabelle 13 gibt die nach diesen Ansätzen ermittelten, theoretischen Abwärmepotenziale für die betroffenen Branchen im Landkreis Osnabrück an. In der Spalte Endenergie ist der Betrag angegeben, der sich nach den getroffenen Annahmen aus den Daten der Energieverwendung in Tabelle 12 inklusive der nach den in Kapitel 9.3 ergänzten Beträge ergibt. Die Spalten geben pro Wirtschaftszweig die berechneten theoretischen Potenziale bei reiner Wärmenutzung und bei Produktion von Strom und Wärme wider.

Tabelle 13: Mittlere theoretische Abwärmepotenziale der wichtigsten Branchen Landkreis Osnabrück

WZ Landkreis Osnabrück 2012	Energie in GJ						
	Primärnergie	Endenergie	Prozesswärme	mech. Energie	nutzb. Abwärme	reine Wärmenutzg.	max. Stromerzg.
WZ 10 Nahrungs- und Futtermitteln	3.030.609	2.568.733	1.715.913	256.873	1.183.672	1.065.305	177.551
WZ 17 Papier, Pappe und Waren daraus	1.964.263	1.566.847	1.046.654	156.685	722.003	649.803	108.300
WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren	405.199	379.879	253.759	37.988	175.048	157.543	26.257
WZ 23 Glas, Keramik, Verarb. Steine u. Erden	1.491.260	1.160.030	774.900	116.003	534.542	481.088	80.181
WZ 24-1 Metallherzeugung und -bearbeitung	385.633	332.609	222.183	33.261	153.266	137.939	22.990
WZ 24-2 GMH	3.960.000	3.415.500	2.281.554	341.550	1.573.862	1.416.476	236.079
WZ 25 Metallherzeugnisse	473.987	413.868	276.464	41.387	190.710	171.639	28.607
WZ 28 Maschinenbau	244.652	211.379	141.201	21.138	97.403	87.663	14.610
<i>Summe (WZ10,17,22-25,28)</i>	<i>11.955.602</i>	<i>10.048.844</i>	<i>6.712.628</i>	<i>1.004.884</i>	<i>4.630.507</i>	<i>4.167.457</i>	<i>694.576</i>

Interessant ist ein Vergleich der Gesamtsumme „nutzbare Abwärme“ zu den überschlägigen Ergebnissen aus Kapitel 9.2. Dort wird insgesamt ein Potenzial von 2,2 bis 3,6 Mio. GJ an Abwärme abgeschätzt, während hier nur für die hier betrachteten starken Branchen sogar bis 4,6 Mio. GJ ermittelt werden. Die Größenordnung der beiden Ansätze ist trotz der unter-

schiedlichen Berechnungsansätze vergleichbar, jedoch ist nach dem zweiten Ansatz das Potenzial um einiges größer. Auch hier wird die Unsicherheit in der Anwendung pauschaler Berechnungskennwerte und Ansätze aus der Literatur über alle Branchen hinweg deutlich.

9.5 Abwärmepotenziale nach Branchen

Die Verteilung der Abwärmepotenziale und -anteile in den bisherigen Betrachtungen entspricht der Verteilung des Energiebedarfs innerhalb der Branchen, da hier für alle Wirtschaftszweige die gleichen pauschalen Kennwerte verwendet wurden. Um eine verbesserte Qualität der Potenzialberechnungen zu erreichen, müssen branchenspezifische Berechnungsschlüssel recherchiert und festgelegt werden. Nur durch den Bezug auf die einzelnen Prozesse und Temperaturen können die Branchenpotenziale untereinander aussagekräftiger gestaltet werden. Durch die genauere Anpassung an die Branchen können die Energiekennwerte und Potenziale genauer werden, da sie erst dann auf typische Prozesse und deren Besonderheiten eingehen.

Tabelle 10 in Kapitel 9.3 zeigt die aus detaillierten Studien für Norwegen, die Steiermark und Deutschland recherchierten Abwärmeanteile der Endenergieverbräuche auf. Für einige Branchen liegen die Angaben in der Literatur nicht weit auseinander, bei anderen muss genau auf die beteiligten Betriebsbranchen der Studien geachtet werden, z. B. WZ 10 Nahrungsmittelindustrie und WZ 23 Ziegel- und Keramikindustrie. Für die weitere Umrechnung der Endenergieverbräuche in Abwärme werden folgende Anteile verwendet, s. Tabelle 14:

Tabelle 14: Angesetzte Abwärmeanteile

Branche	Abwärmeanteil
WZ 10 Nahrungs- Futtermittel	6%
WZ 17 Papier, Pappe	20%
WZ 22 Gummi, Kunststoffwaren	3%
WZ 23 Ziegel, Keramik, Glas	40%
WZ 24 Metallerzeugung	30%
WZ 25 Metallerzeugnisse	3%
WZ 28 Maschinenbau	3%

Für die Branche Nahrungsmittel wurde aus Tabelle 10 der höhere Wert von 6% gewählt (anstelle 0,2%), da in diesem Fall nicht der Temperaturbezug $>140^{\circ}\text{C}$ angenommen wurde. Bei der Zubereitung von Nahrungs- und Lebensmitteln treten typischerweise häufig Prozess-temperaturen unter 140°C auf, sodass die größten Abwärmepotenziale auch unter 140°C liegen dürften.

Für die Verarbeitung Steine und Erden wurde ebenfalls der höhere Wert ausgewählt, da aus den Statistiken bekannt ist, dass im Landkreis aus dieser Branche verhältnismäßig viele Firmen der Ziegelproduktion und Glasverarbeitung mit hohen Prozesstemperaturen ansässig sind.

Berechnet man nun für jede Branche das spezifische Abwärmepotenzial, so findet eine Verschiebung der energetischen Schwerpunkte statt. Bei den vorher gewählten Ansätzen sind die Zweige mit hohem Energieinput auch diejenigen mit hohen Abwärmepotenzialen, z. B. 1. Metallerzeugung, 2. Nahrungsmittel, 3. Papier. Durch die neue Gewichtung folgen aber der Metallerzeugung an zweiter Stelle die Ziegelindustrie und danach die Papierherstellung, gefolgt von der Nahrungsmittelproduktion, vgl. Tabelle 15. Die Gesamtsumme der Abwärmepotenziale beträgt nun aber nur noch knapp 2,1 Mio. GJ, also deutlich weniger als in den pauschalen Schätzungen ohne Differenzierung der Schlüssel für die einzelnen Branchen. Aufgrund der genaueren Datengrundlage erscheint diese Potenzialberechnung als die verlässlichste.

Tabelle 15: Abwärmepotenziale nach Branchen

WZ Landkreis Osnabrück 2012	Energie in GJ			
	Primärnergie	Endenergie	Abwärme	Anteil %
WZ 10 Nahrungs- und Futtermitteln	3.030.609	2.568.733	154.124,0	6
WZ 17 Papier, Pappe und Waren daraus	1.964.263	1.566.847	313.369,5	20
WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren	405.199	379.879	11.396,4	3
WZ 23 Glas, Keramik, Verarb. Steine u. Er	1.491.260	1.160.030	464.011,9	40
WZ 24-1 Metallerzeugung und -bearbeitu	385.633	332.609	99.782,6	30
WZ 24-2 GMH	3.960.000	3.415.500	1.024.650,0	30
WZ 25 Metallerzeugnisse	473.987	413.868	12.416,0	3
WZ 28 Maschinenbau	244.652	211.379	6.341,4	3
<i>Summe (WZ10,17,22-25,28)</i>	<i>11.955.602</i>	<i>10.048.844</i>	<i>2.086.092</i>	

9.6 Vergleich der ermittelten Potenziale

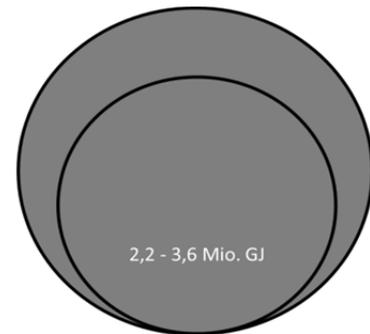
Nicht nur in der absoluten Höhe, sondern auch in der Verteilung auf die Branchen unterscheiden sich die zuvor ermittelten Potenziale. Dies zeigt die bestehenden Unsicherheiten, die einerseits auf eine ungenügende Datenlage hindeuten, andererseits auch auf die unterschiedliche Beurteilung durch Ansätze aus der Literatur zurückzuführen sind. Bezüge, sowohl für die Ausgangsdaten als auch für die Potenzialermittlung, wie z. B. Temperaturen oder technische Wirkungsgrade, sind nicht in allen Punkten direkt vergleichbar. Dennoch sind die Größenordnungen in den ermittelten Summen durchaus ähnlich.

Abbildung 29 zeigt für die drei Ansätze jeweils proportional zum Durchmesser die ermittelten theoretischen Abwärmepotenziale mit deren Verteilung auf die Branchen.

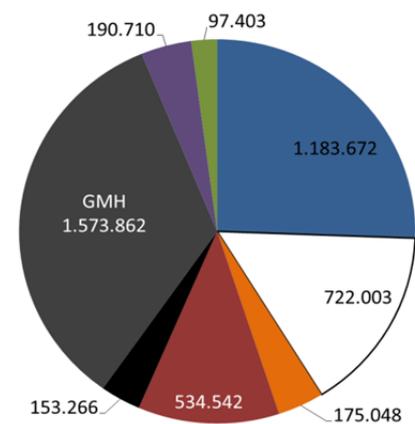
Teil a) verdeutlicht nach dem pauschalen Ansatz von 18-30% Abwärmeanteil an der Endenergie das Potenzial von 2,2 bis 3,6 GJ im Jahr, vgl. Kapitel 9.2.

Unter b) ist für alle Branchen die in Tabelle 12 entwickelte Energieverwendung zugrunde gelegt worden. Darauf aufbauend wurde für alle Wirtschaftszweige von vergleichbaren Abwärmeanteilen ausgegangen, s. Kapitel 9.4.

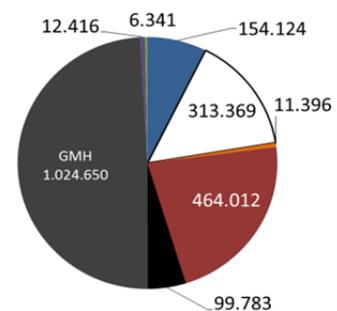
Die Darstellung c) differenziert die angenommene Energieverwendung je Branche mit unterschiedlichen Abwärmeanteilen, wie in Kapitel 9.5 gezeigt. Der Vergleich zwischen b) und c) zeigt nicht nur das verringerte Gesamtpotenzial der branchengenauen Betrachtung, sondern auch die veränderte Verteilung der Abwärme anhand der Sektorendarstellung.



a) pauschale Abwärme
2,2 - 3,6 Mio. GJ



b) gemittelte Abwärmeanteile
ca. 4,6 Mio. GJ



c) branchengenaue Berechnung
ca. 2,1 Mio. GJ

Abbildung 29: Vergleich der drei berechneten theoretischen Abwärmepotenziale des Landkreises in GJ pro Jahr

9.7 Technische, wirtschaftliche und umsetzbare Potenziale

Die angegebenen Abwärmemengen sind als *rein theoretische Potenziale* zu verstehen. Die tatsächliche Nutzbarkeit in technischer und besonders wirtschaftlicher Hinsicht kann nicht generell ermittelt werden. Vielmehr hängt das nutzbare Potenzial von den Betrieben die als Wärmequelle dienen selbst ab, ebenso wie von den möglichen Wärmeabnehmern und deren Lage. In den ersten Kapiteln dieser Studie ist schon angeklungen, dass nicht nur objektiv einfach zu beurteilende Kriterien entscheidend sind, sondern zum Großteil auch wirtschaftliche und unternehmerische.

In der Studie „Abwärmekataster Steiermark“ der TU Graz wird *als theoretisch technisches Potenzial* der Abwärme die Energie bezeichnet, die aufgrund der höheren Temperatur indirekt oder direkt genutzt werden kann, vgl. (Schnitzer 2012). Dabei wird als Bezugstemperatur, auf die der Wärmestrom bei der Nutzung abgekühlt werden kann, 20°C angenommen.

Als *wirtschaftliches Potenzial* wird der Anteil des theoretischen Potenzials betrachtet, der mittels üblicher Methoden der Wirtschaftlichkeitsrechnung, z. B. Annuitätenmethode VDI 2067, innerhalb von 5 Jahren als amortisiert gilt. Dabei gelten je nach Anlagentechnik unterschiedliche Bezugstemperaturen, die Tabelle 16 dargestellt sind.

Tabelle 16: Bezugstemperaturen für die Potenzialberechnung (Schnitzer 2012)

Wärmenutzung	Beispiele	Bezugstemperatur
Technisches Potenzial	zur allgemeinen Beurteilung	20°C
Prozessintern	Luftvorwärmung, Rohstoffvorwärmung	80°C
Betriebsintern	Raumwärme, kaskadische Nutzung	40-80°C
Extern	Fernwärme	90°C
Indirekte	Wärmepumpe	10°C
Organic Rankine Cycle	Verstromung: ORC-Turbine	80°C
Rankine Cycle	Verstromung: Dampfturbine	450°C
Sorptionskältemaschine	Antrieb einer Kältemaschine	75°C

Als *umsetzbar* gilt ein Potenzial, wenn neben den technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen alle anderen Hemmnisse, die z. B. Logistik, Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit u. Ä. betreffen, ausgeräumt sind, vgl. Kapitel 3.1.

Die folgende Tabelle 17 zeigt die verschiedenen für die Steiermark erhobenen wirtschaftlichen und umsetzbaren Potenziale als prozentuale Anteile an der theoretisch nutzbaren Abwärme. Die Werte sind nicht direkt übertragbar oder als eindeutig branchentypisch zu verstehen, geben aber trotzdem einen Eindruck davon, dass vom berechneten theoretischen

Potenzial oft nur ein Bruchteil, hier von maximal 26%, real nutzbar sein wird. Die Übertragung auf eine reale Umsetzbarkeit findet in dieser Studie ausdrücklich nicht statt.

Tabelle 17: Wirtschaftliche und umsetzbare Potenziale ausgewählter Branchen (Schnitzer 2012)

Abwärmepotenzial	wirtschaftlich	umsetzbar
Nahrungsmittel (WZ 10)	20%	4%
Papier & Zellstoff (WZ 17)	23%	19%
Eisen- und Stahlherstellung (WZ 24)	12%	5%
Steine, Erden Glas (WZ 23)	22%	4%
Maschinenbau (WZ 28)	60%	26%

Als zusammenfassende Darstellung der auftretenden Probleme in der Steiermark gibt die Studie folgende Grafik an. Als technische Hemmnisse für die Abwärmenutzung sind damit nur ein Viertel der Hemmnisse zu beschreiben, während gut 30% aus finanziellen und 15% des Potenzials aus Mangel an erreichbaren Wärmeabnehmern nicht realisiert werden können (Schnitzer 2012).

Haupthindernisse für Abwärmenutzungen

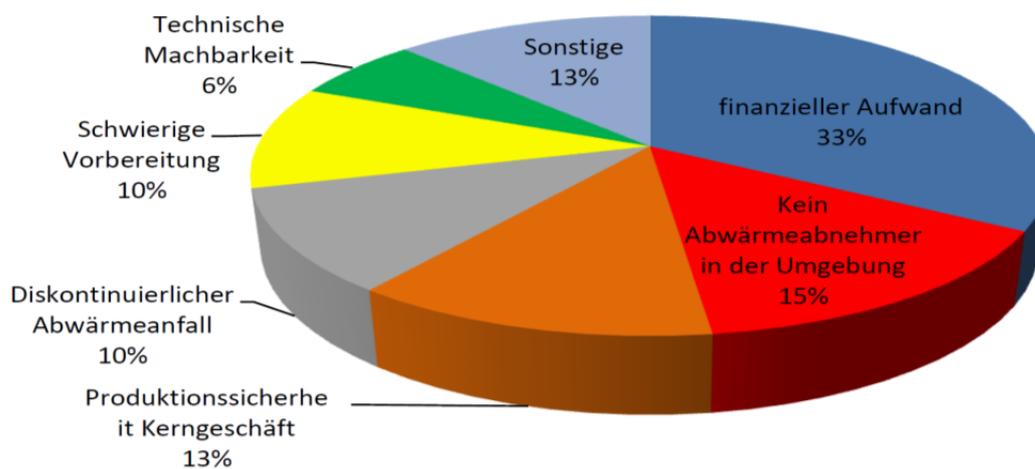


Abbildung 30: Haupthindernisse für eine Abwärmenutzung in der Steiermark (Schmitz 2012)

10. Regionale Verteilung der Abwärmepotenziale nach Branchen

Um die regionale Verteilung der Abwärmepotenziale im Landkreis zur verdeutlichen, soll im Folgenden aus den im letzten Teil berechneten potenziellen Abwärmeströmen ein Bezug zur Lage und Größe der Unternehmen hergestellt werden. Als Datengrundlage steht dazu die MARKUS-Datenbank zur Verfügung, die Anzahl der Beschäftigten und Gemeindegemeinschaften für jeden verzeichneten Betrieb bereithält, vgl. Kapitel 6.2.2. Die Zuordnung und Skalierung der Abwärmeströme erfolgt anhand der Beschäftigtenzahlen. Deutlich bessere Ergebnisse würden sicherlich durch Bezüge zu individuellen Energieverbrauchsdaten oder auch Stoff- bzw. Produktströme erzielt werden können, aber diese Daten stehen aktuell nicht zur Verfügung. Damit ist die Erzeugung von regionalen Mustern der quantitativen Abwärmepotenziale nur eine grobe Struktur, die sich als Schlüssel für die lokale Verteilung nur auf die Anzahl der Arbeitsplätze der Unternehmen als Kenngröße stützt.

Da die exakten Werte des theoretischen Abwärmepotenzials der einzelnen Standorte nur von geringer Bedeutung sind, erfolgt die Darstellung grafisch anhand von Kreisen, deren Flächeninhalt der Größe des Potenzials entspricht. Soweit noch lesbar darzustellen, sind die jährlichen Abwärmebeträge in GJ angegeben. Auf diese Weise wird im Überblick für den Landkreis die regionale Verteilung der Potenziale für einzelne Branchen bzw. in seiner Gesamtheit grob dargestellt. Alle Abbildungen zu den Potenzialen der Branchen besitzen den gleichen Maßstab und sind damit auch untereinander vergleichbar. Die für die folgenden Darstellungen genutzte Hintergrundkarte wurde vom Landkreis Osnabrück zur Verfügung gestellt.

10.1 WZ 24 Metallerzeugung

Wie bereits in Kapitel 9.3 geschildert, wird dieser Zweig anhand der unternehmensspezifischen Daten der GMH GmbH separat von den restlichen Betrieben des Zweiges dargestellt. Für diese wurden nach Anzahl der Beschäftigtenzahl das Potenzial ermittelt und verteilt. Deutlich zu erkennen ist, dass die GMH GmbH die Branche energetisch stark dominiert. Noch dazu ist die Datenlage aufgrund der geringen Anzahl der

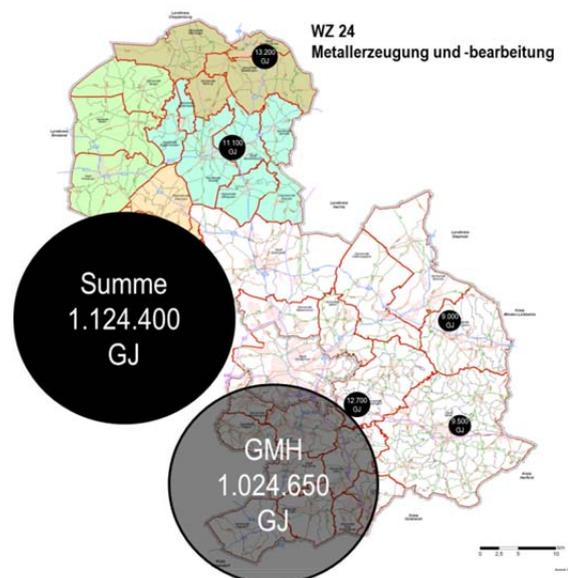


Abbildung 31: Abwärmepotenziale Metallerzeugung, getrennt ermittelt nach GMH GmbH und anderen

beteiligten Betriebe nicht detailliert zuzuordnen und basiert auf unterschiedlichen Quellen.

10.2 WZ 23 Ziegel und Keramik

Dieser Wirtschaftszweig weist in Summe das zweitgrößte Potenzial an Abwärme im Landkreis auf und wird durch wenige Standorte der Ziegelherstellung dominiert. In Abbildung 32 sind alle bekannten Unternehmensstandorte mit ihrem ermittelten Potenzial dargestellt. Eine Konzentration ist für das Gebiet Georgsmarienhütte festzustellen. Die Branche zeichnet sich insgesamt durch wenige Betriebe mit einem hohen individuellen Potenzial aus. Damit ist Sie sehr interessant für die Abwärmennutzung.

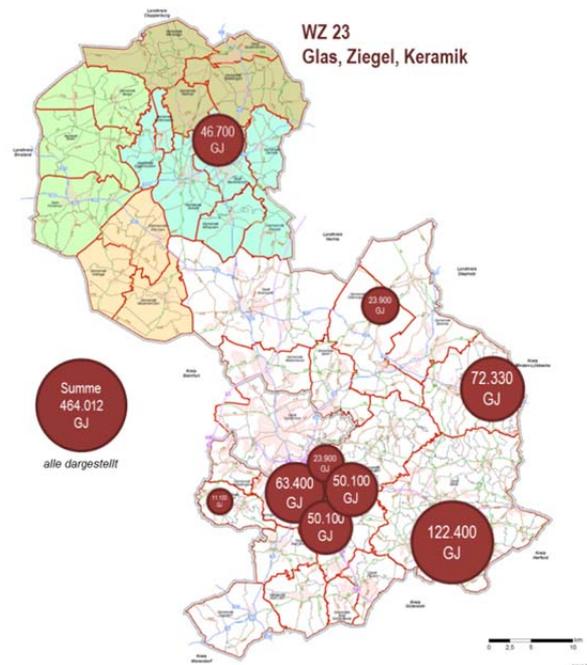


Abbildung 32: Abwärmepotenzial WZ23 Ziegel, Glas und Verarbeitung Steine u. Erden

10.3 WZ 10 Nahrungs- und Futtermittel

Traditionell ist der Zweig Nahrungsmittelproduktion im Landkreis Osnabrück stark durch einzelne große, aber auch durch viele kleine Betriebe vertreten. Das zeigt auch Abbildung 33, in der alle Betriebe verzeichnet sind. Eine Konzentration des Abwärmevorkommens größerer Betriebe ist für die Gemeinden Dissen, Belm, Bramsche und Nortrup zu erkennen. Kleine Betriebe sind verteilt über den Landkreis ebenfalls anzutreffen. Aufgrund der zu erwartenden niedrigen Prozesstemperaturen ist eine Nutzung generell schwierig und individuell zu prüfen.

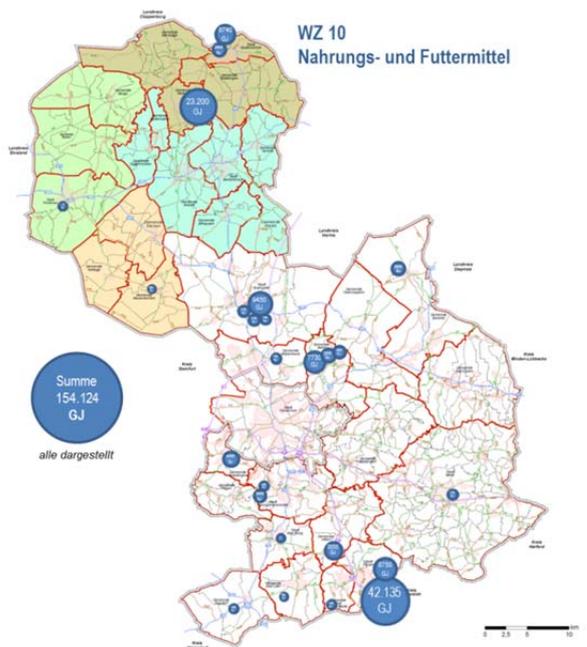


Abbildung 33: Potenzialdarstellung für WZ 10 Nahrungs- und Futtermittelherstellung

10.4 WZ 17 Papier und Pappe

Technisch bedingt ist die Papierherstellung und Weiterverarbeitung eine Großtechnologie mit wenigen Standorten. Abbildung 34 zeigt die sechs bekannten Standorte dieser Branche im Landkreis Osnabrück, die nach den dargestellten Ansätzen aber jeder für sich große Potenziale aufweisen. Hier liegt die Chance für eine erfolgreiche Abwärmekooperation in der schon vorherrschenden Konzentration auf wenige Standorte.

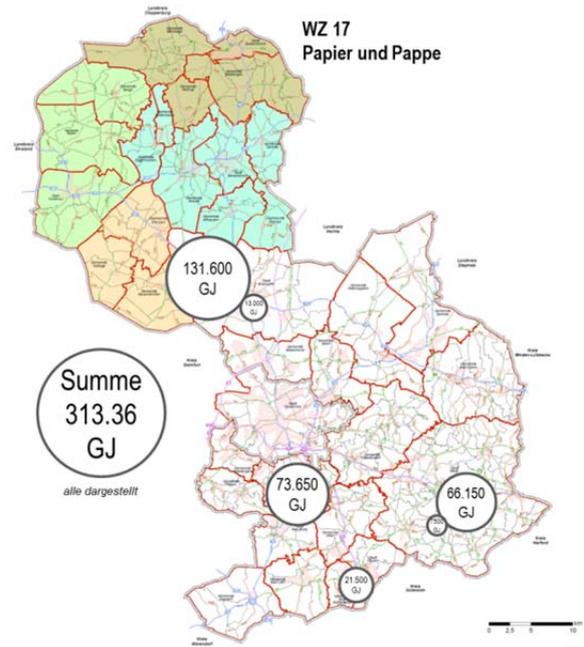


Abbildung 34: Potenzialdarstellung Abwärme für die Papierindustrie (WZ17)

10.5 WZ 22 Gummi- und Kunststoffwaren

In der gummi- und kunststoffverarbeitenden Industrie wird Energie vor allem im Bereich Kraftherzeugung und Bearbeitung mittels elektrischen Stroms eingesetzt, dazu kommt ein Teil für thermische Verarbeitung wie z. B. Schmelzprozesse. Insgesamt ist eine Abwärmenutzung aufgrund der meist diffusen Quellen schwierig. Abbildung 35 zeigt acht der 17 Standorte im Landkreis mit mehr als 500 GJ Abwärmepotenzial, die bis auf die Gemeinde Melle keine nennenswerten Konzentrationen aufweisen.

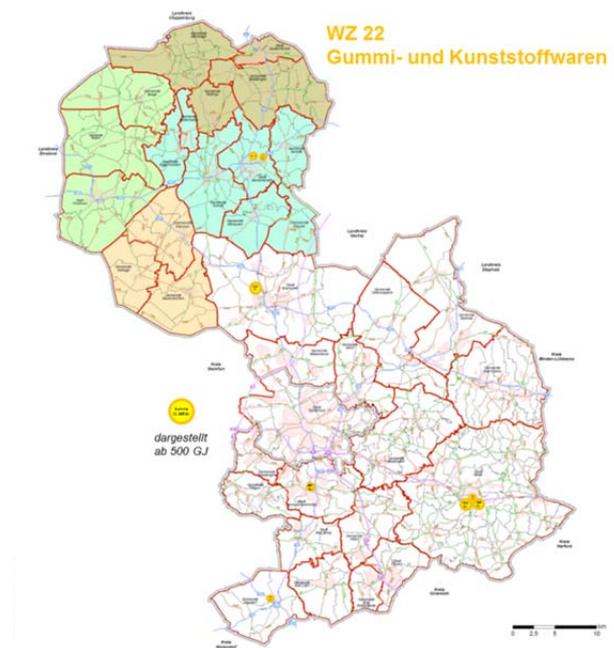


Abbildung 35: Standorte der Branche Gummi- und Kunststoffwaren (WZ22) ab 500 GJ/a Abwärmepotenzial

10.6 WZ 25 Metallerzeugnisse

Auch in diesem Branchenzweig der Metall-erzeugnisverarbeitung ist der Energieein-
satz vor allem im Bereich Kraftanwendun-
gen zu finden, der nur schwer als Wärme-
quelle zu nutzen sind. Abbildung 36 zeigt
neun der 34 Standorte, für die mehr als 300
GJ Abwärme ermittelt wurden. Bedingt
durch vorwiegend kleine Betriebsgrößen
mit bis zu 50 Mitarbeitern und die große
produktionstechnische Spezifikation sind
viele Betriebsstätten im Landkreis verteilt
anzutreffen und nicht auf industrielle Zen-
tren konzentriert.



Abbildung 36: Standorte der Branche Metallerzeugnisse (WZ25) ab ca. 300 GJ/a Abwärmepotenzial

10.7 WZ 28 Maschinenbau

Die Struktur in der Branche Maschinenbau
ist vergleichbar mit der Herstellung von Me-
tallerzeugnissen. Viele Betriebe mit zum Teil
wenig Beschäftigten prägen das Bild. Gene-
rell ist das Abwärmepotenzial, wie auch Ab-
bildung 37 zeigt, gering und über den gan-
zen Kreis auf viele Standorte verteilt. Darge-
stellt sind 14 der 42 Standorte, für die mehr
als 200 GJ/a Abwärmepotenzial berechnet
wurden.



Abbildung 37: Potenzialdarstellung Maschinenbau (WZ28) ab 200 GJ/a Abwärmepotenzial

10.8 Zusammenfassung der wichtigsten Branchen

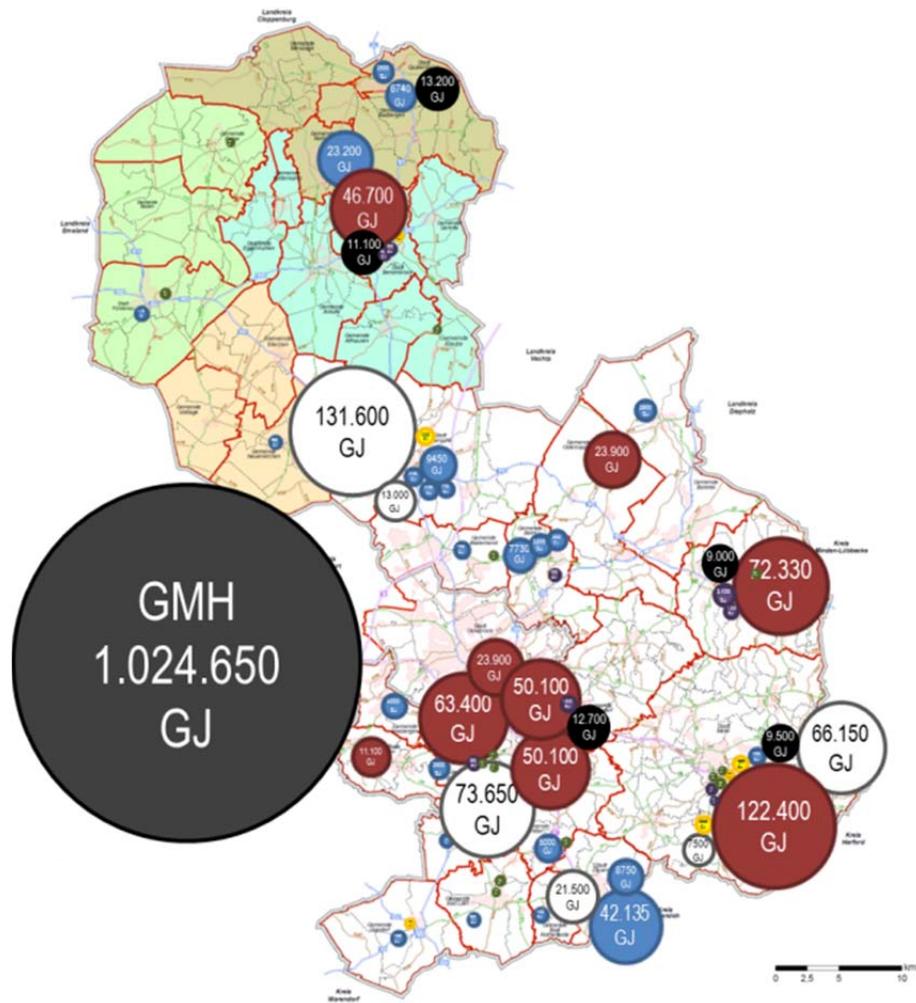


Abbildung 38: Darstellung aller betrachteten Branchen mit den errechneten jährlichen Abwärmepotenzialen für ausgewählte Standorte

Für alle Branchen, die als besonders relevant erachtet wurden, ist in Abbildung 38 eine zusammenfassende Darstellung der berechneten jährlichen Abwärmepotenziale dargestellt. Es handelt sich hier um eine zusammenfassende Darstellung der Abbildung 31 bis Abbildung 37. Es wird besonders deutlich, dass die spezifischen Abwärmeströme in Abhängigkeit von Branchenzugehörigkeit und Betriebsgröße sehr unterschiedlich groß ausfallen. Einmal mehr wird als größtes Potenzial die GMH GmbH sichtbar. Sie weist ca. 50% des gesamten theoretischen Potenzials konzentriert an einem Standort auf.

Als Orte mit hoher Dichte an Abwärme fallen folgende besonders ins Auge:

- Georgsmarienhütte
- Melle
- Dissen
- Bad Essen
- Bramsche / Wallenhorst
- Bersenbrück

Da der örtliche Bezug nur durch den Gemeindeschlüssel erfolgt, sind detaillierte Schlüsse auf eine mögliche lokale Nutzung der Abwärme auf Grundlage dieser Auswertung noch nicht zu ziehen und bedürfen genauer Analysen in höherer regionaler Auflösung.

11. Analyse bereits entwickelter Leitfäden, bestehender Wärmeatlanten und Portale

Im Rahmen der Klimaschutzbemühungen sind einige Studien, Leitfäden und Portale entstanden, die eine umweltfreundliche Nutzung von Abwärme als Haupt- oder auch Nebenthema behandeln. Besonders das Interesse und die Aktivitäten der Länder und Kommunen sind sehr groß. Hier soll ein kurzer Überblick über bestehende Projekte gegeben werden, die anhand konkreter Regionen eine Potenzialbeschreibung vornehmen. Die anschließende Analyse soll zeigen, welche Punkte und Inhalte auch für die Übertragung auf ein Wärmekataster des Landkreises Osnabrück als sinnvoll erscheinen.

Ebenso enthält dieses Kapitel eine Kurzbeschreibung der verfügbaren wichtigen Portale bzw. Verzeichnisse, die Informationen zur regionalen Abwärmenutzung bündeln und zugänglich darstellen. Dort kann man von gemachten Erfahrungen profitieren.

11.1 Leitfäden und Methodenkataloge zur regionalen Potenzialbewertung

Bei der Darstellung und Kurzanalyse der bestehenden Arbeiten soll lediglich ein Überblick über die wichtigsten Projekte aufgestellt werden, die den Fokus Abwärmenutzung betreffen. Viele der Studien sind inhaltlich schon in den Kapiteln 2, 3 und 4 aufgegriffen und als Quelle genutzt worden.

11.1.1 Leitfaden Wärmelandkarte Bayern

Nachdem das Landesamt für Umwelt Bayern schon viele Leitfäden zum Thema Abwärme veröffentlicht hat, z. B. (Schmitz 2012) und (EU-Consult 2008), wurde in einem groß angelegten Projekt die konkrete Umsetzung auf das Land Bayern realisiert, siehe (Coplan AG 2012). Motivation war neben der Förderung umweltfreundlicher Energienutzungen, Standortvorteile bei Gewerbeansiedlungen und Synergien für die Aufstellung eines Energienutzungsplanes zu nutzen, s. auch (Hamacher und Hausladen 2011).

Der Leitfaden stellt zuerst Methoden und Handlungsempfehlungen zur Datenaufnahme und Erfassung in Betrieben vor. Für die Auswertung werden konkrete Rechenvorschriften zur Ermittlung der Potenziale angegeben. Ebenso werden Verfahren zur Bestimmung des Wärmebedarfs von Siedlungen vorgestellt. Nach der Erörterung von Fragen des Datenschutzes gibt der Leitfaden Bewertungsmöglichkeiten für die ermittelten Potenziale vor und beschreibt die Eingabe der Projektinformationen in das Datenbanksystem der Wärmelandkarte Bayern. Die Visualisierung im Geoinformationssystem (GIS) wird ebenfalls dargestellt, vgl.

Kapitel 11.2 . Zusätzlich dazu wurde eine Software erstellt, die für die Datenerfassung und Auswertung genutzt werden kann.

11.1.2 Wärmealas Baden-Württemberg

Das Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung IER der Universität Stuttgart hat modellhaft für drei Mustergemeinden eine Methodik zur Entwicklung von Wärmealanten erstellt (Blesl, Kempe, et al. 2008). Darin wird die Erhebung des Wärmebedarfs für Wohnen, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen einer Region mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt. Des Weiteren wird das Potenzial der erneuerbaren Energien, der industriellen Abwärmepotenziale und der Möglichkeiten der Versorgungsstrukturen unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitsaspekten dargestellt. Am Schluss erfolgt eine Übertragung der Systematik auf ganz Baden-Württemberg. Bezüglich der Abwärmenutzung wird dabei besonders auf die Schwierigkeit hingewiesen, dass industriell geprägte Gebiete mit nennenswertem Abwärmeaufkommen oft nur in größerer Entfernung zu städtischen Regionen mit passendem Wärmebedarf zu finden sind.

11.1.3 Potenzialstudie Deutschland vom IZES

In einer bisher nicht veröffentlichten Potenzialstudie zur industriellen Abwärme in Deutschland des Institutes für ZukunftsEnergieSysteme IZES gGmbH wird neben der Darstellung von Technologien zur Abwärmenutzung eine deutschlandweite Branchenanalyse durchgeführt (Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES 2010). Darin werden typische Prozesse und deren Temperaturen und Abwärmequellen einzelner Industriezweige beschrieben. Anschließend werden anhand von statistischen Daten der Energieverwendung in Deutschland gemittelte nutzbare Branchenpotenziale der Abwärme berechnet. Aufgrund der generell schweren Verfügbarkeit der Daten, räumt die Studie große Unsicherheiten in der Berechnung ein, weshalb bisher auf eine Veröffentlichung verzichtet wurde.

11.1.4 Deutsche Begleitforschung: Nutzung industrielle Abwärme

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung der nationalen Klimaschutzinitiativen hat das ifeu Institut in Heidelberg mit dem Fraunhofer ISI in Stuttgart, dem IREES aus Stuttgart und weiteren Instituten einen Bericht zur Nutzung der industriellen Abwärme, den technisch-wirtschaftlichen Potenzialen und der energiepolitischen Umsetzung verfasst (Pehnt, et al. 2010) und (Pehnt, et al. 2011). Neben der technologischen Beschreibung wird die Potenzialermittlung anhand von Praxisbeispielen und Rechercheergebnissen aus den in Deutschland

gemachten Erfahrungen und anhand der Literatur methodisch beschrieben und bewertet. Innerhalb der abgehaltenen Workshops im Rahmen des Forschungsprojektes zu Energieeffizienz der nationalen Klimaschutzinitiative werden Rahmenbedingungen, Hemmnisse und Handlungsempfehlungen für eine verbesserte Abwärmenutzung ausgearbeitet und dargestellt.

11.1.5 Abwärmestudien Norwegen und USA

Die norwegische Studie der ENOVA aus dem Jahr 2009 betrachtet vor allem die typische Industrie des Landes. Als eine der wenigen Untersuchungen weltweit gründet sie auf einer systematischen Befragung und Auswertung von Einzelbetriebe und klassifiziert damit ca. 63% des norwegischen Energiebedarfs der Festlandindustrie klassifiziert. Einzelne Branchen werden analysiert und energetisch bewertet, sodass tatsächlich berechnete Abwärmeanteile in Bezug auf den Energieeinsatz für verschiedene Temperaturbereiche dargestellt werden können (Sollesnes und Helgerud 2009).

Eine U.S-amerikanische Studie aus dem Jahr 2004 ermittelte das Abwärmepotenzial mit Hilfe des Energieeinsatzes und der abgeschätzten Wirkungsgrade der eingesetzten Anlagen und Prozesse. An den Beispielen der chemischen Industrie und der Öl- und Holzverarbeitung wurden die Ergebnisse dargestellt (Pellegrino, Margolis und al 2004). Beide Studien werden auch in der deutschen Begleitstudie des ifeu Institutes herangezogen (Pehnt, et al. 2010).

11.1.6 Vergleich der betrachteten Leitfäden

Die Ansätze und Ziele der oben dargestellten und analysierten Leitfäden sind jeweils unterschiedlich. Einige nehmen sehr stark auf die lokalen Bezüge (Land oder Region) Rücksicht und formulieren Ansätze, Potenziale und Methoden eng an der spezifischen Anwendung des untersuchten Gebietes, so z. B. die Studien aus Norwegen, den USA und in Teilen auch der Wärmeatlas Bayern. Die Begleitstudie aus Deutschland, die Betrachtungen des IZES und der Wärmeatlas Baden-Württemberg formulieren hingegen allgemeine Methoden, die sich auch auf konkrete Regionen oder Länder anwenden lassen.

Bei allen gleich ist jedoch, dass die entwickelten Kennwerte zur Abschätzung der Potenziale nur nach eingehender Analyse übertragbar sind. Entweder sind die Kennwerte spezifisch für die Region durch Befragungen erhoben und damit auf die dort typische Industrie zugeschnitten, oder sie sind ganz allgemein hergeleitet bzw. ermittelt worden. Beide Wege haben den Nachteil, dass die Werte nicht ohne weitere Betrachtung übertragen werden können. Die

dargestellten Systematiken und Methoden lassen sich in Teilen sehr wohl auf andere Regionen anwenden und anpassen.

11.2 Portale, Atlanten und Kataster

Es folgt ein kurzer Überblick der wichtigsten recherchierten Projekte der zugänglichen Informationsportale.

11.2.1 Energie-Atlas Bayern

Das Webportal stellt eine Datensammlung dar, welches auf einem internetbasierten GIS (Geoinformationssystem) verschiedenste energetische Potenziale aufzeigt, z. B. zu den Themen Biomasse, Geothermie, Solarenergie, Wasserkraft, Windenergie und Abwärme. Dort sind unter anderem Standorte, Kenndaten, Planungsgrundlagen und Beispiele hinterlegt und für jedermann abrufbar. Anlageninformationen können über das Portal selbst oder über den Betreiber (Land Bayern) gemeldet werden.

Sofern sich das Portal auf Abwärme bezieht, basiert es auf der in Kapitel 11.1 beschriebenen Methodik. Zusätzlich bietet es eine Abwärmeinformationsbörse, über die Informationen über Wärmesenken und Abwärmequellen aufgenommen und im GIS dargestellt werden. Ähnliche Anwendungen gibt es auch für andere Energiethemen, z. B. Solardachbörse. Der Name der Website lautet: www.energieatlas.bayern.de, vgl. Abbildung 39.

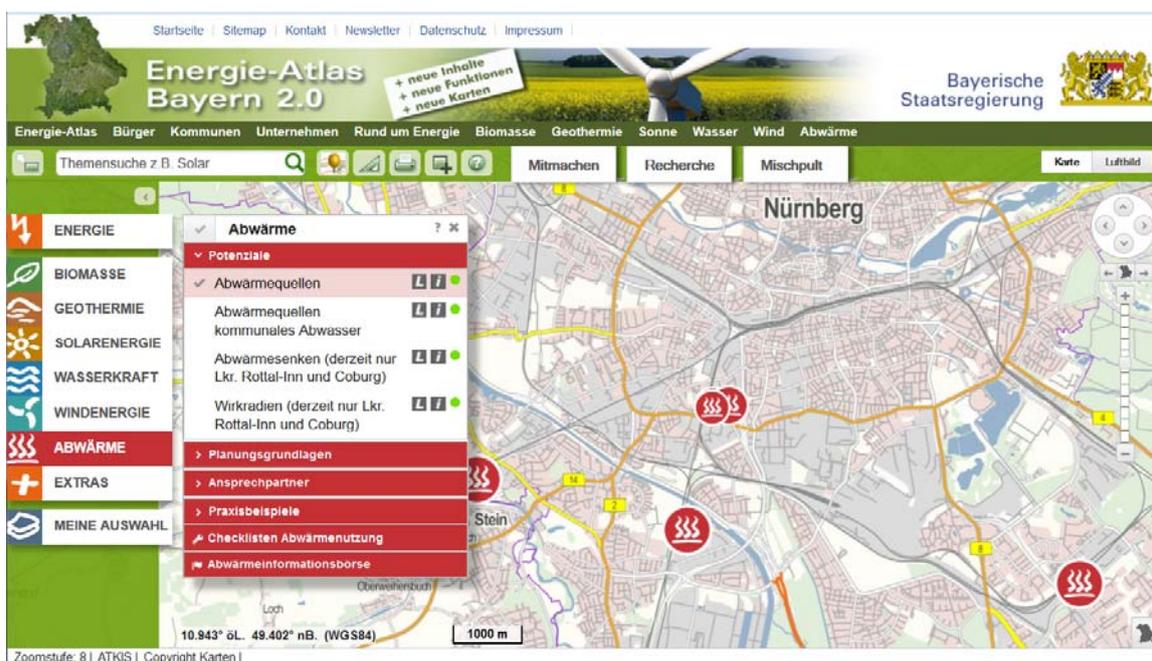


Abbildung 39: Screenshot Energieatlas Bayern (Bayr. Landesamt für Umwelt, Energie-Atlas Bayern 2.0 2014)

11.2.2 Energieportal Sachsen

Ähnlich dem Energieatlas Bayern hat die Sächsische Energieagentur saena ein GIS-Portal ins Leben gerufen, das neben der Darstellung von Abwärmequellen auch andere Anlagenstandorte und Energiepotenziale wie Solar-, Wind-, Wasserenergie usw. darstellt. Zusätzlich sind zu Energiethemen Experten, Institute und andere Links einbezogen. Ebenfalls von der saena erstellt, ist eine an dieser Stelle schon öfters zitierte Broschüre zu Technologien der Abwärmenutzung (saena-2 2012), die sich aber auf technische Inhalte und Beschreibungen beschränkt. Nach einer Anmeldung können Abwärmedaten an den Betreiber des Portals übermittelt werden, die anschließend geprüft und veröffentlicht werden. Ein Screenshot zeigt die Abbildung 40.

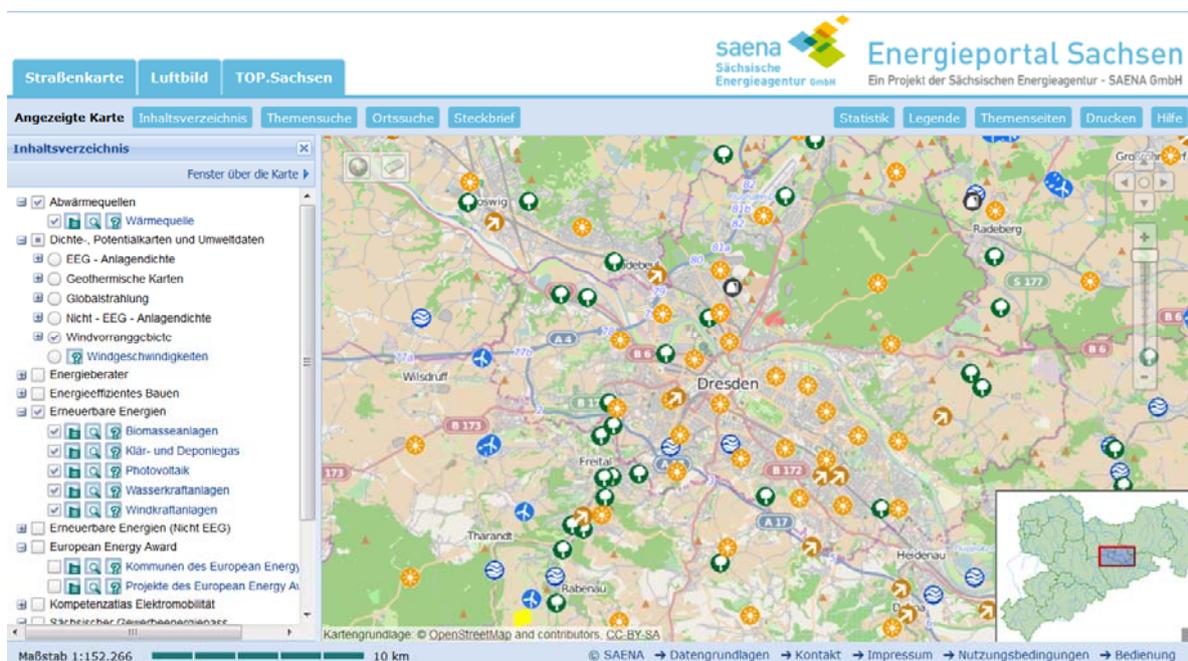


Abbildung 40: Screenshot Energieportal Sachsen (saena-1 2014)

11.2.3 Abwärmekataster Steiermark

Die Studie der Technischen Universität Graz aus dem Jahr 2012 stützt sich auf statistische Daten und auf Ergebnisse aus Interviews bzw. Firmenbesuchen und stellt konkrete Ergebnisse für das österreichische Bundesland Steiermark vor. Neben der Branchen- und Potenzialanalyse wurden Hemmnisse der Abwärmenutzung analysiert und besonders die Rolle der Kraft-Wärme-Kopplung beleuchtet. Ferner werden auch das Potenzial der erneuerbaren Energien und der Energiebedarf von Gebäuden betrachtet. Eine grafische Aufbereitung und ein Informationsportal existiert jedoch nicht (Schnitzer 2012). Im Anhang des Berichtes befindet sich unter anderem eine Dokumentation zu den verwendeten Fragebögen.

11.2.4 Abwärmepotenzialkataster Thüringen

Die Thüringer Energie- und GreenTechAgentur ThEGA in Erfurt hat in einem Projekt mit mehreren Partnern die Möglichkeit geschaffen in einer interaktiven Karte, neben den installierten Anlagen für regenerative Energien auch Abwärmequellen und Wärmesenken einzutragen, siehe Abbildung 41. Die Eingabe



Abbildung 41: Abwärmepotenzialkataster der ThEGA Thüringen (Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur; ThEGA 2014)

der wichtigsten Kenndaten (Branche, Temperatur, Menge, Leistung etc.) erfolgt durch die Akteure selbst mittels eines Webformulars (Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur; ThEGA 2014). Nach der Freigabe der Daten durch die ThEGA werden diese in der Karte über ein Pull-Down Menü sichtbar gemacht. Die Abbildung 41 zeigt einen Ausschnitt der Karte. Bisher konnten aber noch keine Einträge aus dem Kataster abgerufen werden.

11.2.5 Vergleich bestehender Abwärmeportale

Alle dargestellten Portale sind leicht zugänglich und bieten intuitive Möglichkeiten, um unkompliziert und schnell Informationen zu Abwärmequellen und Senken zu veröffentlichen. Allerdings können sie wegen der begrenzten Informationsmenge nur der Anfang einer möglichen Abwärmekooperation darstellen. Soweit die bisherigen Recherchen gezeigt haben, verfügt keine der Plattformen über eine hinterlegte, deutlich größere Datentiefe, als die öffentlich einsehbaren Kennwerte. Eine aktive Moderation im Sinne von Datenmanagement und aktiver Zusammenführung von Anbieter und Abnehmer ist nicht zu erkennen. Ein solcher Schritt erfordert zwangsweise eine starke Reglementierung der Zugriffe auf unterschiedliche Datentiefen und einen hohen Aufwand an Pflege und Akquise neuer Akteure, damit die Chancen auf aktive Abwärmekooperationen erhöht werden können.

Die dargestellten Portale sind zwar leicht verfügbar, Anbieter bzw. Abnehmer von Wärme sind in der Regel sogar namentlich verzeichnet, aber die technische Informationstiefe ist meist wenig aufschlussreich. Meist wird nur Medium und Temperatur der Abwärmequelle genannt.

Da aber alle Angaben, soweit zu erkennen ist, von den Firmen und Unternehmen selbst eingestellt werden, kann bei allen dargestellten Standorten grundsätzlich von einem Interesse an einer Kooperation ausgegangen werden. Die Kontaktdaten sind zwar direkt verfügbar, aber ein aktives Datenmanagement seitens des Betreibers ist nicht ersichtlich.

12. Bestehende Wärmenetze und Abwärmekooperationen

Ein großer Teil der Abwärme entsteht auf niedrigem Temperaturniveau, sodass sie in vielen Fällen direkt nur als Heizwärme sinnvoll genutzt werden kann. Eine Möglichkeit ist es, neue Abwärmekooperationen zwischen Beteiligten mittels einer Wärmeleitung umzusetzen. Ebenso sinnvoll ist es, bestehende Wärmeverteilnetze zu nutzen. Im Landkreis sind bereits verschiedenste Netze in unterschiedlicher Größe installiert. Sie reichen von klassischen Fernwärmenetzen in Städten und Kommunen bis hin zu kleinen separaten Versorgungseinheiten in ländlich geprägten Bereichen, die mit Biomasse betrieben werden.

Die folgende Aufzählung bestehender Netze und Abwärmekooperationen hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, zeigt aber, dass auch im Landkreis Osnabrück Ansätze vorhanden sind, die aufgenommen und beachtet werden sollten. Ausdrücklich nicht aufgenommen sind BHKW-Anlagen, deren Wärme unmittelbar in der Nähe genutzt wird, z. B. Biogas aus Putenmist zur Beheizung von Putenställen mittels KWK.

12.1 Wärmenetze

Aufgrund eines fehlenden zentralen Verzeichnisses ist die Erstellung einer umfassenden Liste aller Wärmenetze im Landkreis kaum möglich. Besonders im Bereich der KWK- und Biogasanlagen ist im ländlich geprägten Raum eine Vielzahl von kleinen Wärmeverbänden zu vermuten. An dieser Stelle sollen aber vor allem größere Netze mit kommunalem Schwerpunkt erwähnt werden.

Georgsmarienhütte

Die Stadtwerke Georgsmarienhütte betreiben in verschiedenen Ortsteilen Netze zur Wärmeversorgung von Gebäuden (Stadtwerke Georgsmarienhütte 2014).

- Alt-Georgsmarienhütte
Trassenlänge: 8 km
Anschlüsse: 103
- Averwetters Feld
Trassenlänge: 1,3 km
Anschlüsse: 82
- Langstücksweg
Trassenlänge: 0,4 km
Anschlüsse: 21



Abbildung 42: Versorgungsgebiet Wärmenetze Stadtwerke Georgsmarienhütte (Stadtwerke Georgsmarienhütte 2014)

Hagen

Von der TEN Teutoburger Energie Netz eG wird in Hagen am Teutoburger Wald ein Wärmenetz betrieben, folgende Daten hat der Betreiber zur Verfügung gestellt (Ulrich Beutelmann 2014).

- Trassenlänge: 3,3 km
- Anschlüsse: 80

Bad Laer

Ebenfalls von der TEN eG betrieben wird ein Wärmenetz in Bad Laer (Ulrich Beutelmann 2014)

- Trassenlänge: 18 km
- Anschlüsse: 420



Abbildung 43: Fernwärmenetz der Bad Laer (TEN eG 2014)

Glandorf

Ein kleines Netz in Glandorf wird durch die TEN eG unterhalten und mit Biogas befeuert (Ulrich Beutelmann 2014).

- Trassenlänge: 0,75km
- Anschlüsse: 4

Bersenbrück

Die NAWAROS GmbH & Co KG versorgt in Bersenbrück Teile der Stadt mit Wärme (Hinkamp 2014).

- Trassenlänge: 9 km
- Anschlüsse: 101

Melle

Ein kleines mit Biogas-BHKW's betriebenes Wärmenetz versorgt in Melle verschiedene Liegenschaften, wie z. B. die Schulen und kirchliche Einrichtungen. Mit einer Gasleitung verbunden ist ein weiteres Wärmenetz in Riemsloh, in dem sogenannte Satelliten-BHKW's die Schule, den Kindergarten, die Sporthalle und das Hallenbad mit Wärme versorgen. (Bioconstruct; Luckner, Jens; Meyerdrees, Dirk 2014)

- Melle
Trassenlänge: 900 m
5 Anschlüsse
- Riemsloh
Trassenlänge: 430 m
4 Anschlüsse

12.2 Abwärmekooperationen

Ebenfalls schwer zu recherchieren sind konkrete Projekte der externen Abwärmenutzung, bei denen sich zwei oder mehr Partner zusammengeschlossen haben. Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, bei denen Wärme eines der Zielprodukte ist, sind mit ihrer angeschlossenen Wärmeverteilung in diesem Fall aber nicht gemeint. Interessant sind echte Kooperationen, bei denen die anfallende Wärme eines Prozesses als „Abfallprodukt“ weiter genutzt wird.

Abwärmenutzung Ziegelherstellung in Bad Laer

In Bad Laer wird das örtliche Wärmenetz (s. o.) auch mit Abwärme aus der Klinkerproduktion gespeist. Ein Rohrwärmeübertrager kühlt das Abgas von ca. 200°C auf 140°C ab und gewinnt damit ca. 150 kW Abwärmeleistung bei ca. 110°C an bis zu 8.000 Jahresbetriebsstunden. Diese wird an das Wärmenetz übertragen und verteilt. Das Projekt wurde durch eine Förderung der DBU unterstützt und ermöglicht (DBU, Deutsche Bundesstiftung Umwelt 2002).

13. Datenschutz

Aus der Literatur, vielen Interviews mit Verantwortlichen in den Betrieben, Planern und Wissenschaftlern zum Thema Abwärme wird deutlich, dass der Datenschutz auch im Rahmen der Abwärmenutzung ein wichtiges Thema darstellt. Im Sinne einer nachhaltigen und tragfähigen Projektentwicklung sollte dies von Anfang an mit bedacht werden.

13.1.1 Datenaufnahme und Recherche

Einerseits gilt dieser Schutz besonders für die Datenerhebung in den Betrieben. Öffentlich zugängliche Daten, die auch einzelne Betriebe erfassen sind in der Regel so dargestellt, dass keine direkten Rückschlüsse auf sensible Daten wie Beschäftigtenstruktur, Umsatz, Energiebedarf usw. von Einzelunternehmen möglich sind. Dies gilt besonders, wenn für die betrachtete Region nur wenige Standorte in einer Branche zu finden sind. So sind z. B. Teile der Daten der statistischen Landesämter geschwärzt oder nur in Summen enthalten. Daten aus kommerziellen Datenbanken, die zum Teil über sehr detaillierte Informationen über Einzelbetriebe verfügen, werden von den Verfassern oder Anwendern entsprechend geschützt, sodass sie für individualisierte und öffentliche Darstellungen von Abwärmepotenzialen an Standorten nur eingeschränkt und mit Einwilligung der Betriebe selbst genutzt werden können. Dies bedeutet gleichzeitig einen hohen Aufwand für die Bearbeitung und Auswertung der Daten. Für die Erhebung aus den verschiedenen Quellen sollte jedenfalls der Datenschutz klar definiert und schriftlich dokumentiert sein, um nicht seitens potenzieller Partner zusätzlich Unsicherheiten beim Thema Abwärmenutzung aufkommen zu lassen.

13.1.2 Einschränkungen bei der Nutzung eines Katasters

Um den Interessen der Betriebe gerecht zu werden, könnte neben der öffentlichen Darstellung der ermittelten Daten auch der Status von eingeschränktem internen Gebrauch durch den Betreiber des Abwärmeportals separat geregelt werden, so schlägt es auch das bayerische Staatsministerium für die Wärmelandkarte Bayern vor (Coplan AG 2012). Dies bedeutet, dass eine Abwärmekooperation nicht nur durch das Info-Portal unterstützt, sondern durch die aktive Arbeit an der Zusammenführung von Quelle und Senke gefördert würde.

Denkbar wäre es auch, den Zugang zu detaillierten Daten über ein teil-offenes Portal nur für registrierte Nutzer zuzulassen. Auf einer geschützten Ebene könnten diese detaillierteren Daten von anderen Teilnehmern eingesehen und gezielter nach Kooperationspartnern gesucht werden.

14. Strategiekonzept für die Umsetzung eines Abwärmekatasters

Dieses Kapitel soll dazu dienen, die bisher aufgezeigten und entwickelten Methoden und Ansätze so zu ordnen und zu spezifizieren, dass daraus eine Strategiekonzept zur Umsetzung eines Abwärmekatasters für den Landkreis Osnabrück entwickelt werden kann. Dabei ist die Frage nach den geeigneten Technologien eine nachgeordnete. Im Vordergrund stehen die Fragen nach Quellen und Senken von Abwärme, die Datenaufnahme, das Verarbeiten und das aktive Managen der Daten. Es gilt einerseits für die Erfassung des Wärmebedarfs eine Struktur aufzustellen und Wege zu finden, wie dieser auch in der Betrachtung des gesamten Landkreises quantifiziert werden kann. Andererseits muss die Identifikation und Aufnahme der möglichen Abwärmequellen erfolgen.

Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit können aufgrund der sehr unterschiedlichen technischen Voraussetzungen, Energiebedarfe und Energiebezugspreise der Einzelbetriebe in der Regel nicht sinnvoll pauschal angestellt werden. Aus diesem Grund sollte die Ermittlung des theoretischen Potenzials vorerst an erster Stelle stehen, für alles Weitere kann auf diese Werte zurückgegriffen werden. Eine effektiv gestaltete Methode zur Aufnahme, Darstellung, und Identifikation der Synergien und möglicher Kooperationen beider Seiten (Angebot und Nachfrage an Wärme) ist das Ziel eines solchen Infoportals zur Abwärmennutzung.

Grundsätzlich wird vorgeschlagen mit einer Sekundärerhebung zu beginnen, d.h. mittels Literatur und Datenbanken für den Landkreis eine flächendeckende Abschätzung der Abwärmepotenziale der Branchen und Betriebe vorzunehmen. Anschließend sollte durch eine gezielte Primärerhebung von identifizierten sogenannten Hots Spots die Abwärmesituation besonders interessanter Bereiche und Standorte genauer spezifiziert werden. Danach muss eine Kombination mit dem Wärmebedarf in der Region erfolgen. Ein breites öffentlich zugängliches Portal sollte die Eigeninitiative der Akteure zur Etablierung von Abwärmekooperationen ermöglichen, stärken und fördern.

14.1 Erfassung der Abwärmepotenziale im Landkreis (Sekundärerhebung)

14.1.1 Datenbasis

In vergleichbarer Form, wie es in Kapitel 9 beispielhaft aufgezeigt wurde, sollte die Analyse aller Branchen und Potenziale im Landkreis durchgeführt werden. Um verlässlichere und genauere Ergebnisse als bisher zu erlangen, muss die Datenbasis aber breiter und detaillierter gestaltet werden. Zu den Daten aus den statistischen Ämtern, die nur Datensummen der

den Betrieben übergeordneten Branchenschlüsseln angeben, sind genauere Daten und Differenzierungen auch innerhalb einer Branche notwendig. In bis zur 4-stelligen Branchenziffern sind in einigen Datenbanken die Betriebe durchaus aufgeteilt und können damit differenzierter nach Prozessen und Energiebedarf betrachtet werden.

Die Suche nach weiteren Quellen für betriebsgenaue Daten sollte verstärkt und ausgeweitet werden. Nicht nur Beschäftigtenzahlen, sondern auch Umsatz, Produkt-Output und vor allem ein differenzierter Energiebedarf sind gut geeignet, um das Abwärmepotenzial besser abzuschätzen. In der Literatur und vielen weiteren Veröffentlichungen finden sich dazu spezifische Verbrauchsdaten.

Auch Daten der örtlichen Energieversorger, Kommunen und Stadtwerke können herangezogen werden. Ebenfalls sind Industrie- und Handelsverbände mögliche weitere Informationsquellen. Käufliche Datenbanken, wie z. B. die hier genutzte MARKUS-Datenbank, müssen in Ihrer Gesamtheit für jeden Standort noch besser und vollständiger eingesetzt werden und dabei durch andere Info-Portale ergänzt werden. Dazu eignet sich u. U. auch das neu aufgelegte Onlineportal „Die Wirtschaftspartnerbörse - regisonline.de“ der regio GmbH (regio GmbH 2014).

14.1.2 Berechnung des Abwärmepotenzials

Sind detaillierte Branchenzugehörigkeit und zusätzliche Betriebsdaten bekannt, so können differenziert nach Prozessen, technischen Kennwerten und Produkten die theoretischen Potenziale der Abwärme (Leistung und Arbeit) aus geeigneten Ansätzen der Literatur ermittelt werden, wie beispielhaft für die übergeordneten Branchen in Kapitel 9 schon gezeigt. Um die Potenziale für einzelne Teile der Branchen besser fassen zu können, sollten nach Möglichkeit differenzierte Verwendungen der Energie in den Betrieben betrachtet werden, denn Produktion, Weiterverarbeitung oder Endbearbeitung können innerhalb eines Gewerbezweigs enorme Unterschiede an Energiebedarf, Prozessdaten und damit auch an typischer Abwärmemenge aufweisen. Dazu sind z. B. Untersuchungen des Fraunhofer ISI und der AGEBA hilfreich, vgl. (Fleiter, Schломann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI 2013) und (Rohde 2012).

14.1.3 Bewertung

Eine qualitative Bewertung der theoretischen Potenziale und Abwärmeströme kann anschließend anhand der prozesstypischen Temperaturen, der zu erwartenden Medien und der zeitlichen Verfügbarkeit erfolgen. Ebenso sind die Energiemenge und der Leistungsver-

lauf für die Wertigkeit der Quellen entscheidend. Je nach Art der Abwärmequelle besteht die Schwierigkeit nun darin, die Leistung und Energiemenge realistisch zu ermitteln. Es müssen typische Temperaturen und Wirkungsgrade in transparenten Berechnungsformeln eingesetzt werden. Physikalische Kenntnisse, Wissen über die vorliegenden Prozesse und die möglichen Technologien zur Nutzung der Wärme sind dabei wichtig.

Für die Bestimmung der Kennwerte sind im „Leitfaden Wärmelandkarte“ aus Bayern Formeln und ein systematisches Punkteschema zur einheitlichen Beurteilung entwickelt worden (Coplan AG 2012), auf dessen Basis eine angepasste Bewertungsstruktur auch für den Landkreis entwickelt werden kann. Alle anderen Abwärmepotale und Studien bieten weniger fundierte Ansätze und Details. Der bayerische Leitfaden bewertet verschiedene Kriterien mit 1 bis 10 Punkten, z. B.:

- absoluter Wärmeleistung (1 bis > 2.700 kW)
- absolute Wärmemenge (1 bis > 16.600 MWh)
- Temperaturniveau (20 bis > 130°C)
- Vollbenutzungsstunden und zeitliche Kontinuität mit Gewichtung

Aus den vier Wertungen wird der Mittelwert als Gesamtbewertung gebildet, wobei die Temperatur eine doppelte Gewichtung erhält. Anhand der Bewertung ergibt sich eine Skala von kleinen (Werte bis 3), mittleren (Werte >3 und <8) und großen (ab 8) Abwärmepotenzialen.

In Abhängigkeit von Anwendung und Nutzung des Katasters sollte die Auswahl der berücksichtigten Kenndaten und die folgende Bewertung erfolgen. Je mehr Details aufgenommen werden, desto aussagekräftiger ist die Bewertung. Damit steigt aber auch die Komplexität und es sinkt die Möglichkeit einer übersichtlichen Darstellung.

14.1.4 Identifikation von Hot Spots

Neben der Potenzialanalyse für den gesamten Landkreis dient die Analyse und Bewertung auch dazu Hot Spots und wichtige Einzelstandorte ausfindig zu machen, bei denen eine Abwärmennutzung aufgrund der vorherigen Betrachtungen besonders lohnend erscheint. Diese Untersuchungen werden nur anhand extern verfügbarer Daten ohne Kontaktaufnahme zu den Betrieben selbst angestellt (Sekundärerhebung). Dies ist wichtig, um den Aufwand für die Erhebung im ersten Schritt möglichst klein und überschaubar zu halten. Globale Richtwerte für die Abgrenzung solcher besonders interessanter Gebiete und Standorte sind schwer zu setzen, vielmehr sollte sich im Laufe der Analysen für den Landkreis zeigen, welche Industriegebiete oder Einzelbetriebe interessant sind und sich auch aufgrund ihrer Lage

zu anderen Standorten oder Siedlungen zur Abwärmenutzung eignen würden. Sind solche Hot Spots identifiziert, so müssen diese genauer analysiert und bewertet werden.

14.2 Betriebsgenaue Berechnung des Abwärmepotenzials (Primärerhebung)

Am effektivsten ist es, die gefundenen Standorte mit mutmaßlich höchstem Potenzial genauer zu untersuchen, denn dort kann am einfachsten eine Abwärmekooperation umgesetzt werden. Dazu sollte im ersten Schritt die Abwärmequelle in Qualität und Menge genauer untersucht werden. Im Laufe der Analysen für den Landkreis sind die verschiedenen Faktoren mit angepassten Kennwerten zur Bewertung zu belegen, wie auch im vorherigen Abschnitt dargestellt.

14.2.1 Individuelle Evaluation der Hot-Spots

Sind die Hot-Spots regional identifiziert und eingeordnet, so müssen sie individuell untersucht werden. Um belastbare Werte zur konkreten Berechnung von Abwärmemengen zu bekommen, muss mit den betroffenen Betrieben direkt Kontakt aufgenommen werden. In der Literatur und in Gesprächen mit Fachleuten ist immer wieder zu vernehmen, dass die Datenerhebung in den Betrieben vor Ort mitunter sehr schwierig sein kann (Pehnt, et al. 2011). Gehören die Firmen nicht zu den energieintensiven Branchen, so existiert oft kein Energiemanagementsystem und es gibt keine direkten Ansprechpartner für energetische Fragen. Die Aufgaben rund um die rationelle Energieversorgung werden sozusagen „nebenbei“ erledigt, denn in den Betrieben fehlen oft die Zeit und das Personal. In diesen Fällen gibt es an Unterlagen meist wenig mehr als die Abrechnungen vom Energieversorger. Oft ist auch zu beobachten, dass verschickte Fragebögen gar nicht oder nur unvollständig beantwortet werden, so wird typischerweise in der Studie zur Steiermark berichtet (Schnitzer 2012). Vorbereitete Termine in den Betrieben sind die sicherste Art verlässliche Daten zu erhalten und die Akteure von den Vorteilen der Abwärmekooperation zu überzeugen.

14.2.2 Fragenkatalog und Checklisten

Für die individuelle Befragung der Betriebe ist ein transparentes und gut vorbereitetes Vorgehen unbedingt notwendig. In vielen Fällen wird es der Erstkontakt der Firma zum Thema Abwärme und Abwärmekataster sein. Um nicht unnötig Unsicherheiten zu schüren, sind Fragebögen, Interviews und Besuche gründlich zu planen und offen zu gestalten. Es ist ratsam Termine vor Ort telefonisch und mit der Zusendung des Fragebogens persönlich vorzu-

bereiten. So können Unterlagen im Vorfeld beschafft und eventuell auch rechtliche Unklarheiten oder Bedenken in den Firmen von vorneherein geklärt werden.

Sowohl der „Leitfaden Wärmelandkarte“ aus Bayern (Coplan AG 2012), die Broschüre „Abwärmennutzung in Kommunen“ (EU-Consult 2008), der „Energieatlas Sachsen“ (saena-1 2014) als auch die Studie „Abwärmekataster Steiermark“ (Schnitzer 2012) bieten dazu viele inhaltliche und strukturelle Anhaltspunkte, Leitlinien und Beispiele für Fragebögen und Checklisten.

Neben den organisatorischen Informationen zu den Betrieben selbst sind eine Vielzahl weiterer Daten aufzunehmen. Dabei ist nicht davon auszugehen, dass die Abwärmemengen immer unmittelbar bekannt sind. Aus diesem Grund sollten soweit möglich auch der Energieverbrauch und der Wärmebedarf differenziert aufgenommen werden, um gegebenenfalls überschlägige Kontrollrechnungen durchführen zu können. Falls möglich sollten auch technische Unterlagen bzw. Auslegungsdaten zu den Anlagen mit registriert werden.

In Tabelle 18 sind die wichtigsten Punkte als Checkliste aufgeführt, die aber entsprechend zu ergänzen und zu verfeinern sind.

Tabelle 18: Checkliste für Firmenbefragung Abwärmekataster

Firmendaten

- | | | |
|---------------------|------------------------|-------------------|
| ▪ Name | ▪ Adresse, Telefon,... | ▪ Ansprechpartner |
| ▪ Branchenschlüssel | ▪ Produkte | |

Betriebsdaten

- | | | |
|---------------------|---------------------|----------------|
| ▪ Prozesskennwerte | ▪ Produktionsanlage | ▪ Wärmebedarf |
| ▪ Wärmeversorgung | ▪ Stromversorgung | ▪ Abrechnungen |
| ▪ Energieverwendung | | |

Technische Daten zur Abwärme

- | | | |
|------------------------|----------------|------------------|
| ▪ Abwärmeleistung | ▪ Abwärmemenge | ▪ Medium |
| ▪ zeitl. Verfügbarkeit | ▪ Temperatur | ▪ Verunreinigung |

14.3 Erhebung des Wärmebedarfs

Um aus dem Abwärmekataster auch eine direkte Verbindungen zu Abwärmesenken herstellen zu können, muss mit vergleichbarer Systematik für den Landkreis ein entsprechendes Verzeichnis aufgebaut werden. Dabei sollte nicht nur der industrielle Wärmebedarf erhoben werden, sondern ebenfalls der Heizwärmebedarf, der aufgrund des niedrigeren benötigten Temperaturniveaus besonders interessant ist.

14.3.1 Flächenerhebung des Heizwärmebedarfs für Wohnen und Industrie

Die Aufnahme des Heizwärmebedarfs ist für die Nutzung „Wohnen und Arbeiten“ relativ gut zu beschreiben. Die benötigten Temperaturen liegen fast immer bei maximal 60-70°C, bei Neubauten auch deutlich darunter. Der Bedarf besitzt eine eindeutige Korrelation zur Umgebungstemperatur und ist damit um einiges einfacher in Leistungs- und Wärmebedarf zu fassen als die Abwärmequellen. Es gibt viele Erfahrungen und Methoden auf der Grundlage von Gebäudefläche und Baualtersklasse, um den Wärmebedarf relativ gut in absoluter Summe und im zeitlichen Verlauf abzuschätzen. Dazu finden sich einige allgemeine Ansätze, die auf der Gebäudeklassifizierung des Instituts für Wohnen und Umwelt

IWU in Darmstadt beruhen, siehe (Diefenbach 2013) bzw. (Loga, Diefenbach und Born 2011). Im Rahmen einer Studie geht auch der „Leitfaden Energienutzungsplanung“ auf die Potenzialabschätzung und den Wärmebedarf ein (Hamacher und Hausladen 2011). Speziell auf die Abschätzung von Wärmesenken mit Bezug auf Abwärmennutzung geht der Wärmetlas Baden-Württemberg methodisch ein (Blesl, Kempe, et al. 2008)

Für den Landkreis sind schon im integrierten Klimaschutzkonzept anhand der Analyse der Stadt- und Raumtypen Szenarien des spezifischen Energiebedarfs für die Jahre 2008, 2030 und 2050 abgeschätzt worden. Beispielhaft zeigt Abbildung 44 für die Stadt Dissen die GIS-

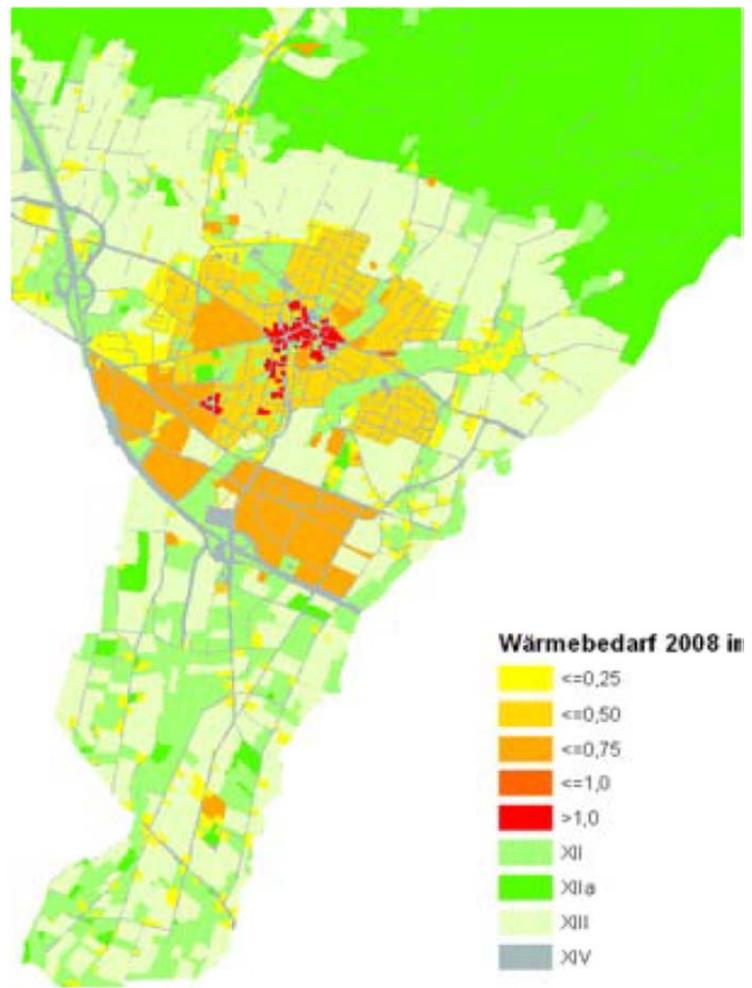


Abbildung 44: Wärmebedarf Stadtgebiet Dissen 2008 in GWh/ha*a nach Raumtypen, aus Anlagenband zu (Vagelpohl, et al. 2011)

© 2010 Energie-Klima-Plan GmbH (EKP)

© 2011 Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN)

gestützte Darstellung des spezifischen Wärmebedarfs nach Raumtypen (Vagelpohl, et al. 2011).

Auf kommunaler Ebene sollte der Wärmebedarf der öffentlichen Liegenschaften zumindest aufgrund der zentralen Abrechnungen bekannt sein. Auch dazu gibt es eine Auswertung im Rahmen des Klimaschutzteilkonzeptes des Landkreises, in dem Wärmebedarf und energetische Situation der einzelnen Liegenschaften differenziert beschrieben werden (Rohr und Kaschuba-Holtgrave 2012). Damit dürfte eine gute Ausgangsbasis zur Erhebung der Daten im Landkreis inklusive Anbindung an ein GIS-System schon gegeben sein.

14.3.2 Industrieller Wärmebedarf Heizen und Prozesswärme

Eine systematische Untersuchung industrieller Wärmesenken ist derzeit nicht bekannt. Grund dafür dürfte sein, dass hier differenziert nach Branche, Produkt und Prozess eine Beschreibung des Bedarfs erfolgen müsste. Des Weiteren handelt es sich oft um eigentliche Hauptprozesse einer industriellen Produktion, bei dem ein Betrieb möglichst wenig Abhängigkeiten mit Dritten eingehen möchte. Treten aber in der Prozesskette unkritische Teilprozesse auf, wie z. B. Trocknung oder Temperierung, die zeitlich und auch von der benötigten Temperatur in gewisser Weise flexibel sind, so wäre eine Anwendung von externer Abwärme in diesem Fall deutlich einfacher zu realisieren. Um diese Fälle zu erkennen, müssten die typischen Branchen und ihre Prozessstrukturen daraufhin analysiert werden. Erst dann kann eine industrielle Wärmesenke bewertet werden.

Denkbar für die Branchen im Landkreis wäre eine ähnliche systematische Bewertung des Wärmebedarfs wie schon für die Abwärme. Dies schlägt auch der „Leitfaden Wärmelandkarte“ mit vergleichbarer Systematik zu seiner Abwärmebewertung vor, vgl. Kriterien Kapitel 14.1.3 und (Coplan AG 2012).

Heizwärme für die Raumtemperierung spielt in der Industrie meist nur eine untergeordnete Rolle, da viele Prozesse diffus Wärme an den umgebenden Raum abgeben und ihn damit beheizen. Werden aber größere Mengen an Heißwasser benötigt, so kann dies ebenfalls eine gute Anwendung für Abwärmekooperationen sein, das sich diese gut speichern lässt. Auch hierfür ist eine Einzelbetrachtung der Prozesse notwendig.

14.4 Findung möglicher Abwärmekooperationen und Betreiber

Durch die Bewertung der Abwärmequellen und der Wärmesenken liegt nun ein Schema vor, nach dem mögliche Abwärmekooperationen im Einzelnen überprüft und gefördert werden können. Darauf aufbauend können nun gezielt weitere Maßnahmen ergriffen werden.

14.4.1 Förderung möglicher Abwärmepartnerschaften

Standorte mit hohen Bewertungen können in Bezug auf technische Umsetzung und Wirtschaftlichkeit direkt analysiert werden, sodass z. B. durch die Kommune als Moderator eine vielversprechende Abwärmekooperation individuell gefördert werden kann. Als Hilfskriterium für die Findung möglicher Partner sind sogenannte Wirkradien ein Werkzeug, das sowohl Leistung, Temperatur, Abwärmemenge als auch generelle Wirtschaftlichkeitsdaten berücksichtigen kann. Je größer der Radius, desto sinnvoller erscheint eine Verknüpfung zwischen zwei Akteuren mit sich überschneidenden Wirkradien. Diese Methode ist ein optisch leicht überschaubarer Anfang der Analyse und lässt sich leicht und transparent in Softwareabfragen und Kartendarstellungen übernehmen. So führt auch die Wärmelandkarte Bayern dieses Instrument für den Energieatlas Bayern ein, s. (Bayr. Landesamt für Umwelt, Energie-Atlas Bayern 2.0 2014) und (Coplan AG 2012), wie später in Abbildung 45 gezeigt wird.

14.4.2 Betreibermodell

Sowohl in der Literatur, vor allem (Pehnt, et al. 2011) als auch in Gesprächen mit den Betrieben wird immer wieder klar, dass viele Hemmnisse für mögliche Kooperationen in einer möglichen zu erwartenden Versorgungsunsicherheit aber auch in fehlendem Wissen und fehlenden Kompetenzen liegen. Häufig wollen Betriebe nicht zu einem Wärmelieferanten werden, sondern sich auf Ihre Kernkompetenzen in der Produktion konzentrieren. Der Betrieb von Abwärmeanlagen oder Wärmenetzen setzt in der Regel erhebliche Investitionen voraus, die sich meist nicht, wie sonst im industriellen Alltag üblich in 2-3 Jahren, sondern erst deutlich später amortisieren. Eine Lösung können Betreiber sein, die als Zwischenglied zwischen Quelle und Senke agieren. Die Unternehmen sollten aus dem Bereich Energiecontracting zusätzliches Knowhow und Erfahrungen für den Betrieb von Wärmeanlagen und Verteilnetzen mitbringen. Durch diese Konstellation sind nicht die Betriebe selbst aufeinander angewiesen, sondern es befindet sich ein qualifizierter Händler und Betreiber als mittelnde Instanz in der Mitte. Verträge und Wärmepreise können durch diesen effektiver ermittelt und ausgehandelt werden.

14.5 Onlineportal GIS Kataster



Abbildung 46: Solardachkataster Landkreis Osnabrück im Ausschnitt Georgsmarienhütte, Eignung für Photovoltaik (Screenshot); Quelle: www.solardachkataster-lkos.de 9.4.2014

Nach der Erhebung der Quellen und Senken kann die systematische Suche nach möglichen Wärmepartnerschaften durch eine strukturierte Datenbank vereinfacht und übersichtlich dargestellt werden. Eine schon in den anderen Portalen genutzte und auch in Kapitel 11.2 beschriebene Möglichkeit bietet die Abbildung in einem Geo-Informationssystem (GIS). Abbildung 39 bis Abbildung 41 zeigen Beispiele der Karten für Bayern, Sachsen und Thürin-

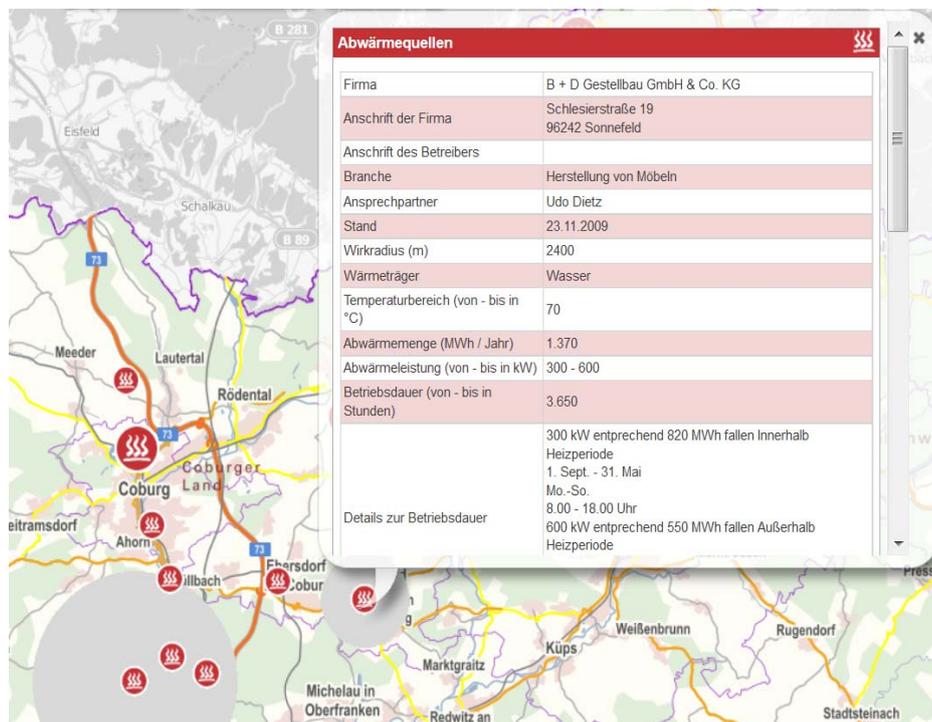


Abbildung 45: Energie-Atlas Bayern mit Eintrag Abwärmeeigenschaften Möbelhersteller und Wirkradius (grau) in Coburg;
Quelle: www.geoportal.bayern.de/energieatlas-karten am 9.4.2014

gen. Auch für den Landkreis Osnabrück gibt es schon ein GIS-basiertes Werkzeug, etwa wie das in Abbildung 46 gezeigte Solardachkataster, das grundstücks- und gebäudegenau die Eignung der Dachfläche für die Nutzung von Solarenergie klassifiziert.

Ähnlich wie in dieser Darstellung könnten die ermittelten Potenziale den Wärmesenken gegenüber gestellt werden, um so schnell zu möglichen Synergien zu gelangen. Eine Verbindung zur Datenbank lässt eine Direktabfrage der wichtigsten Daten zu den Abwärmequellen zu, sodass in verschiedenen Tiefen Informationen einsehbar sind. Abbildung 45 zeigt die Daten einer Abwärmequelle aus dem Energieatlas Bayern für Coburg (mit Wirkradius in grau).

14.6 Technologiekatalog und Bewertung

Sind Potenziale und mögliche Abwärmekooperationen identifiziert, so muss neben der Detailanalyse der Daten auch eine Suche nach der geeigneten Technologie zur Nutzung erfolgen. Durch die Erstellung eines umfassenden Technologiekataloges in Kapitel 5 existiert bereits eine Grundlage zur Beurteilung verschiedener anlagentechnischer Möglichkeiten der Abwärmenutzung. Aus oben genannten Gründen ist die Frage nach geeigneter Technologie nicht zuletzt deshalb nachgeordnet, weil sie in der Regel nur an konkreten Situationen beantwortet werden kann. Entscheidende Punkte sind dabei auch Kenndaten wie Medium, Temperatur, Entfernung, zeitlicher Verlauf etc., vgl. auch Kapitel 5. Natürlich müssen diese wichtigen Punkte schon zur Anbahnung einer Abwärmekooperation bekannt sein und möglichst früh abgefragt und in eine Datenbank aufgenommen werden.

An dieser Stelle sei das Schema Abwärmenutzungstechnologien der sächsischen Energieagentur vorgestellt, das es erlaubt, übersichtlich nach Branche und Temperaturniveau verschiedene typische Möglichkeiten der Abwärmenutzung in Form von Wärme oder Strom zu finden und zu bewerten, siehe Abbildung 47. Durch diese Methode ist es möglich mit nur wenigen Kenndaten zu einer Vorauswahl an sinnvollen technischen Möglichkeiten zu kommen.

	Temperaturniveau der Prozesswärme	Wärmenutzung				Stromerzeugung			Kälteerzeugung
		Prozessinterne Wärmenutzung (Verbrennungsluftvorwärmung, Vorwärmung von Prozesshilfsmitteln)	Betriebsinterne Wärmenutzung (für andere Prozesse mit geringeren Temperaturanforderungen oder Heizzwecke)	Externe Wärmenutzung (Weitergabe an Dritte, z. B. in Wärmenetzen)	Wärmepumpen (Anheben des Temperaturniveaus, meist für Heizzwecke)	ORC-Turbine	Dampfturbine	Stirlingmotor	Sorptionskältemaschinen
<p>Eine ausgedehnte Umsetzung der Technologie in der Branche ist möglich. </p> <p>Mit leichten Einschränkungen ist eine vielfältige Umsetzung der Technologie in der Branche möglich. </p> <p>Die Umsetzung der Technologie in der Branche ist nur eingeschränkt möglich. </p> <p>Die Technologie ist nur unter bestimmten Bedingungen geeignet. </p> <p>Die Technologie ist in der Branche derzeit nicht einsetzbar. </p>									
Herstellung und Verarbeitung von Metallen									
Stahlerzeugung und -verarbeitung	1.600 °C								
Nichteisenmetallurgie (z.B. Aluminium, Blei, Zink, Kupfer)	1.100 °C								
Härtereien	1.050 °C								
Galvanik-Oberflächenbehandlung (z.B. eloxieren, brünnieren, phosphatisieren)	100 °C								
Mineralverarbeitende Industrie (z.B. Sandtrocknungsanlagen, Zementwerke)	1.500 °C								
Maschinen- und Fahrzeugbau (z.B. Montage, Lackierung, Tiefziehen)	200 °C								
Chemische Industrie (z.B. Chemiewerke, Pestizidproduktion)	1.000 °C								
Erdöl- oder Erdgasgewinnung bzw. -verarbeitung (z.B. Raffinerien)	600 °C								
Herstellung von Glas und Keramiken	1.800 °C								
Pharmaindustrie	400 °C								
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	300 °C								
Be- und Verarbeitung von Papier und Holz (z.B. Papierherstellung, Spanplattenherstellung)	200 °C								
Landwirtschaft und Viehhaltung	150 °C								
Informations- und Datenverarbeitung (z.B. Serverräume)	60 °C								
Elektrotechnik und Optik (z.B. Kabelhersteller, Linsen)	300 °C								
Lebensmittelindustrie (z.B. Schlachthöfe, Molkereien, Brauereien)	200 °C								
Textilindustrie/Wäschereien (z.B. Waschen, Trocknen, Farbgebung)	100 °C								
Abwasserwirtschaft (z.B. Kläranlagen, Klärgasnutzung)	1.200 °C								
Abfallwirtschaft (z.B. Deponien, Müllverbrennungsanlagen)	1.150 °C								

Abbildung 47: Bewertungsschema Abwärmenutzungstechnologien aus (saena-2 2012)

14.7 Methodischer Überblick und Strategie Abwärmekataster

In diesem Kapitel wird dargelegt, wie die vorher beispielhaft angewendete Methodik zur Potenzialanalyse Abwärme für typische Branchen zu einer grundlegenden Strategie für eine Erhebung im gesamten Landkreis werden kann. In Abbildung 48 wird das geplante Vorgehen in einer Grafik visualisiert, um den gesamten Prozess in seiner Komplexität im Überblick zu zeigen. Sie fasst die in diesem Kapitel vorgestellten Schritte zusammen.

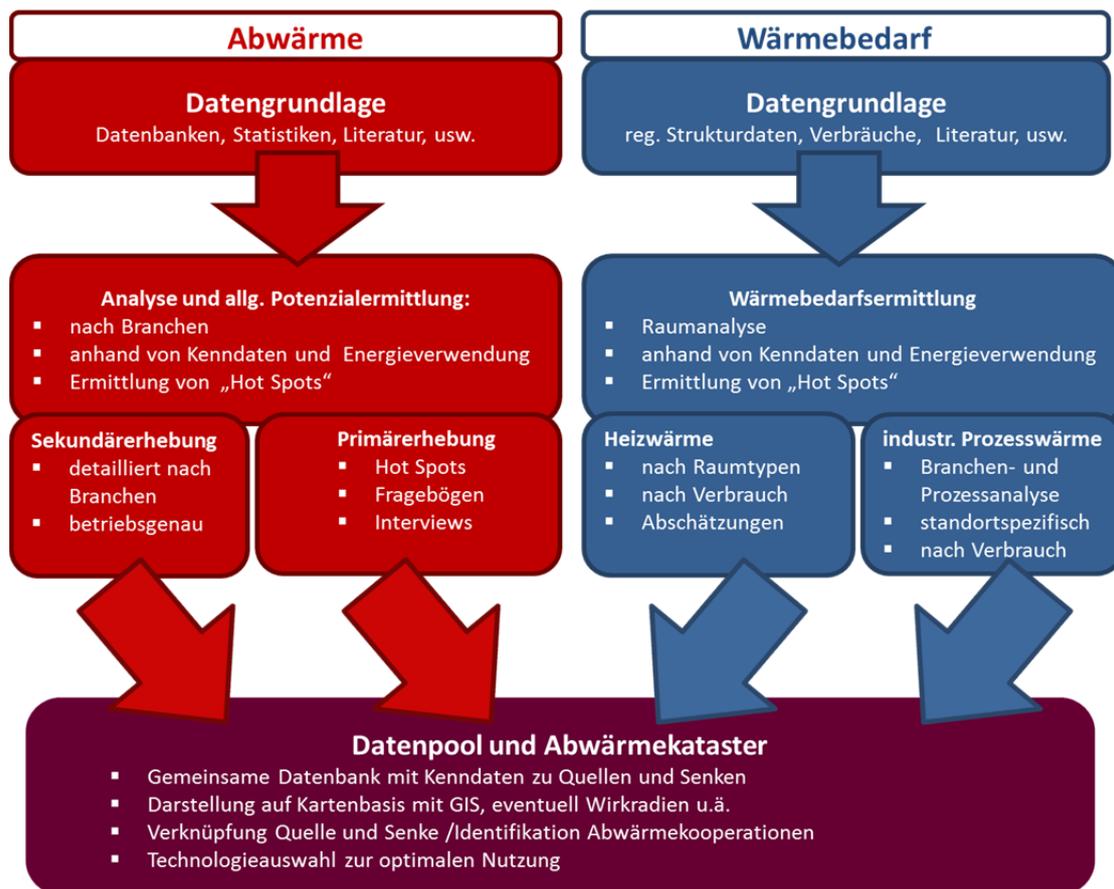


Abbildung 48: Schema zum Strukturkonzept Abwärmekataster Landkreis Osnabrück

15. Zusammenfassung und Ausblick

15.1 Zusammenfassung der Studie zum Strukturkonzept

Nach der Einführung in das Thema folgt eine Darstellung der Methodik und Bewertung der Abwärmenutzung. Dort wird allgemein definiert, was für die Bestimmung des Potenzials wichtig ist, welche Klassifizierungen es gibt und welche Methoden der Potenzialabschätzung in der Literatur zu finden sind. Kapitel 3 führt anhand von Literaturuntersuchungen in die Situation der Abwärmenutzung in Deutschland ein und stellt kurz politische Interessen und wissenschaftliche Ansätze dar. Es folgt die Vorstellung der Systematik interner und externer Nutzungsmöglichkeiten und der Struktur von Wärmesenken. Das Technikkapitel 5 stellt technische Anlagen zur direkten und indirekten Nutzung von Abwärme mittels diverser Wärmeübertrager, Speicher oder Verteilnetze dar. Ergänzt wird die Darstellung der Nutzung zur Stromerzeugung durch verschiedene technische Prinzipien, wie z. B. ORC oder Stirling. Anhand verschiedener statistischer Daten wird in Kapitel 6 die industrielle Wirtschaftsstruktur des Landkreises Osnabrück mit seinen energieintensiven Branchen vorgestellt. Zu den interessanten Zweigen gehören vor allem folgende Industriezweige: Stahlerzeugung, Nahrungsmittel, Papier- und Zellstoffindustrie, Herstellung Gummi- und Kunststoffwaren, Produktion von Glas, Ziegel und Baukeramik und die Metallverarbeitung inklusive Maschinenbau. Diese typischen Zweige werden anhand ihrer Prozess- und Energiedaten charakterisiert. Kapitel 8 führt zu diesen Industriezweigen technische Best-Practice-Beispiele für die Abwärmenutzung aus verschiedenen Quellen auf. Anschließend wird anhand von statistischen Daten zur Energieverwendung und der Verteilung in der Branchenstruktur mittels verschiedener Ansätze aus der Literatur das Abwärmepotenzial berechnet und bewertet. In Kapitel 9 werden diese Gesamtpotenziale der einzelnen untersuchten Branchen mittels Beschäftigtenzahlen und Standortdaten regional auf den Landkreis bezogen, bewertet und grafisch dargestellt. Es schließt sich eine Betrachtung und ein Vergleich der bisher existierenden Leitfäden und Portale zur Ermittlung und Darstellung von Abwärmepotenzialen in Kapitel 11 an. Eine kurze Analyse der Situation des Datenschutzes, der bestehenden Wärmenetze und Abwärmekooperationen im Landkreis leitet zum Kapitel 14 über. In diesem wird anhand des beispielhaften Vorgehens dieser Studie eine Strategie aufgestellt, die auf den Landkreis übertragen werden kann. Neben den Ansätzen zur Datenrecherche, Berechnung und Bewertung der Branchenpotenziale, wird eine Handlungsstrategie entwickelt, die u. a. Checklisten für Technik und Datenerhebung der Hots Spots vor Ort und Ansätze zur Analyse des Wärmebe-

darfs enthält. Diese Punkte sollen im Aufbau einer Datenbank und einer internetgestützten Plattform zur Förderung von Abwärmekooperationen zusammengeführt werden.

15.2 Ergebnisse

Als konkretes Ergebnis der Studie ist festzuhalten, dass nach dem Stand der Literatur in Deutschland mit einem gesamten industriellen Abwärmepotenzial von 18 bis 30% des Endenergieverbrauchs gerechnet werden kann. Differenziert für die Schwerpunktbereiche im Landkreis Osnabrück werden durch die Recherche als theoretischer Abwärmeanteil am Energieeinsatz für die Produktion Ziegel und Baukeramik ca. 40%, für die Stahlerzeugung bis 30%, für die Papierindustrie bis 20% und im Bereich Nahrungsmittelproduktion nur 6% ermittelt. Die Metallverarbeitung, der Maschinenbau und die Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren weisen nur 3% Abwärmepotenzial auf. Die branchengenauen Daten lassen auf Basis von statistischen Zahlen der Energieverwendung für den Landkreis ein theoretisches Abwärmepotenzial der bedeutendsten Wirtschaftszweige von 2,1 Mio. GJ erwarten. Folgt man pauschalen Berechnungsansätzen diverse Studien, so sind sogar 2,2 bis 4,6 Mio. GJ möglich. Für die energetisch relevanten Wirtschaftszweige ist schätzungsweise aber nur ein Anteil von bis zu 20% des theoretischen Potenzials wirtschaftlich sinnvoll nutzbar, so stellt es eine der genannten Studie typischerweise fest. Das wären für den Landkreis nur 0,18 GJ.

Die Strategie zeigt, wie systematisch die Datenerhebung und Bewertung des industriellen Abwärmepotenzials erfolgen kann. Durch die Verknüpfung mit Daten des Energiebedarfs entsteht ein Internet-Informationsportal, das basierend auf ortsgenauen Bewertungen Synergien identifiziert und Abwärmekooperationen initiieren kann.

15.3 Ausblick

Für die Zukunft ist es wünschenswert, dass auch politisch mehr Wert auf die Nutzung von Abwärme gelegt wird. Die Studie macht klar, dass Potenziale vorhanden sind, die aber aufgrund struktureller, finanzieller oder betriebsorganisatorischer Gründe oft in Kooperationen umgesetzt werden müssen. Kommunale Energienutzungspläne und ein Fördersystem, das wirtschaftlich vertretbare Abwärmenutzung zur Pflicht macht sind notwendig, wenn bisherige Abfallwärme in Zukunft mehr genutzt werden soll. Informationsportale und Datenbanken sind dann ein effektives Mittel, um solche Kooperationen anzubahnen.

Für die Umsetzung der Strategie zur Abwärmenutzung im Landkreis Osnabrück sind nach Darstellung der Studie folgende Schritte sinnvoll und nötig:

- Verbesserung der Datenbasis, vor allen individuelle Betriebsdaten mit Adresse und Details zur Energieverwendung bzw. Produktion
- anschließende flächendeckende Potenzialanalyse auf Basis der neuen Daten mit Identifikation der Hot Spots
- Befragung und direkte Evaluation der Hot Spots
- Datenaufnahme, Management und Pflege der Abwärmekennndaten in aktiver Datenbank
- Aufbau des GIS Systems
- aktive Identifikation und Förderung der Wärmekooperationen

Da es eine Vielzahl von Hemmnissen gibt, die energetisch sinnvolle Zusammenschlüsse von Wärmequellen und -senken erschweren, ist eine gezielte Förderung und aktives Bewerben solcher Partnerschaften unbedingt notwendig.

16. Literaturverzeichnis

- AGEB, Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V. 2014.
- AGFW. „AGFW Hauptbericht 2011.“ Frankfurt a.M., 2012.
- Aschenbrenner, Dr. Norbert, und Siemens AG. *www.windkraft-journal.de*. 7. 6. 2012. (Zugriff am 27. 3. 2014).
- Aumüller, Creditreform Dresden. *www.dresdencreditreform.de*. 2014. (Zugriff am 28. 3. 2014).
- Bachmann, Gerald, Helmut Berger, David Kaderabek, Andrea Kohlhauser, Paul Lampersberger, und Andreas Litzellachner. *Nutzung von Abwärmepotentialen in Wien*. Wien: Stadt Wien, 2008.
- Bayr. Landesamt für Umwelt. *CO₂-Minderung durch rationelle Energienutzung in der Kunststoffverarbeitenden Industrie*. Augsburg: Landesamt, 2002.
- Bayr. Landesamt für Umwelt, Energie-Atlas Bayern 2.0. *www.energieatlas.bayern.de*. 2014. (Zugriff am 21. 3. 2014).
- . *www.energieatlas.bayern.de*. 2014. (Zugriff am 19. 3. 2014).
- Bioconstruct; Luckner, Jens; Meyerdrees, Dirk. *Auskunft Mail vom 3.4.2014*. Osnabrück, 3. 4. 2014.
- Blesl, M., M. Ohl, U. Fahl, und et al. „Ganzheitliche Bewertung innovativer mobiler thermischer Energiespeicherkonzepte für Baden-Württemberg.“ Stuttgart, 2010.
- Blesl, M., S. Kempe, M. Ohl, und et al. „Wärmeatlas Baden-Württemberg.“ Stuttgart, 2008.
- Brandstätter, Dr. Roland. *Industrielle Abwärmenutzung*. Linz: Land Oberösterreich, 2008.
- Brüggemann, Prof. Dr.-Ing. Dieter, und Fabian Rösler. „Wärme auf Rädern.“ *Vortrag, Bremer Energie Konsens*. Bremen, 4. 6. 2013.
- Coplan AG. *Leitfaden Wärmelandkarten*. München: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, 2012.
- D. Brüggemann, F. Rösler, A. Obermeier. „Wärme auf Rädern transportieren.“ *energy 2.0*, Oktober 2008: S.46.
- DBU, Deutsche Bundesstiftung Umwelt . *Wärmerückgewinnung aus Ziegelei-Abgasen zur Nutzung in einem Fernwärmenetz*. Projektblatt, Osnabrück: DBU, 2002.

- Diefenbach, Nikolaus. *Basisdaten für Hochrechnungen mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU*. Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt GmbH, 2013.
- Dinslaken, Stadtwerke. *www.stadtwerke-dinslaken.de*. 2014. (Zugriff am 27. 3. 2014).
- DLR, Deutsche Gesellschaft Luft und Raumfahrt. „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global.“ 2012.
- Energieagentur NRW, Energieeffizienz in der Ernährungsindustrie. *www.energieagentur.nrw.de*. 2014. (Zugriff am 25. 2. 2014).
- Energieconsulting Heidelberg GmbH, Forschungsstelle für Energiewirtschaft. *CO₂-Minderungspotenziale durch rationelle Energienutzung in der Kunststoffverarbeitenden Industrie*. Augsburg: Bayer. Landesamt für Umweltschutz, 2002.
- energy2.0. „Effiziente Energieversorgung durch Abwärme.“ *energy2.0.net Fachmagazin*, April 2012: S.10 fff.
- EU-Consult. *Abwärmenutzung in Kommunen*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2008.
- Fleiter, Schломann, Eichhammer, et al, Fraunhofer ISI. *Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente*. Karlsruhe: Fraunhofer Verlag, 2013.
- GMH GmbH. *www.gmh-gmbh.de*. 2014. (Zugriff am 10. 3. 2014).
- Groß, Dr. Bodo; Tänzer, G; IZES. *Industrielle Abwärmen - Eine potenzialstudie für Deutschland*. Entwurf, Saarbrücken: Institut für ZukunftsEnergieSysteme, 2010.
- Hamacher, Prof. Thomas, und Prof. Gerhard Hausladen. *Leitfaden Energienutzungsplan*. München: Bayerisches Staatministerium Umwelt Gesundheit, 2011.
- Heidelberger Zement AG. *Niedertemperaturverstromung mittels einer ORC-Anlage im Werk Lengfurth*. Augsburg: LfU Bay. Landesamt für Umwelt, 2001.
- Hinkamp, Johannes, Interview geführt von Dipl.-Ing. Christian Waldhoff. (20. 3. 2014).
- Hirzel, Simon, Benjamin Sonntag, Clemens Rhode, und ISI Fraunhofer. *Industrielle Abwärmenutzung*. Karlsruhe: Fraunhofer Verlag, 2013.
- Innovationsmagazin hitech, Siemens AG. *www.hitech.at*. 2012. (Zugriff am 27. 3. 2014).
- Junge, Karsten. „Energiebedarf zur Ziegelherstellung.“ *Ziegelindustrie International*, 4/2002.

- Kessler, Alois, und Markus Blesl. *Energieeffizienz in der Industrie*. Berlin: Springer Vieweg, 2013.
- La Therm Energie AG. *www.latherm.de*. 2014. (Zugriff am 25. 3. 2014).
- Landkreis, Osnabrück. „Landkreis kompakt 2013 - Daten Fakten Information.“ Osnabrück, 2013.
- Loga, Tobias, Nikolaus Diefenbach, und Rolf Born. *Deutsche Gebäudetypologie Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden*. Darmstadt: Institut für Wohnen und Umwelt GmbH, 2011.
- LSN-1. *Regionale Strukturdaten 2011*. Hannover: Landesamt, 2013.
- LSN-2. *Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus*. Hannover: Landesamt Statistik Niedersachsen, 2012.
- LSN-4. *Niedersächsische Energie- und CO₂-Bilanzen 2010*. Hannover: Landesamt Statistik und Kommunikationstechnologie, 2013.
- LSN-5. „Statistischer Bericht Niedersachsen EI 1-j/2012.“ 2012.
- M. Junge, Limón GmbH. „Demonstration eines strukturierten, simulationsgestützten Vorgehens zur Konzeption der Abwärmenutzung in der Stahlindustrie am Beispiel der Georgsmarienhütte GmbH.“ Kassel, 2011.
- March, Ltd. Linnhoff. *Mit der Pinch-Technologie Prozesse und Anlagen optimieren*. Karlsruhe: LfU Baden Württemberg, 2003.
- Pehnt, Dr. Martin, Marlene Arens, Markus Duscha, und et al. „Endbericht Energieeffizienz Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und inovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative.“ Heidelberg, 2011.
- Pehnt, Martin Dr., Jan Bödecker, Marlene Arens, und et al. „Die Nutzung industrieller Abwärme –technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung.“ 2010.
- Pellegrino, Joan I., Nancy Margolis, und et al. *Loss and Opportunities Analysis US Manufacturing and Mining*. Columbia: Department of Energie USA, 2004.
- R. Laermann, GMH GmbH. „Gespräch am 10.3.2014.“ 2014.
- regio GmbH. *REGISonline.de*. 2014. *www.regisonline.de* (Zugriff am 2. 4. 2014).
- Regionaldatenbank, LSN. *Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes*. Regionaldatenbank Land Niedersachsen, 12. 2. 2014.

- Rohde, Dr.-Ing. Clemens. „Erstellung von Anwendungsbilanzen für das Jahr 2011 für das Verarbeitende Gewerbe.“ Karlsruhe, 2012.
- Rohr, Angela, und Andreas Kaschuba-Holtgrave. „Abschlussbericht Liegenschaften Landkreis Osnabrück.“ Osnabrück, 2012.
- saena, Sächsische Energieagentur GmbH. *Energieportal Sachsen*. 2014.
<http://www.energieportal-sachsen.de> (Zugriff am 19. 3. 2014).
- saena-1. *Energieportal Sachsen, Sächsische Energie Agentur*. 2014. www.energieportal-sachsen.de (Zugriff am 21. 3. 2014).
- saena-2. *Technologie der Abwärmenutzung*. Dresden: Sächsische Energieagentur, 2012.
- Schmitz, Winfried. *Abwärmenutzung im Betrieb*. München: Bayerisches Landesamt für Umwelt LfU, 2012.
- Schnitzer, Schmied et al, TU Graz. „Abwärmekataster Steiermark, Endbericht Projekt des Landes Steiermark.“ Graz, 2012.
- Schüwer, Dietmer, Dr. Manfred Fishedick, Dr. Martin Pehnt, und et al. „MINI-Technologiefolgenabschätzung Gas-Wärmepumpe.“ Heidelberg / Wuppertal, 2008.
- Sollesnes, Geir, und Hans Even Helgerud. „Potensialstudie for utnyttelse av spillvarme fra norsk industri.“ Norwegen, 2009.
- Stadtwerke Georgsmarienhütte. www.sw-gmhuette.de. 2014. (Zugriff am 20. 3. 2014).
- TEN eG. www.ten-eg.de. 2014. (Zugriff am 20. 3. 2014).
- Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur; ThEGA. www.thega.de. 2014.
www.thega.de/aktuelles-projekte/projekte/abwaermepotenzialkataster-thueringen/
(Zugriff am 28. 3. 2014).
- Ulrich Beutelmann, TEN eG, Interview geführt von Dipl.-Ing. Christian Waldhoff. (19. 3. 2014).
- Urbana Agimus GmbH. *Stromerzeugung aus Abwärme von Schmelzwannen - Entwicklung und erster Einsatz eines optimierten Prototypen*. Osnabrück: Deutsch Bundesstiftung Umwelt, 2012.
- Vagelpohl, Detlef, Andreas Witte, Prof. Dieter Genske, und Dr. Peter Moser. *Integriertes Klimaschutzkonzept Landkreis Osnabrück*. Osnabrück: Landkreis Osnabrück, 2011.
- Ziesing, Dr. H.F. et al. „Masterplan 100% Klimaschutz - auf dem Weg zur Null-Emissions-Kommune.“ Heidelberg, 2010.

