



Studie für das
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft
Baden-Württemberg

ABWÄRMENUTZUNG IN UNTERNEHMEN

Hauptauftragnehmer: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten
Forschung e.V.
Hansastraße 27c
80686 München

für ihr: **Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI**
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe

Kontakt: Dr.-Ing. Ali Aydemir
Telefon: 0721 / 6809 442 Fax.: 0721 / 6809 272
E-Mail: ali.aydemir@isi.fraunhofer.de

Ass. jur. Hannes Doderer
Telefon: 0157 / 56153151
E-Mail: hannes.doderer@ikem.de



im Unterauftrag

unterstützt durch:

IKEM - Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V.

Becker Büttner Held Consulting AG

Öko-Institut e.V.

Autoren:

Dr. Ali Aydemir (Fraunhofer ISI)

Hannes Doderer (IKEM)

Felix Hoppe (BBHC)

Dr. Sibylle Braungardt (Öko-Institut)

Karlsruhe, März 2019

Inhaltsverzeichnis	3
Einleitung und Aufbau der Studie	5
Kurzzusammenfassung	7
Arbeitspaket 1 (Ist-Analyse Abwärmepotenziale).....	7
Arbeitspaket 2 (Ist-Analyse Erschließungsmöglichkeiten)	7
Arbeitspaket 3 (Politik- und Rechtsrahmen)	8
Arbeitspaket 4 (Ausbauziele und Entwicklungspfade).....	9
Arbeitspaket 5 (Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen)	10
1 Arbeitspaket 1: Ist-Analyse Abwärmepotenziale.....	12
1.1 Übergreifende Fragestellung und Vorgehen	12
1.2 Hintergrund und Literaturüberblick.....	14
1.3 Belegen von Abwärmepotenzialen für BW	21
1.4 Ermitteln von Abwärmeindikatoren für BW	28
1.5 Erstellen von Anwendungsbilanzen für BW	32
1.6 Top-Down Schätzung der Abwärme für BW	38
1.7 Top-Down Schätzung für Wärmeintegration für BW.....	42
1.8 Erstellung einer Standortdatenbank für den Energieatlas BW	44
1.9 Zusammenfassung für Arbeitspaket 1	48
1.10 Literaturverzeichnis für Arbeitspaket 1	50
2 Arbeitspaket 2: Ist-Analyse Erschließungsmöglichkeiten	53
2.1 Beschreibung von Abwärmenutzungskonzepten	54
2.2 Definition generischer Anwendungsfälle.....	61
2.3 Entwicklung eines techno-ökonomischen Modells	70
2.4 Ökonomische Bewertung der Anwendungsfälle	84
2.5 Ableitung von Betreiber- und Geschäftsmodellen	97
2.6 Ergebnisse für Arbeitspaket 2	103
2.7 Literaturverzeichnis für Arbeitspaket 2	104
3 Arbeitspaket 3: Politik- und Rechtsrahmen	106
3.1 Politische Konzepte und Strategien	106
3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen der Abwärmenutzung	110
3.3 Förderinstrumente.....	151
3.4 Ex-Post Evaluationen von Instrumenten.....	160
3.5 Zusammenfassung für Arbeitspaket 3	165

3.6	Literaturverzeichnis für Arbeitspaket 3	166
4	Arbeitspaket 4: Ausbauziele und Entwicklungspfade	169
4.1	Methodisches Vorgehen	169
4.2	Ziele und Entwicklungspfade	170
4.3	Rechtliche Ebene und Monitoring	171
4.4	THG-Einsparungen	172
5	Arbeitspaket 5: Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen	173
5.1	Übergreifende Ziele und Vorgehen	173
5.2	Fragebogen	175
5.3	Expertenworkshop.....	178
5.4	Maßnahmenkatalog.....	182
5.5	Anmerkungen zur Maßnahmenumsetzung und Einordnung der Wichtigkeit durch die Experten.....	219
5.6	Empfehlungsmatrix zu den Maßnahmenvorschlägen	223
6	Anhang.....	224
6.1	Fördersätze nach dem KWKG	224
6.2	Begriffsbestimmung Abwärme (Politik und Rechtsrahmen)	224
6.3	Begriffsbestimmung Abwärme (Förderprogramme)	226
6.4	Expertenfragebogen	229

.....
Inhaltsverzeichnis
.....

Die Energiewende in Deutschland schreitet mit großen Schritten voran. Insbesondere vor dem Hintergrund der sektorenübergreifenden Klimaschutzziele der Bundesregierung und des Landes Baden-Württemberg ist es unerlässlich, nicht nur die Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien zu forcieren, sondern deren Ausbau mit Energieeffizienzmaßnahmen zu flankieren und Energieträger, deren Potenziale insbesondere im Wärmebereich bislang nicht umfassend genutzt wurden, stärker in den Fokus zu rücken.

Große Einsparpotenziale birgt dabei die anfallende Energie aus Abwärmequellen, insbesondere im Bereich von Unternehmen und des produzierenden Gewerbes.

Das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft des Landes Baden-Württemberg hat vorliegende Studie in Auftrag gegeben, um einen Einstieg in die Thematik der Abwärmenutzung zu erhalten und um eine Grundlage für ein geplantes Landeskonzept Abwärmenutzung Baden-Württemberg zu schaffen.

Abwärme und deren Nutzung ist ein vielschichtiges und facettenreiches Thema, das insbesondere von ökologischen, technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekten geprägt ist. Entsprechend wurden die Ergebnisse der vorliegenden Studie durch ein interdisziplinäres Projektteam in verschiedenen Arbeitspaketen erarbeitet (vgl. Abbildung 0-1).

In Arbeitspaket 1 werden bestehende Abwärmepotenziale in Baden-Württemberg analysiert. Ziel dieses Arbeitspakets ist die Beantwortung der Frage, wie viel industrielle Abwärme in Baden-Württemberg in welchen Temperaturbereichen theoretisch vorliegt.

Arbeitspaket 2 baut auf den zuvor bestimmten räumlich aufgelösten Abwärmepotenzialen auf und es werden hieraus relevante Anwendungsfälle entwickelt und bewertet. Technische und wirtschaftliche Anforderungen beeinflussen die Umsetzbarkeit der jeweiligen Anwendungsfälle, wodurch auch das theoretische Abwärmepotenzial begrenzt wird.

Arbeitspaket 3 widmet sich den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen der Abwärmenutzung. Hierzu werden politische Konzepte und Strategien in Bezug auf die Abwärmenutzung untersucht und es wird der gesamte relevante Rechtsbestand analysiert und im Hinblick auf Hemmnisse sowie Anreize bei der Abwärmenutzung eingeordnet.

Basierend auf den Arbeitsergebnissen der vorangegangenen Arbeitspakete werden in Arbeitspaket 4 Ausbauziele und Entwicklungspfade für die Vermeidung und Nutzung von Abwärme abgeleitet.

Abschließend werden in Arbeitspaket 5 als zentrales Ergebnis der Studie Maßnahmenvorschläge entwickelt, um die ermittelten Abwärmepotenziale bestmöglich nutzbar zu machen und damit einen Beitrag zu den Klimaschutzzielen leisten.

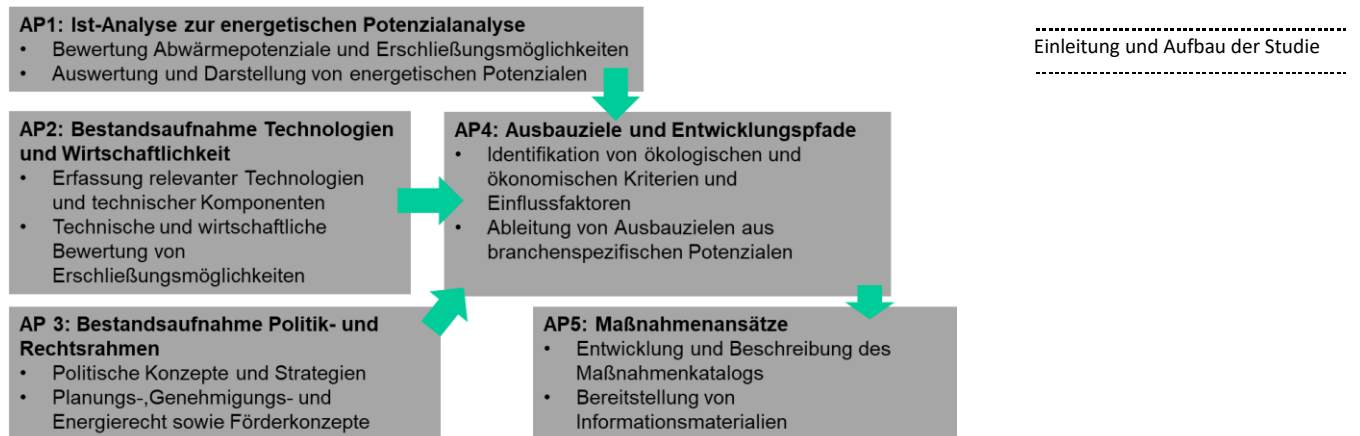


Abbildung 0-1: Struktur der Studie

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Arbeitspakete kurz zusammengefasst.

Arbeitspaket 1 (Ist-Analyse Abwärmepotenziale)

In Arbeitspaket 1 erfolgte zunächst eine obere und untere Schätzung für das industrielle Abwärmepotenzial in Baden-Württemberg. Beide Schätzungen berücksichtigen das Abwärmepotenzial aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen.

Zur Ableitung von Indikatoren für Abwärme aus brennstoffbasierten Anwendungen für die untere Schätzung wurden eingangs Emissionserhebungen auf Basis genehmigungspflichtiger Anlagen nach der 4. BImSchV ausgewertet. Im Rahmen dieser Bottom-Up-Auswertung wurde ein (Bottom-Up)-Potenzial in Höhe von etwa 2,2 TWh errechnet. Die Auswertung umfasste dabei etwa 56% des Brennstoffbedarfs des verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg. Da es sich um eine Bottom-Up-Auswertung handelt, wird somit nur eine Teilmenge des verarbeitenden Gewerbes erfasst. Indikatoren für elektrischen Anwendungen können auf Basis der Erhebungen nicht abgeleitet werden. Abwärme aus elektrischen Anwendungen sind in dem (Bottom-Up)-Potenzial somit nicht inkludiert.

Eine weitere (nicht für die Schätzungen relevante) Erkenntnis aus der Bottom-Up-Auswertung war, dass etwa 80% der ermittelten gesamten Abwärmeleistung auf nur etwa 15% der Abwärmequellen zurückzuführen war. Dies indiziert, dass es verhältnismäßig wenige Arbeitsstätten gibt, denen ein vergleichsweise hohes Potenzial zugeordnet werden kann.

Die aus der Bottom-Up-Auswertung ermittelten Indikatoren wurden schließlich für die untere (Top-Down-)Schätzung verwendet. Die Anwendung der Indikatoren für die untere Schätzung ist darin begründet, dass die Indikatoren methodisch bedingt dazu tendieren Abwärmemengen geringer zu indizieren, als tatsächlich im verarbeitenden Gewerbe vorhanden. Für die Schätzung von Abwärme aus elektrischen Anwendungen wurden für die untere Schätzung plausibilisierte Annahmen verwendet. Insgesamt resultiert die untere Schätzung in einem Potenzial von etwa 5,4 TWh. Dies inkludiert sowohl Abwärme aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen.

Für die obere (Top-Down-)Schätzung wurden Anwendungsbilanzen erstellt und es wurden zur Schätzung sowohl für Abwärme aus brennstoffbasierten, als auch elektrischen Anwendungen plausibilisierte Annahmen verwendet. Dadurch, dass der besonders relevante brennstoffbasierte Anteil mit diesem Ansatz eher vereinfacht mit plausibilisierten Annahmen abgearbeitet wird, ist davon auszugehen, dass der Ansatz für die obere Schätzung Abwärmemengen eher höher indiziert, als tatsächlich im verarbeitenden Gewerbe vorhanden. Insgesamt resultiert die obere Schätzung in einem Potenzial von etwa 9,3 TWh. Dabei ist wie auch schon bei der unteren Schätzung Abwärme aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen inkludiert.

Bezogen auf den Endenergieverbrauch der Industrie beträgt das Abwärmepotenzial für die obere und untere Schätzung somit zwischen 9% und 15%. In Arbeitspaket 1.5 erfolgte schließlich eine vereinfachte Schätzung des theoretischen Potenzials für Wärmeintegration. Dies resultierte in einem Potenzial zwischen 3,3 TWh (bezogen auf untere Schätzung) und 4,1 TWh (bezogen auf obere Schätzung). Bezogen auf die geschätzten Abwärmemengen insgesamt sind dies je nach Schätzung zwischen etwa 45% und 60%. D.h. die innerbetriebliche Nutzung von Abwärme ist trotz der langen Historie weiterhin höchst relevant.

Arbeitspaket 2 (Ist-Analyse Erschließungsmöglichkeiten)

In Arbeitspaket 2 wurden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale zur Abwärmenutzung umfänglich untersucht und ausgewählte Lösungen zur Nutzung entwickelt und bewer-

tet. Dabei wird festgestellt, dass die Investition in die Anlagentechnik, die zur Erschließung einer Abwärmequelle direkt erforderlich ist, hohe wirtschaftliche Potenziale aufweist.

Die Konzepte zur Wärmeerzeugung sind dabei, vorbehaltlich einer Einzelfallbewertung, als konkurrenzfähig gegenüber der definierten Referenztechnologie anzusehen. Bei den Stromanwendungen ist herauszustellen, dass die komplexe Anlagentechnik eine hohe Auslastung erfordert. Eine Stromeinspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung und Stromvermarktung zu Großmarktpreisen ist für kleintechnische Konzepte nicht wirtschaftlich. Daher setzt die Stromerzeugung aus Abwärme eine innerbetriebliche Nutzung voraus. Regulatorische Befreiungs- bzw. Reduktionstatbestände führen zu Lock-In-Effekten, da die Abwärmeverstromung mitunter nicht konkurrenzfähig zu alternativen Stromversorgungskonzepten ist.

Hieraus wird deutlich, dass obwohl wirtschaftliche Potenziale vorliegen weitere Hemmnisse bestehen, die nicht unmittelbar quantitativ zu bewerten sind. Es werden daher Geschäftsmodelle beschrieben, die die Umsetzung von Nutzungskonzepten unterstützen können.

Für diese Modelle ist die mitunter hohe rechtliche Komplexität zu betonen. Weiterhin ist neben der Komplexität des Energierechts auch die schnelle Veränderbarkeit des regulatorischen Rahmens und die damit verbundene schlechte Planbarkeit der Wirtschaftlichkeit der vorgestellten Geschäftsmodelle ein zentrales Hemmnis in der Umsetzung, zumal Abwärmeprojekte sehr lange Vorlaufzeiten aufweisen. Hier spielen auch die politischen Signale eine Rolle, da derzeit der Eindruck gewonnen werden kann, dass die dezentrale Versorgung politisch nicht mehr gewünscht sei und könnte demnach weiter in den Möglichkeiten zur profitablen Umsetzung beschnitten werden. Der Gesetzgeber müsste hier zum einen eine klare politische Linie vorgeben und zum anderen die gesetzlichen Rahmenbedingungen in Bezug auf die dezentrale Versorgung vereinfachen.

Arbeitspaket 3 (Politik- und Rechtsrahmen)

Aus politischer Perspektive gewinnt die Thematik der Abwärmenutzung immer stärkere Bedeutung, was sich insbesondere an der Adressierung in politischen Konzepten und Strategien auf europäischer, Bundes- und Landesebene zeigt.

Rechtlich ist zunächst festzuhalten, dass eine einheitliche Definition der Abwärme nicht besteht. Abwärme wird vielmehr von einzelnen Gesetzen verschieden definiert.

Auf Ebene des Planungsrechts kann die Nutzung erneuerbarer Energien und die sparsame und effiziente Nutzung von Energie Berücksichtigung finden. Eine explizite Benennung von Abwärme als ein bei der Bauleitplanung zu berücksichtigender Belang ist aber nicht gegeben. Betreiber von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen müssen u.a. der Pflicht zu einer sparsamen und effizienten Energieverwendung nachkommen. Verbindliche Vorgaben speziell bezogen auf die Abwärmenutzung sind dem Rechtsbestand ansatzweise in der Kosten-Nutzen-Vergleichsverordnung, ansonsten aber nicht zu entnehmen.

Energiewirtschaftsrechtlich betrachtet wird die Abwärmeverstromung im KWK-Prozess grundsätzlich durch einen KWK-Zuschlag gefördert. Die konkrete Zuschlagshöhe ist abhängig vom konkreten Anwendungsfall (bspw. Netzeinspeisung oder Eigenversorgung). In Eigenversorgungskonstellationen ist auf die verbrauchten Strommengen die EEG-Umlage zu entrichten, die konkrete Höhe der EEG-Umlage ist derzeit bei allen KWK-Eigenversorgungskonstellationen mit Rechtsunsicherheit behaftet. Ob und inwieweit weitere staatlich induzierte Strompreisbestandteile bei Eigenversorgungskonstellationen anfallen (bspw. Netzentgelte oder die Stromsteuer) hängt von der jeweiligen Versorgungskonstellation und von Einzelfall ab.

Soll die Abwärme innerbetrieblich genutzt werden, kann sie grundsätzlich zur Erfüllung der ordnungsrechtlichen Vorgaben der EnEV, des EEWärmeG (Bund) und des EWärmeG-BaWü beitragen.

Soll die Abwärme außerbetrieblich genutzt werden, ist festzuhalten, dass ein Zugangsanspruch zu einem Wärmenetz für abwärme“erzeugende“ Unternehmen nicht besteht.

Ist eine Temperaturniveaueinhebung der Abwärme mittels Wärmepumpen erforderlich, ist zu berücksichtigen, dass der Wärmepumpenstrom regelmäßig mit staatlich induzierten Strompreisbestandteilen belegt ist (insb. EEG-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuer) Die konkrete Höhe hängt aber vom Einzelfall ab. Auch die außerbetrieblich genutzte Abwärme kann grundsätzlich zur Erfüllung der ordnungsrechtlichen Vorgaben der EnEV, des EEWärmeG (Bund) und des EWärmeG-BaWü beitragen.

Sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene bestehen verschiedene Förderprogramme, die die Nutzung von Abwärme unmittelbar oder mittelbar fördern.

Arbeitspaket 4 (Ausbauziele und Entwicklungspfade)

Basierend auf der Analyse der Potenziale zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme, der bestehenden Technologien sowie des rechtlichen Rahmens werden in AP 4 Ausbauziele und Entwicklungspfade abgeleitet. Die Ziele werden in Form von zusätzlich genutzter bzw. vermiedener Abwärmemengen ab dem Basisjahr 2020 definiert.

Der Zielwert für das Jahr 2030 beträgt 2,8 TWh/a, was einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs der Erschließung von Potenzialen zur Nutzung und Vermeidung von Abwärme um 0,25 TWh entspricht. Die jährlichen Abwärmemengen sind als Richtwerte bzw. Durchschnittswerte anzusehen, da sich im jährlichen Vergleich deutliche Schwankungen ergeben können, die beispielsweise durch Umsetzungsmaßnahmen in einzelnen energieintensiven Standorten begründet liegen. Perspektivisch ist zu erwarten, dass aufgrund der zunehmenden Ausschöpfung der Potenziale die Entwicklungspfade nach 2030 abflachen und eine deutlich geringere jährliche Steigerung bis 2050 zu erwarten ist.

Eine Zielerreichung kann nur dann gewährleistet bzw. verifiziert werden, wenn durch ein regelmäßiges Monitoring die tatsächlichen Entwicklungen mit den Zielpfaden abgeglichen werden. Dazu muss ermittelt werden, ob die durch die jeweils umgesetzten Maßnahmen erreichten Einsparungen den betrachteten Zielpfaden entsprechen. Ist dies nicht der Fall, kann frühzeitig durch zusätzliche steuernde Instrumente (siehe AP 5) entgegengewirkt werden.

Grundsätzlich ist das Monitoring von Maßnahmen zur Nutzung und Vermeidung von Abwärme eine Herausforderung, da die Umsetzung von Maßnahmen durch einzelne Betriebe erfolgt und die eingesparten Energiemengen somit dem Land Baden-Württemberg nicht vorliegen und die Übermittlung der Daten nicht eingefordert werden kann.

Bei der Erstellung eines Monitoring-Konzeptes wird daher aus Gründen der Kosteneffizienz empfohlen, so weit wie möglich auf bestehende Datengrundlagen zurückzugreifen. Insbesondere ist hier das bestehende Abwärme-Programm der KfW sowie das Förderprogramm Wärmenetze 4.0 zu nennen. Zusätzlich können die verbleibenden Potenziale im Zeitverlauf anhand der Methodik aus AP 1 abgeschätzt werden.

Durch eine dem Zielpfad gemäße Entwicklung der Vermeidung und Nutzung von Abwärme können in Baden-Württemberg im Jahr 2030 THG-Einsparungen von ca. 750 kt CO₂-äq/a erreicht werden.

Arbeitspaket 5 (Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen)

Kurzzusammenfassung

In einem mehrstufigen Prozess wurden aus den Ergebnissen der vorangegangenen Arbeitspakete und unter Beteiligung von Experten Maßnahmenvorschläge entwickelt, durch welche die Abwärmepotenziale in Baden-Württemberg stärker gehoben werden können. Dabei gliedern sich diese Maßnahmenvorschläge in vier Kategorien (Allgemein, Fordern, Fördern, Informieren)

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick über die vorgeschlagenen Maßnahmen. Die Spalte „Empfehlung“ gibt an, ob die Maßnahme grundsätzlich/generell geeignet ist, die Nutzung von Abwärme zu erhöhen. Die Spalte „Eignung für Landeskonzzept“ trifft Aussagen darüber, ob der entsprechende Maßnahmenvorschlag in ein Landeskonzzept Abwärme übernommen werden sollte.

Eine ausführliche Beschreibung der Maßnahme, Vor- und Nachteile, zu beachtenden Aspekte und eine Bewertung im Hinblick auf die Wichtigkeit einzelner Maßnahmenvorschläge ist Kapiteln 5.3 und 5.4 zu entnehmen.

Tabelle 1: Maßnahmenübersicht

 Kurzzusammenfassung

Gruppe	Kurzbezeichnung	Empfehlung	Eignung für Landeskonzept
Allgemeine Maßnahmen	1. Abwärme im Klimaschutzgesetz	Ja	Ja
	2. Einheitliche Begriffsbestimmung	Ja	Ja
	3. Einsatz für (Bundes-) Energieeffizienzgesetz	Ja	Nein
	4. Monitoring-Strategie Entwickeln	Ja	Ja
	5. Umweltdaten für Energiefragen implementieren	Ja	Nein
Fördernde Maßnahmen	6. Zielgerichtete Fortschreibung der KNV-V	Ja*	Ja*
	7. Daten für Wärmeplanung bereitstellen	Ja*	Ja*
	8. Einsatz für eine TA Effizienz	Ja*	Nein
	9. Schaffung Abwärmegesetz BW	Nein	Nein
	10. Kosten-Nutzen-Vergleich in BW	Nein	Nein
Fördernde Maßnahmen	11. Ausfallversicherung Implementieren	Ja	Ja
	12. Erleichterung für den Wärmenetzzugang	Ja*	Nein
Informative Maßnahmen	13. Multiplikatoren für Abwärme unterstützen	Ja	Ja
	14. Anbindung an Energieeffizienznetzwerke forcieren	Ja	Ja
	15. Kommunikation stärken	Ja	Ja
	16. „Kompetenzzentrum Abwärme“ einrichten	Ja	Ja
*: Maßnahmenvorschlag wird nur eingeschränkt empfohlen. Die entsprechende Begründung ist in der Maßnahmenbeschreibung enthalten.			

1 Arbeitspaket 1: Ist-Analyse Abwärmepotenziale

1.1 Übergreifende Fragestellung und Vorgehen

Arbeitspaket 1 beschäftigt sich mit der Frage, wie viel industrielle Abwärme in Baden-Württemberg theoretisch vorliegt und welcher Anteil dieser Abwärmemenge durch innerbetriebliche Wärmerückgewinnung verwertet werden könnte. Die Bezeichnung industrielle Abwärme impliziert, dass sich die Analyse ausschließlich auf das verarbeitende Gewerbe bezieht. Des Weiteren liefert Arbeitspaket 1 eine Datengrundlage zur Ableitung von Typfällen für das zweite Arbeitspaket und für den Energieatlas Baden-Württemberg.

Vorgehen

In Arbeitspaket 1 wird zunächst ein kurzer Literaturüberblick zur industriellen Abwärmenutzung in Deutschland gegeben und der Hintergrund erläutert. Die nachfolgenden Unterarbeitspakete dienen dann der Schätzung von Abwärmepotenzialen für Baden-Württemberg. Dabei ist zu erwähnen, dass in Arbeitspaket 1 eine obere und eine untere Schätzung erfolgt.

In Abschnitt 1.3 erfolgt zunächst eine Datenanalyse auf Basis von Emissionserklärungen für Anlagen, die nach der 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) genehmigungspflichtig sind. Diese Analyse belegt Abwärmepotenziale für Baden-Württemberg auf Basis vorhandener statistischer Daten mit einem Bottom-Up-Ansatz (vgl. Erläuterung unter Abbildung 1-1). Zudem dient die Analyse der Ableitung von Indikatoren für die untere Schätzung, die wiederum in Abschnitt 1.4 ermittelt werden.

In Abschnitt 1.5 werden energetische Anwendungsbilanzen für das verarbeitende Gewerbe erstellt. Diese Anwendungsbilanzen dienen zum einen der Schätzung zur Abwärme aus elektrizitätsbasierten Anwendungen. Zum anderen dienen die Anwendungsbilanzen zur Schätzung von Abwärme auf Basis von brennstoffbasierten Anwendungen für die obere Schätzung in dieser Studie.

In Abschnitt 1.6 wird die obere und untere Schätzung auf Basis der vorangegangenen Arbeitspakete mit einem Top-Down-Ansatz durchgeführt. Darauf aufbauend wird in Abschnitt 1.7 das Potenzial für Wärmeintegration geschätzt. Abschließend wird in Abschnitt 1.8 eine Standortdatenbank für den Energieatlas Baden-Württemberg erstellt. Ein schematischer Überblick des Arbeitspaketes ist in Abbildung 1-1 dargestellt.

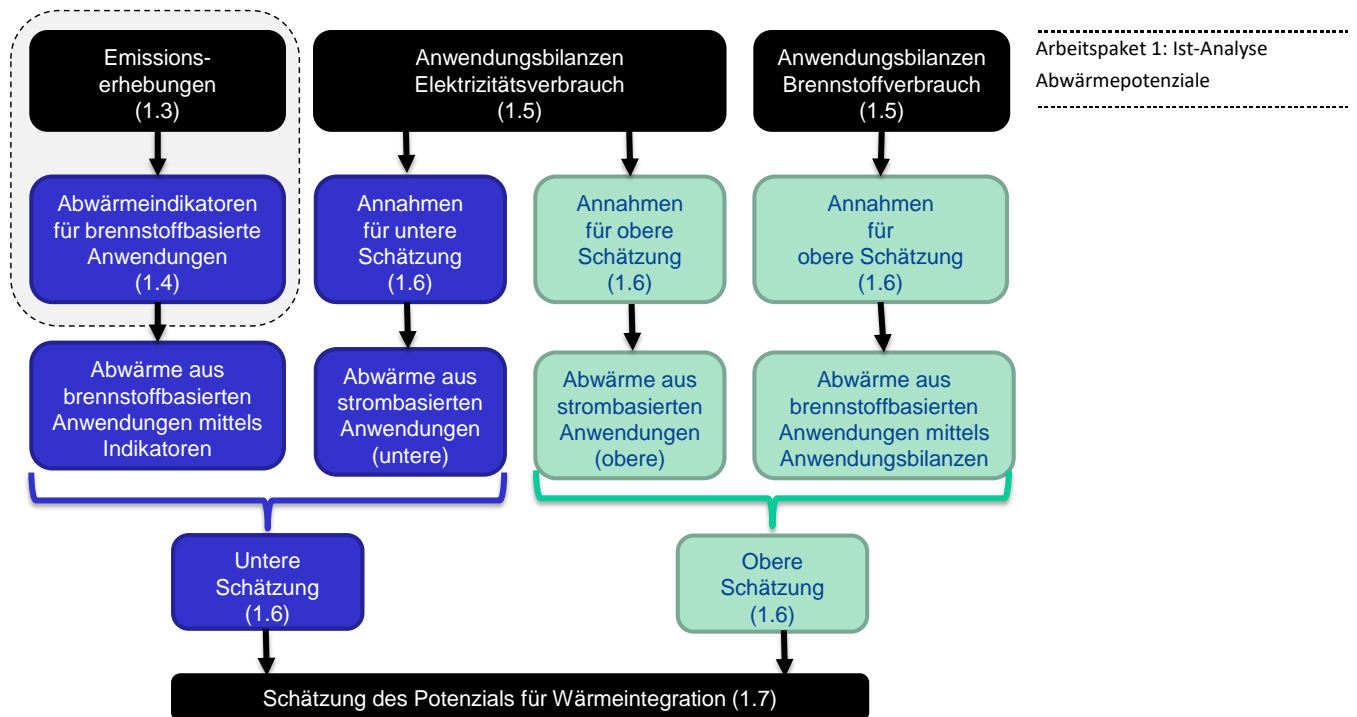


Abbildung 1-1: Überblick über die Vorgehensweise in Arbeitspaket 1 - grau hinterlegte Boxen: Bottom-Up-Analysen

Erläuterung: Top-Down vs. Bottom-Up-Ansätze

Ansätze zur Schätzung von Potenzialen für Energieeffizienzmaßnahmen können zwischen Bottom-Up und Top-Down basierten Methoden unterschieden werden. Diese Unterscheidung ist der Klassifizierung von Modellen zur Prognose der Energienachfrage oder methodischen Ansätzen zum Messen von Energieeffizienz entlehnt, wo unter anderem ebenfalls zwischen Top-Down- und Bottom-Up-Ansätzen unterschieden wird (Herbst et al. 2012, Schlomann et al. 2015).

Bei Top-Down-Ansätzen werden Energiesysteme auf Basis von aggregierten ökonomischen Kenngrößen analysiert, beispielsweise auf Basis von aggregierten Energieverbräuchen aus Energiestatistiken.

Bei Bottom-Up-Ansätzen werden bei der Analyse technologische Zusammenhänge und Optionen im Energiesystem mit einbezogen, indem beispielsweise Energieverbräuche zur Herstellung bestimmter Produkte durch technologische Betrachtung der Herstellprozesse abgeschätzt werden. Eine weitere Möglichkeit bei Bottom-Up-Ansätzen besteht darin einzelne (Produktions-)standorte auszuwerten und die Potenziale dieser Standorte aufzuzaddieren.

Der Vorteil von Bottom-Up Ansätzen ist, dass technologische Charakteristika einzelner Produktionsprozesse oder Produktionsstandorte durch die Nutzung entsprechend zugeordneter Daten mitberücksichtigt werden. Ein Nachteil ist, dass in der Regel nur Teilmen-gen des verarbeitenden Gewerbes erfasst werden können, da der Aufwand zur Datenerhebung für ein vollständiges Bild enorm wäre. Der Vorteil von Top-Down Ansätzen ist, dass durch die Nutzung von Energiestatistiken zumindest im Hinblick auf die Abdeckung des Energieverbrauches ein nahezu vollständiges Bild generiert werden kann. Der Nachteil ist jedoch, dass technologische Charakteristika eher nur vereinfacht berücksichtigt werden.

Was ist industrielle Abwärme?

Etwa 70% des Energieverbrauchs in der Industrie ist auf die Bereitstellung von Prozesswärme zurückzuführen (Rohde et al. 2017). Durch Ineffizienzen von Prozessen und thermodynamische Beschränkungen wird bei der Bereitstellung von Prozesswärme mal mehr, mal weniger industrielle Abwärme erzeugt. Aus technischer Sicht kann industrielle Abwärme als Wärme bezeichnet werden, die unerwünscht durch Industrieprozesse erzeugt wird (Pehnt 2010). Aus gesellschaftlicher Sicht kann Abwärme als Wärme bezeichnet werden, die ein Nebenprodukt industrieller Prozesse ist. Sie wird gegenwärtig noch zu wenig genutzt, jedoch könnte eine zukünftige Nutzung einen Mehrwert für Industrie und Gesellschaft zur Folge haben (Broberg Viklund und Johansson 2014).

In Deutschland ist das Thema der industriellen Abwärmenutzung nicht neu. So fasst beispielsweise Bergmeier (2003) die Geschichte der Rückgewinnung von Abfallenergie in Deutschland zusammen und beginnt dabei im Jahr 1920. Bereits in den 1920ern befassten sich zahlreiche Fachzeitschriften mit der Thematik „Wärmewirtschaft“ und in diesem Zusammenhang wurden Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch Nutzung industrieller Abwärme diskutiert. Bergmeier (2003) kommt zu dem Schluss, dass in der Vergangenheit weniger technische Barrieren für den breiteren Einsatz von Abwärme maßgeblich waren. Vielmehr waren die Barrieren immer ökonomische, gesellschaftliche und politische Barrieren, die einer breiteren Nutzung im Weg standen.

Warum entsteht industrielle Abwärme?

Industrielle Abwärme entsteht durch Ineffizienzen von Anlagen und Prozessen sowie durch thermodynamische Beschränkungen (vgl. Hirzel 2013, Johnson et al. 2008). Ein Beispiel für Ineffizienzen von Anlagen sind fehlende Isolierungen zur Verminderung von Wärmeverlusten. Thermodynamische Beschränkungen ergeben sich hingegen aus Prozesscharakteristiken. Ein Beispiel ist das Schmelzen von Aluminium in Flammöfen. Abgase, die den Flammöfen verlassen, können Temperaturen von bis zu 1.300°C aufweisen. Infolgedessen enthalten die Abgase einen hohen Wärmeinhalt, der bis zu 60% des Energieeinsatzes des Ofens ausmacht. Eine Energieeffizienzmaßnahme für Flammöfen wären es demnach niedrigere Abgastemperaturen anzustreben, bspw. durch bessere Wärmeübertragung im Ofen. Aber auch in diesem Fall schreiben die Gesetze der Thermodynamik eine untere Grenze für die Abgastemperatur vor. Beim Wärmeaustausch im Ofen findet Energieübertragung von einer Hochtemperaturquelle auf eine Niedrigtemperatursenke statt. Um das Schmelzen des Aluminiums zu erreichen, muss die Verbrennungsgastemperatur immer über dem Schmelzpunkt für Aluminium liegen, da sonst keine Schmelze erzeugt wird. Der Schmelzpunkt von Aluminium liegt zwischen 650 und 750°C, infolgedessen liegt die untere Grenze für die Abgastemperatur ebenfalls in diesem Bereich. Bezogen auf den Energieeinsatz im Ofen würde bei einer Abgastemperatur in diesem Bereich immer noch mindestens 40 % der in den Ofen eingespeisten Energie als Abwärme verloren gehen. Die Art des Ofens und die Funktion gibt somit eine minimale Abwärmemenge im Abgas aufgrund thermodynamischer Beschränkungen vor. Diese Abwärme könnte jedoch anderen Prozessen zur Verfügung gestellt werden und die nicht genutzte industrielle Abwärme würde somit insgesamt vermindert werden.

Wo wird industrielle Abwärme erzeugt?

Industrielle Abwärme wird in zahlreichen Bereichen des verarbeitenden Gewerbes erzeugt. Die Prozesse, bei denen industrielle Abwärme erzeugt werden, lassen sich differenziert nach Industriezweig und/oder eingesetzter Querschnittstechnologie beschreiben. Üblicherweise wird dabei ein besonderes Augenmerk auf Prozesse der energieintensiven Industrie gelegt, da diese Industrien einen hohen Energie- und Wärmebedarf haben und tendenziell somit auch verglichen zu anderen Industrien höhere absolute Abwärmemengen erzeugen. Die Abwärmequellen für Einzelanlagen dieser Industrien müssen für tiefere Analyse auf Basis von Einzelfallbetrachtungen erfasst werden, da sich Prozessführungen innerhalb der Anlagen unterscheiden können. Tabelle 1 gibt Beispiele für einige relevante Verfahrensschritte aus energieintensiven Industrien, die Abwärme erzeugen (eine ausführlichere Beschreibung findet sich in Hirzel et al. 2013).

Tabelle 2: Beispiele für Verfahrensschritte bei der Produktion von Gütern, bei denen Abwärme anfällt

Industriezweig	Verfahrensschritte oder Aggregate mit Abwärmemengen (Auszug)
Primärstahlerzeugung, d.h. Hochofenroute	Kokerei, Sinteranlage, Hochofen, Konverter, Warmwalzstraßen
Sekundärstahlerzeugung, d.h. Elektrolichtbogenroute	Elektrolichtbogenofen, Sinteranlage, Warmwalzstraßen
Eisen und Stahlgießereien	Kupolöfen, Glüh- und Härteöfen
Primäraluminiumherstellung	Schmelzflusselektrolyse
Kupferherstellung (pyrometallurgische Route):	Kontaktanlage
Sekundärherstellung (Recycling) von Nichteisenmetallen	Schmelzöfen (mit) regenerativen oder rekuperativen Brennern, Induktive Öfen
Zementindustrie	Drehrohrofen / Vorkalzinator
Glasindustrie	Glasschmelzwanne
Keramikindustrie	Brennöfen
Papierindustrie	Papiermaschine (Abwasser), Stoffaufbereitung (Abwasser), Halbstoffherzeugung (Abwasser), Abluftströme (Produktionshalle, Gebläse, Papier- und Streichmaschine)

Querschnittstechnologien, die Abwärme erzeugen sind insbesondere im Bereich der nicht energieintensiven Industrie relevant, wie etwa in der Nahrungsmittelindustrie. Dort werden beispielsweise die Prozesse Entwässern, Kochen, Pasteurisieren, Sterilisieren, Trocknen, Wärmebehandeln, Waschen eingesetzt, die Wärme in einem Temperaturbereich zwischen 30 und 150 °C benötigen. Zum Sterilisieren wird in der Regel Dampf verwendet, der in Dampferzeugern hergestellt wird, die wiederum mal mehr mal weniger Abwärme im Abgas enthalten. Zudem sind oft Kühlprozesse nötig, die ebenfalls für Abwärmenutzung interessant sein können. Insgesamt lassen sich relevante Querschnittstechnologien im Hinblick auf Abwärme wie folgt kategorisieren und beschreiben.

Verbrennungsanlagen: Abgase von Querschnittsanwendungen liegen in technischen Anlagen wie bspw. Heißwasserkesseln, Schmelzöfen, Brennöfen oder Dampferzeugern vor. Die Nutzung dieser Abgase ist eine gängige Energieeffizienzoption, die in vielen Fällen technisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Trocknungsanlagen: Trocknungsprozesse sind in zahlreichen Branchen anzutreffen (z. B. Trocknung von Milchpulver, Papier oder Lösungsmitteln). Die im Abgasstrom nach dem Trocknen vorhandene Energie kann durch Wärmeübertrager und unter Umständen durch eine Rückgewinnung von Kondensationswärme für andere Zwecke erschlossen werden.

Raumlufttechnische Anlagen: Wird Abluft direkt an die Umgebung abgeführt, geht die darin enthaltene Niedertemperaturwärme ungenutzt verloren. Durch den Einsatz von Wärmetauschern in raumlufttechnischen Anlagen ist es möglich, rund 35 bis 90 % der in der Abluft vorhandenen Energie für die Vorwärmung von Frischluft zu verwerten (vgl. LfU 2012, Hirzel et al. 2013).

Druckluftkompressoren: Bei der Verdichtung von Umgebungsluft fallen thermodynamisch bedingt große Abwärmemengen an. Diese warme Abluft von Druckluftkompressoren liegt etwa 20 °C über der Umgebungstemperatur und kann zur Bereitstellung von Raumwärme (bspw. Hallenbeheizung) genutzt werden. Zudem kann auch Brauch- oder Prozesswassererwärmung erzeugt werden.

Kälteanlagen: Bei Kälteanlagen (z. B. für die Maschinen oder Werkzeugkühlung) kann Wärme aus dem Kühlkreislauf und vom Kältekompressor genutzt werden. Die Temperaturniveaus werden jedoch eher niedrig (35 °C bis 70 °C) angegeben (vgl. LfU 2012).

Abwasser: Abwärme im Abwasser fällt bspw. bei Waschprozessen und Reinigungsprozessen in zahlreichen Industrien an. Zudem befinden sich Abwärmemengen in Kühlwasserströmen in der Industrie. Abhängig vom Temperaturniveau kann eine Abwasserwärmerückgewinnung für zahlreiche Anwendungen technisch und wirtschaftlich sinnvoll sein.

Im Hinblick auf Temperaturbereiche von Abwärmequellen müssen im Detail jeweils die einzelnen Prozesse betrachtet werden, da diesbezüglich Prozesscharakteristika besonders relevant sind. Eine grobe Einsortierung ergibt sich wie folgt:

- Abwärme aus Verbrennungsabgasen: > 150°C
- Abwärme aus Wasser-/Dampfsystemen: 100-150°C
- Abwärme aus Trocknungsprozessen und Druckluftsystemen: 40-100°C
- Abwärme aus Abluft raumlufttechnischer Anlagen: 20-40°C.

Wie wird mit Abwärme in der Industrie umgegangen?

Bei der Nutzung von Abwärme können unterschiedlich Maßnahmen im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit und Umweltfreundlichkeit gegeneinander abgewägt werden. In der Regel wird auf einen gestuften Ansatz zurückgegriffen, der die verschiedenen Möglichkeiten priorisiert:

1. Vermeidung der Entstehung der Abwärme
2. Prozessinterne Nutzung der Abwärme (durch Wärmeübertragung)
3. Innerbetriebliche Nutzung der Abwärme (durch Wärmeübertragung)
4. Umwandlung der Abwärme in andere Medien (bspw. Elektrizität, Kälte, Druckluft), oder außerbetriebliche Nutzung der Abwärme.

Die technische Umsetzbarkeit und die Wirtschaftlichkeit der Abwärmennutzung sind von diversen Faktoren abhängig. (Hirzel et al. 2013) fassen die im Folgenden aufgelisteten Faktoren auf Basis von (Johnson et al. 2008) und (Schaefer 1995) zusammen.

Abwärmemenge: Die Abwärmemenge bezeichnet den Energieinhalt der Abwärme. Je höher der Energieinhalt ist, desto lohnenswerter ist in der Regel die Nutzung der Abwärme. Dies ist grundsätzlich darin begründet, dass notwendige einmalige Investitionen, die nicht vom

genutzten Energiegehalt abhängig sind auf eine höhere Energiemenge bezogen werden (bspw. Installation von Anlagen).

Temperaturniveau: Das Temperaturniveau der Abwärme hat Einfluss auf den Energieinhalt der Abwärme. Je höher die Temperatur ist, desto mehr Energie enthält die Abwärme prinzipiell. Zudem, je höher die Temperaturen von Abwärmequelle und potenzieller Wärmesenke voneinander entfernt sind, desto kleinere Wärmeübertragerflächen sind notwendig um die gleiche Energie bereitzustellen. Eine hohe Spreizung zwischen Temperaturen von Abwärmequelle und potenzieller Senke kann sich somit positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. Soll die Abwärme in eine andere Energieform umgewandelt werden, beispielsweise elektrischen Strom, so wird häufig die Exergie angeführt. Nach (Tsatsaronis 2007) ist „die Exergie eines thermodynamischen Systems die maximale, theoretisch nutzbare Arbeit (mechanische oder elektrische Arbeit), die erzielbar ist, wenn das System in vollständiges thermodynamisches Gleichgewicht mit seiner thermodynamischen Umgebung gebracht wird und dabei ausschließlich mit dieser Umgebung interagiert“. Bei thermischer Energie (Wärme) beruht die Exergie auf einem Temperaturunterschied zwischen der Wärme und der Referenzumgebung. Der exergetische Anteil der Wärme wird üblicherweise mit dem Carnot-Faktor errechnet. Der Carnot-Faktor kann somit ebenfalls als ein Qualitätsmaß für eine Abwärmequelle aufgefasst werden.

Zusammensetzung: Die chemische Zusammensetzung des Trägermediums, an welchem die Abwärme gebunden ist spielt für die technische Nutzbarkeit eine Rolle. Sie hat zum einen Einfluss auf die technischen Geräte und/oder Materialien, die zur Nutzung der Abwärme eingesetzt werden können. Dies ist bspw. der Fall, wenn korrosive Bestandteile in der Abwärme eines Abgases enthalten sind, die im Hinblick auf eingesetzte Materialien für die Wärmetauscher nicht auskondensieren sollen. Infolgedessen werden nutzbare Temperaturbereiche eingeschränkt. Zum anderen kann die chemische Zusammensetzung die Nutzung durch umwelttechnische Anforderungen begrenzen. Ein Beispiel wäre ein heißer Abgasstrom, welches mit Dioxinen belastet ist und aus umwelttechnischen Gründen in sehr kurzer Zeit abgekühlt werden muss. Eine Nutzung der Abwärme wäre somit prinzipiell weiterhin denkbar, es würden jedoch Anforderungen seitens der Umweltauflagen bestehen.

Bündelung: Abwärme kann an ein Trägermedium gebunden sein und somit gebündelt auftreten. Ein Beispiel wäre ein heißer Abgasstrom, der durch einen Kamin geleitet wird. Abwärme kann jedoch auch diffus auftreten, bspw. durch abkühlende Produkte. Ein Beispiel wären Eisenbarren in Gießereien, die an der Umgebung abkühlen. Prinzipiell ist eine Nutzung gebündelter Abwärmequellen technisch weniger aufwendig umzusetzen. Eine Nutzung nicht gebündelter Abwärmequellen wird jedoch für viele Anwendungen diskutiert und teilweise schon getestet (bspw. mit Hilfe der Thermofotovoltaik).

Gleichzeitigkeit (kontinuierlicher/diskontinuierlicher Anfall): Wenn Abwärme verwendet werden soll, um Energie für eine Wärmesenke bereit zu stellen, dann spielt die Gleichzeitigkeit des Anfalls der Abwärme und des Wärmebedarfs der potenziellen Senke eine Rolle. Fällt die Abwärme zeitlich versetzt zur Anforderung des Prozesses an, so kann die Abwärme prinzipiell weiterhin durch Einsatz von thermischen Speichern zur Energiebereitstellung genutzt werden. Falls Abwärme in ein Wärmeverteilsystem (bspw. mit Wasser als Energieträger) eingespeist wird, so kann auch das Verteilsystem eine speichernde Wirkung erzeugen.

Nutzungsdauer: Je länger die Abwärme zeitlich anfällt und genutzt werden kann desto wirtschaftlicher werden grundsätzlich Maßnahmen zur Nutzung von Abwärme. Dies ist darin begründet, dass notwendige einmalige Investitionen auf eine höhere Energiemenge bezogen werden.

Räumliche Nähe: Je näher eine potenzielle Abwärmequelle und eine potenzielle Senke zueinander sind, desto weniger technischer und somit auch wirtschaftlicher Aufwand ist notwendig, um die Quelle und Senke miteinander zu verbinden. Dieser Faktor ist insbesondere für die überbetriebliche Wärmeintegration von Relevanz.

Abwärmearufkommen in Deutschland

Trotz der langen Historie der Thematik industrieller Abwärme gibt es wenige Angaben, die das Abwärmearufkommen in Deutschland quantifizieren. Für Deutschland gab es bis 2016 nur zwei wissenschaftliche Veröffentlichung zum Abwärmearufkommen (Persson et al. 2014, Pehnt et al. 2011) sowie zwei Werte aus Projektberichten (Connolly et al. 2013, Grote et al. 2015). Alle vier Veröffentlichungen schätzten das Aufkommen mit eher vereinfachten Kennwertansätzen ab. So werden beispielsweise in Pehnt et al. (2011) Kennwerte zum Abwärmearufkommen auf Basis einer norwegischen Umfrage abgeleitet und für Deutschland angewendet.

Im Jahr 2016 veröffentlichte Brückner eine Schätzung für Deutschland in einer Dissertation, für die deutlich mehr Daten ausgewertet wurden, als dies bisher der Fall war. Zur Schätzung wird ein Bottom-Up Ansatz angewendet. Die Datengrundlage der Schätzung bilden Emissionserhebungen nach der vierten Bundesmissionschutzverordnung (4. BImSchV) aus dem Jahr 2008, die von den Umweltämtern der jeweiligen Bundesländer zusammengestellt worden sind.

Für die Schätzung der Abwärme wurde eine Methode zur anonymen Auswertung von Daten zu Abgasströmen, die in den Emissionsberichten vorhanden sind, entwickelt. Diese Methode wurde zur Auswertung von etwa 81.000 Abgasströmen der deutschen Industrie angewendet. Die dabei ausgewerteten Produktionsstandorte verursachen etwa 58% des industriellen Brennstoffverbrauchs in Deutschland. Für die ausgewerteten Standorte ergibt sich ein Abwärmearufkommen von 35 TWh pro Jahr, was etwa 13% des Brennstoffverbrauches der Standorte entspricht. Zudem wird darauf aufbauend eine Schätzung für Deutschland durchgeführt, indem Kennwerte auf Basis der ausgewerteten Produktionsstandorte gebildet werden, die dann auf den restlichen Energieverbrauch der Industrie angewendet werden. Im Ergebnis schätzt Brückner (2016) ein Potenzial für Deutschland von etwa 64-70 TWh pro Jahr. Brückner (2016) hat somit gezeigt, dass ein erhebliches industrielles Abwärmearufkommen für die deutsche Industrie vorhanden ist.

Bei der Schätzung von Brückner (2016) handelt es sich um eine theoretische Potenzialschätzung, da keine Aspekte der technischen Nutzbarkeit in die Schätzung mit einfließen. Das ermittelte Abwärmearufkommen wird somit konsequenterweise auch als theoretisches Potenzial für industrielle Abwärme in Deutschland bezeichnet. Zudem bezieht sich die Abwärmepotenzialschätzung ausschließlich auf (geführte) Abgasströme und auf die Bilanzgrenze "Betrieb". Infolgedessen werden Abwärmeströme anderer Quellen (Diffuse Abwärme, Abwasser usw.) sowie die Energiemenge, die die Abgasströme innerhalb der Betriebsgrenzen ungenutzt verlieren, nicht berücksichtigt. Das Potenzial könnte somit auch mit „theoretisches Potenzial für industrielle Abwärme aus Abgasströmen“ bezeichnet werden. Durch die Art der Methodik wird in Brückner (2016) das industrielle Abwärmepotenzial somit tendenziell niedriger geschätzt als tatsächlich innerhalb der Betriebe vorhanden.

Im Jahr 2018 wurden am Fraunhofer ISI 20 Fachgespräche in Form von telefonischen Interviews zur Thematik der industriellen Abwärmennutzung durchgeführt. Der Interviewleitfaden wurden den Teilnehmern vorab zugesandt. Bei den Befragten handelte es sich ausschließlich um Energiemanager und/oder technische Betriebsleiter. Im Ergebnis stellte sich heraus, dass fast die Hälfte der Befragten (8 x) Abwärme bereits zumindest teilweise ausnutzen. Zwei Befragte gaben zudem an, dass vorhandene Abwärme nahezu vollständig genutzt wird. Ein Viertel der Befragten (5 x) gab jedoch an, dass Abwärme nicht nennenswert genutzt wird, jedoch Potenzial zur Nutzung vorhanden wäre. Dies stützt die Hypothese, dass Abwärmepotenziale in der Industrie noch nicht ausgeschöpft sind.

In dem Projekt NENIA gefördert vom Bundeswirtschaftsministerium wird industrielle Abwärme zur Evaluierung für die netzgebundene Abwärmennutzung (bspw. in Fernwärmenetzen) abgeschätzt. Berücksichtigt werden die nach 4. BImSchV genehmigungsbedürftige

Anlagen. Die Methodik ist vergleichbar zu Brückner (2016) und basiert auch auf Emissionserhebungen nach der Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV). Der Endbericht des Projektes wird im Jahr 2019 erwartet. In Präsentationen auf Fachtagungen wird ein theoretisches Potenzial für Deutschland in Höhe von etwa 63 TWh ausgewiesen (vgl. Blömer 2018). Der Wert ist somit vergleichbar mit den Werten von Brückner (2016).

Zur Schätzung des Abwärmeaufkommens werden üblicherweise drei Potenzialbegriffe verwendet, die im Folgenden erläutert und kritisch reflektiert werden.

- **Theoretisches/Physisches Abwärmepotenzial:** Beim theoretischen Abwärmepotenzial handelt es sich um die Gesamtheit des zur Verfügung stehenden Potenzials im Untersuchungsraum. Bezogen auf Abwärme kann hierunter die maximal nutzbare Energiemenge, die in der Abwärme enthalten ist, verstanden werden. Diese Energiemenge entspricht dem Exergieanteil der Abwärme. Der Anteil wird mit Hilfe des Carnot-Faktors errechnet.
- **Technisches Abwärmepotenzial:** Bei dem technischen Potenzial handelt es sich um den Anteil des theoretischen Potenzials, der unter technischen und ökologischen Restriktionen genutzt werden kann. Im Rahmen der Abwärmennutzung spielen somit beispielsweise Verluste für Wärmeübertragung und Wärmetransport eine Rolle.
- **Wirtschaftliches Abwärmepotenzial:** Das wirtschaftliche Potenzial bezeichnet den Teil des technischen Potenzials, der unter ökonomischen Kriterien wirtschaftlich genutzt werden kann. Ökonomische Kriterien können dabei anhand unterschiedlicher Berechnungs- und Bewertungsmethoden ermittelt und bewertet werden. Beispielsweise könnte hier zunächst zwischen betriebswirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Perspektive differenziert werden.

Die Abgrenzung zwischen den Potenzialbegriffen ist aufgrund fehlender eindeutiger Kriterien nicht eindeutig. In Fachgesprächen mit Experten aus dem verarbeitenden Gewerbe und auf Tagungen wurden beispielsweise folgende Kriterien für Schnittgrenzen zwischen dem theoretischem und technischem Abwärmepotenzial angebracht: Schadstoffbelastung, technischer Aufwand, Entfernung zwischen Quelle und Senke, Verschmutzung von Wärmeübertragern usw. Es ist zu erkennen, dass alle genannten Kriterien keine eindeutigen Schnitte ermöglichen. Dies ist im Folgenden beispielhaft dargestellt.

Es kann beispielsweise sein, dass Abwärme trotz Schadstoffbelastung technisch genutzt werden kann, der entsprechende technische Aufwand jedoch als zu hoch angesehen wird. In diesem Fall könnte jedoch argumentiert werden, dass die Erschließung dieser Wärme technisch möglich ist und der hohe technische Aufwand nicht bei der Bewertung des technischen Potenzials, sondern bei der Bewertung des wirtschaftlichen Potenzials zuzuordnen ist. Bei der Bewertung des technischen Potenzials spielt somit das technische Wissen des Bewertenden und die Interpretation der Potenzialbegriffe eine entscheidende Rolle.

Gleiches gilt für das Kriterium „Verschmutzung“. Auf einer Fachtagung zur Nutzung von Abwärme in integrierten Hüttenwerken wurde bspw. die Nutzung des Hochofengases am Austritt des Hochofens nicht berücksichtigt, da Experten aus dem Bereich der Stahlherstellung die Verschmutzung des Gases am Austritt als zu hoch einschätzen und dies somit als technisch schwierig eingeschätzt wurde. Infolgedessen wurde die Nutzung der Abwärme aus dem Hochofengas am Austritt des Hochofens nicht genauer untersucht. Somit werden bei der technischen Bewertung implizit betriebswirtschaftliche Aspekte mitberücksichtigt. Ist beispielsweise die Verschmutzung des Hochofengases besonders hoch, so sind für den Betrieb eines Wärmeübertrages gegebenenfalls häufige Wartungsintervalle notwendig, die den Produktionsbetrieb stören. Es kann also durchaus sein, dass eine Nutzung aus betriebswirtschaftlicher Sicht keinen Sinn macht. Auch hier spielt somit das technische Wissen des Bewertenden und die Interpretation der Potenzialbegriffe eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen dieser Studie soll das gesamte verarbeitende Gewerbe angesprochen werden und es werden im weiteren Verlauf der Studie sowohl Maßnahmen für die innerbetriebliche, als auch außerbetriebliche Nutzung von Abwärme entwickelt (Arbeitspaket 5). Die Verwendung des technischen und wirtschaftlichen Potenzialbegriffs bei der Potenzialermittlung würde somit erfordern, dass branchenspezifische Aspekte im Detail untersucht werden und eine Vereinheitlichung zwischen Branchen und Expertenmeinungen hergestellt wird, wie in den oberen Beispielen angedeutet. Für diese Studie wird dies nicht als zielführend angesehen, da der Schwerpunkt auf der Maßnahmenentwicklung liegt. Auf die Quantifizierung von technischen und wirtschaftlichen Potenzialen wird bei der Ist-Analyse der Abwärmepotenziale in dieser Studie somit verzichtet.

Wärmeintegration

Wenn es um die Nutzung industrieller Abwärme geht, dann kann der Begriff Wärmeintegration nicht außer Acht gelassen werden. Wärmeintegration ist ein Überbegriff für Konzepte zur thermischen Kombination von stationären oder diskontinuierlichen Prozessen zur Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertragung (Klemeš und Kravanja 2013) und ist somit im Kontext der industriellen Abwärmennutzung besonders relevant. In diesem Kontext quantifizieren Aydemir und Rohde (2018) das theoretische Energieeinsparpotenzial durch Nutzung industrieller Abwärme mit der Energieeffizienzmaßnahme Wärmeintegration.

Das Vorgegangene wird in drei Schritten getan. Im ersten Schritt wird das Abwärmeaufkommen in der Industrie differenziert nach Wirtschaftszweigen und Temperaturintervallen für Deutschland mit einem Top-Down-Ansatz geschätzt.

Im zweiten Schritt wird berechnet, welcher Anteil des geschätzten Abwärmeaufkommens innerhalb des Wirtschaftszweiges, aus dem das Aufkommen entstammt, genutzt werden könnte. Dabei werden der Temperaturbereich des Abwärmeaufkommens und der Temperaturbereich der möglichen Bedarfsdeckung beachtet. Es wird also eine kaskadenartige Verrechnung von Abwärmeaufkommen und Wärmebedarfen innerhalb von Wirtschaftszweigen durchgeführt. Diese Verrechnung führt zu der Schlussfolgerung, dass einige Wirtschaftszweige nach kaskadenartiger Verrechnung noch industrielle Abwärme haben und andere nicht.

Im dritten Schritt berechnet, wie viel der im zweiten Schritt übrig gebliebenen Abwärme genutzt werden kann, um den Wärmebedarf anderer Wirtschaftszweige zu decken. Die verrechnete Menge innerhalb eines Wirtschaftszweiges wird schließlich als Energieeinsparpotenzial durch innerbetriebliche Wärmeintegration bezeichnet, die verrechnete Menge zwischen Wirtschaftszweigen wird als Energieeinsparpotenzial durch überbetriebliche Wärmeintegration bezeichnet. Rechnet man die Energieeinsparpotentiale durch inner- und überbetriebliche Wärmeintegration zusammen, so ergeben sich im Endergebnis Energieeinsparpotentiale von rund 11% bezogen auf den Endenergiebedarf der Industrie in Deutschland. Dabei ist hervorzuheben, dass die Summe der geschätzten Abwärmemenge je Wirtschaftszweig in der Größenordnung der Schätzwerte von Brückner et al. (2017) liegt (64-70 TWh zu 77 TWh).

1.3 Belegen von Abwärmepotenzialen für BW

Ziel von Abschnitt 1.3 ist das Vorhandensein industrieller Abwärme in Baden-Württemberg im verarbeitenden Gewerbe auf Basis vorhandener statistischer Daten zu belegen. Zur Erreichung dieses Zieles wurde die vorhandenen Emissionserhebung analysiert. Im Ergebnis wird für 306 ausgewertete Arbeitsstätten der insgesamt 459 ein theoretisches Potenzial von Abwärme aus Abgasen in Höhe von 2,2 TWh/a ermittelt.

- Bottom-Up Potenzial (2,2 TWh) wird ermittelt.
- Auswertung der Emissionserhebung.

1.3.1 Daten

Alle Betreiber genehmigungspflichtiger Anlagen nach der 4. BImSchV müssen im vierjährigen Turnus eine Emissionserklärung abgeben (vgl. 11. BImSchV). Die diesbezüglich notwendigen Angaben sind in der Verordnung dargestellt. Die in der Emissionserklärung enthaltenen Daten sind nach Identifikationsnummer des Werks/Betriebs, in dem die genehmigungspflichtige Anlage betrieben werden, strukturiert. Im Folgenden wird diesbezüglich ein Werk/Betrieb mit Arbeitsstätte bezeichnet und die Identifikationsnummer des Werks/Betriebs wird mit Arbeitsstättennummer bezeichnet. Je Arbeitsstätte enthalten die Daten Informationen zu Abgasströmen, eingesetzten Brennstoffen sowie zur Branche (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 3: Abgasbezogene Datenstruktur der Emissionserhebung

Gruppe	Für die Analyse herangezogene Daten
Abgas	Temperatur, Volumenstrom, Betriebsdauer
Brennstoffe	Bezeichnung, eingesetzte Menge
Branche	Wirtschaftszweignummer nach WZ 2008
Alle Daten strukturiert nach Arbeitsstättennummer	

Aus den Daten lässt sich der Energiegehalt der Abgasströme je Arbeitsstätte sowie die durch Brennstoffe in die Arbeitsstätte eintretende Energiemenge für das Meldejahr abschätzen.

Bei der Emissionserklärung handelt es sich um meldepflichtige Daten, die von den betreffenden Unternehmen an die Landesumweltämter gemeldet werden. Es ist also davon auszugehen, dass die Daten zumindest in großen Teilen reale Vor-Ort-Bedingungen widerspiegeln. Eine Abschätzung von theoretischen Abwärmepotenzialen auf Basis dieser Daten belegt Abwärmepotenziale zumindest in Ihrem Vorhandensein, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass alle eingereichten Emissionserklärung per se fehlerhaft sind. Zwar kann die Auswertung dieser Daten keine Vor-Ort-Untersuchungen ersetzen, doch stellt diese Analyse zumindest einen plausiblen Weg zum Belegen industrieller Abwärmemengen dar, die über vereinfachte Kennwertansätze hinausgeht.

Abbildung 1-2 stellt die Datenstruktur der Emissionserklärungen visuell dar. In dem Bild bezeichnet Brennstoff ein in die Arbeitsstätte tretender Brennstoff, der durch einen bestimmten Verbrauch (in Tonnen) im Meldejahr gekennzeichnet ist. Anlage bezeichnet eine genehmigungspflichtige Anlage nach 4. BImSchV. Diese Anlage(n) emittieren Abgase in die Atmosphäre über bestimmte Eintrittspunkte an der Betriebsgrenze (bspw. Kamine). Diese Punkte sind in dem Bild mit Quelle bezeichnet. Da die Anlagen unterschiedlichen Fahrweisen unterliegen können (Vollast, Teillast usw.) werden je unterschiedlichen Betriebszeit-

raum auch unterschiedliche Angaben gemeldet, die sich dann je Quelle in unterschiedlichen Emissionsverursachenden Vorgängen (EV) widerspiegelt. Zudem können je Quelle unterschiedliche Auslasspunkte in der Atmosphäre vorhanden sein, die auch in unterschiedlichen EVs münden. Die EVs sind ebenfalls numerisch eindeutig codiert. Je EV sind die abgasbezogenen Daten gelistet: Volumenstrom (V), Temperatur (T), Betriebsdauer (B).

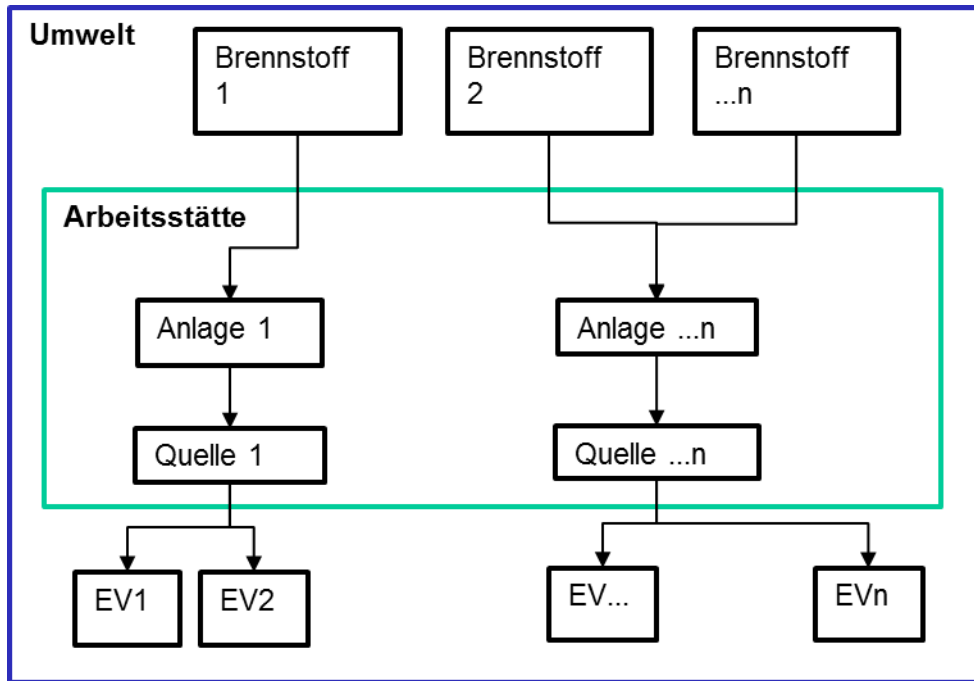


Abbildung 1-2: Datenstruktur Emissionserhebungen

In dieser Studie wurden Daten aus Emissionserklärungen für Baden-Württemberg für das Jahr 2012 verwendet. Die verwendeten Daten wurden von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) bezogen und werden im Folgenden Emissionserhebung genannt. Die verwendete Emissionserhebung umfasst 11.345 EVs für 888 Arbeitsstätten (davon 459 im verarbeitenden Gewerbe, ohne WZ19 456) in tabellarischer Form. Die verwendeten Daten wurden von der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) bereitgestellt und beziehen sich auf brennstoffbezogenen EVs. Im Folgenden wird die Beschreibung auf die für die Analyse verwendeten Daten beschränkt.

Die Werte werden zur Veranschaulichung im Folgenden wie folgt bezeichnet. Für einen Emissionsverursachenden Vorgang mit Nummer i , der zur Quelle mit Nummer j gehört, die wiederum zur Arbeitsstätte mit Nummer a gehört, bezeichnet $V_{a,j,i}$ den Volumenstrom, $B_{a,j,i}$ die Betriebsdauer und $T_{a,j,i}$ die Temperatur.

1.3.2 Methode

Die Daten wurden zur Ermittlung der Abgasenergie der betreffenden Arbeitsstätten in vier Schritten ausgewertet.

Im ersten Schritt wurden EVs entfernt, die lückenhaft sind. Nicht alle EVs sind vollständig gepflegt, bspw. enthalten zahlreiche EVs Lücken zu Temperaturen der Abgasströme. Dementsprechend lassen sich nicht alle EVs energetisch bewerten.

Im zweiten Schritt wurden alle EVs energetisch bewertet. Hierfür wurde angenommen, dass sich die Dichte und spezifische Wärmekapazität von Abgasströmen mit der Dichte und spezifischen Wärmekapazität von Stickstoff annähern lässt. Zudem wurde näherungsweise mit einer von der Temperatur unabhängigen spezifischen Wärmekapazität gerechnet. Die Ener-

giemenge $E_{a,j,i}$ eines Emissionsverursachenden Vorgangs ergibt sich somit nach folgender Gleichung:

$$E_{a,j,i}(kJ) = V_{a,j,i} \left(\frac{m^3}{h} \right) \cdot B_{a,j,i}[h] \cdot 1,3 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 1,007 \left(\frac{kJ}{kg \cdot K} \right) \cdot (T_{a,j,i}(^{\circ}C) - 35(^{\circ}C)).$$

Die Energiemenge $Q_{a,j}$ für eine Quelle mit Nummer j , die zur Arbeitsstätte a gehört, ergibt sich dann durch Summation wie folgt: $Q_{a,j} = \sum_i E_{a,j,i}$. Die Abgasenergiemenge der gesamten Arbeitsstätte ergibt sich wie folgt: $Q_a = \sum_j Q_{a,j}$

Im dritten Schritt wurden die eingesetzten Energieträger der Arbeitsstätten energetisch bewertet. Die Energie eines Energieträgers mit Nummer e , der in Arbeitsstätte a eingesetzt wird ergibt sich wie folgt: $EN_{a,e}(kJ) = M_{a,e}(\text{Tonnen}) \cdot H_e \left(\frac{kJ}{\text{Tonne}} \right)$. Dabei bezeichnet $M_{a,e}$ die in Arbeitsstätte a jährlich eingesetzte Menge und H_e den Heizwert des Energieträgers mit Nummer e . Die gesamte in Arbeitsstätte a eingesetzte Energie ergibt sich dann durch Summation wie folgt: $AE_a = \sum_e M_{a,e}$.

Im vierten Schritt wird eine Abgasquote je Arbeitsstätte gebildet, die je Arbeitsstätte die ermittelte gesamte Abgasenergie in Relation zur eingesetzten Energie stellt: $Abgasquote_a = \frac{Q_a}{AE_a}$. Dies dient zur Plausibilisierung der Werte. In diesem Schritt werden alle Arbeitsstätten, deren Quote über 80% liegt, aussortiert. Dies ist darin begründet, dass bei besonders hohen Abgasquoten davon ausgegangen werden kann, dass die gemeldeten Daten ggf. fehlerhaft oder lückenhaft sind.

Bei der Schätzung handelt es sich um eine theoretische Potenzialschätzung, die sich ausschließlich auf (geführte) Abgasströme und auf die Bilanzgrenze "Betrieb" bezieht. Infolgedessen werden Abwärmeströme anderer Quellen (Diffuse Abwärme, Abwasser usw.) sowie die Energiemenge, die die Abgasströme innerhalb der Betriebsgrenzen ungenutzt verlieren, mit dieser Methode nicht berücksichtigt. Das Potenzial könnte somit auch mit „theoretisches Potenzial für industrielle Abwärme aus Abgasströmen“ bezeichnet werden. Durch die Art der Methodik wird die Abwärme für die Arbeitsstätten somit tendenziell unterschätzt.

1.3.3 Ergebnisse

Abbildung 1-3 zeigt das mit der zuvor erläuterten Methode ermittelte Abwärmepotenzial aus Abgasen für die untersuchten Standorte. Nach dem Durchlauf der Methode verbleiben 306 Arbeitsstätten, für die Abgaswärme ermittelt worden ist. In Summe beträgt das mit der Methode ermittelte Abwärmepotenzial aus Abgasen für die 306 Arbeitsstätten 2,2 TWh im Bilanzjahr 2012. Bezieht man den Brennstoffbedarf von ca. 18,9 TWh/a, der den Arbeitsstätten zugeordnet worden ist, auf den gesamten Brennstoffbedarf des verarbeitenden Gewerbes, so beträgt der Anteil 56%. D.h. mit der Analyse wird ein nicht unerheblicher Teil des Brennstoffbedarfes abgedeckt. Bezieht man die ermittelte Abgasenergie auf den Brennstoffbedarf der Arbeitsstätten, so beträgt der Anteil 12%. D.h. über 10% des gesamten Brennstoffbedarfs im verarbeitenden Gewerbe werden laut der Analyse nicht genutzt und an die Umgebung abgeführt.

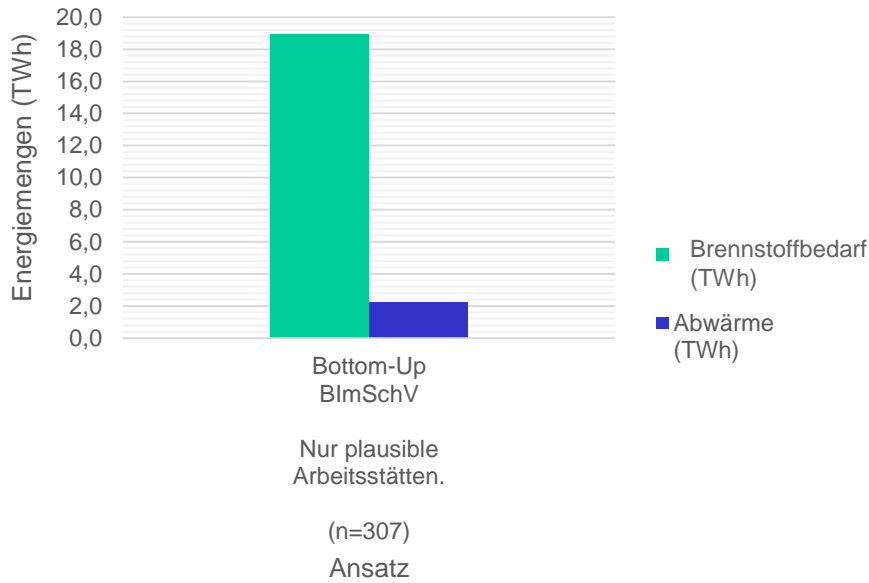


Abbildung 1-3: Bottom-Up ermittelte Abwärme

Abbildung 1-4 zeigt die ermittelte Abgasenergie aufgetragen über die Temperatur der Abgase, die aus den emissionsverursachenden Abgasen stammen. Es ist zu erkennen, dass etwa 80% der ermittelten Menge bei Temperaturen unter 250 °C auftritt. Zudem fällt etwa 30% der Menge bei Temperaturen unter 100 °C an.

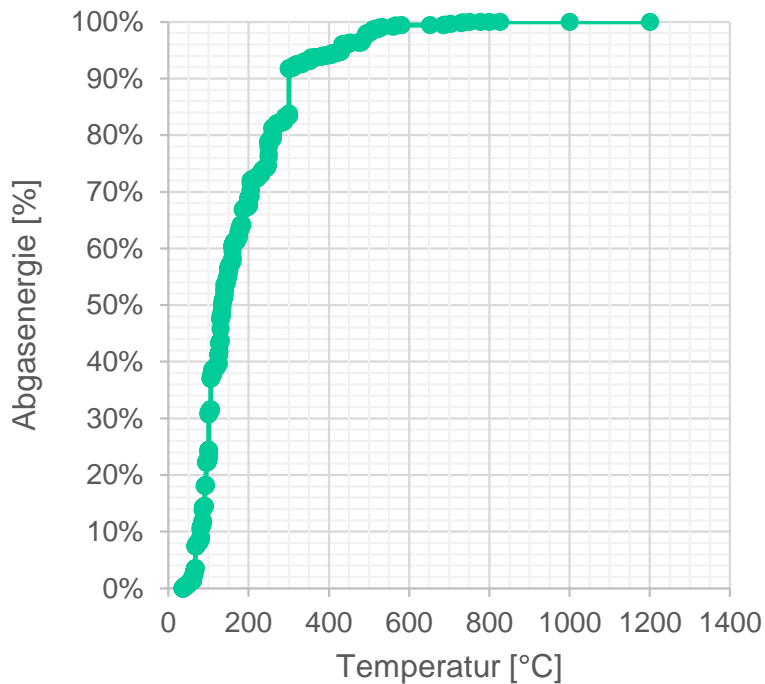


Abbildung 1-4: Abgasenergie über Temperatur

Abbildung 1-5 zeigt die Verteilung der Betriebsdauer der Abwärmequellen für die Arbeitsstätten für drei Temperaturbereiche: Niedertemperatur < 150 °C, Mitteltemperatur 150-500 °C, sowie Hochtemperatur > 500°C. Dabei ist zu beachten, dass die Anzahl der Quellen höher ist als die Anzahl der Arbeitsstätten, da je Arbeitsstätte mehrere Quellen vorliegen können. Die Antennen stellen dabei die 10% sowie 90%-Fraktile dar.

Zur Interpretation der Verteilungsdiagramme (Boxplots) in dieser Studie:

- 10% der Werte liegen unterhalb der unteren Antenne,
- 25% der Werte liegen unterhalb der unteren Linie des Rechtecks,
- 50% der Werte liegen unterhalb der horizontalen Linie innerhalb des Rechtecks,
- 75% der Werte liegen unterhalb der oberen Linie des Rechtecks,
- 90 % der Werte liegen unterhalb der oberen Antenne.

Oder anders dargestellt: 50% der Werte liegen innerhalb des Rechtecks, 80% der Werte liegen zwischen der oberen und unteren Antenne. Es ist zu erkennen, dass der Interquartilsabstand für das obere (75%-) Fraktile und untere (25%-) Fraktile hohe Werte aufzeigt. D.h. im Hinblick auf Betriebsstunden sind keine engen Korridore zu erkennen.

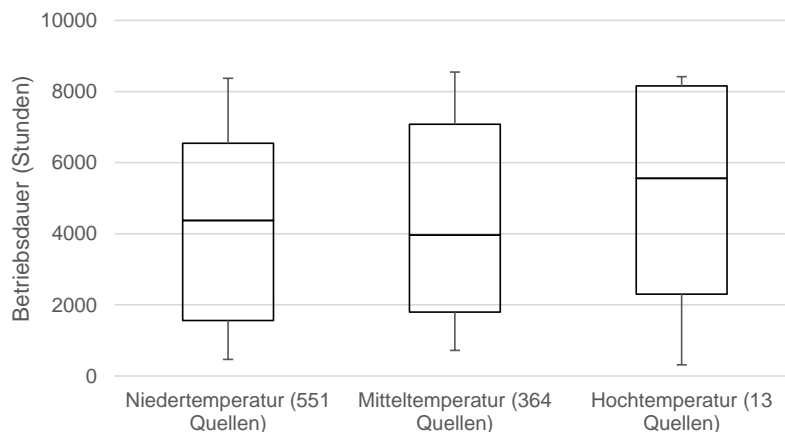


Abbildung 1-5: Streuung der Betriebsdauer für die Abwärmequellen

Abbildung 1-6 zeigt die Verteilung der Leistung der Abwärmequellen für die Arbeitsstätten, ebenfalls für die drei Temperaturbereiche Nieder-, Mittel-, und Hochtemperatur. Die Antennen stellen dabei wieder die 10% sowie 90%-Fraktile dar. Es ist zu erkennen, dass im Niedertemperaturbereich 50% der Quellen zwischen einer Leistung von etwa 30 kW und 400 kW liegen. Im Mitteltemperaturbereich haben 50% der Quellen eine Leistung zwischen etwa 80 und 600 kW. Im Hochtemperaturbereich haben 50% der Quellen eine Leistung zwischen etwa 200 und 1.000 kW.

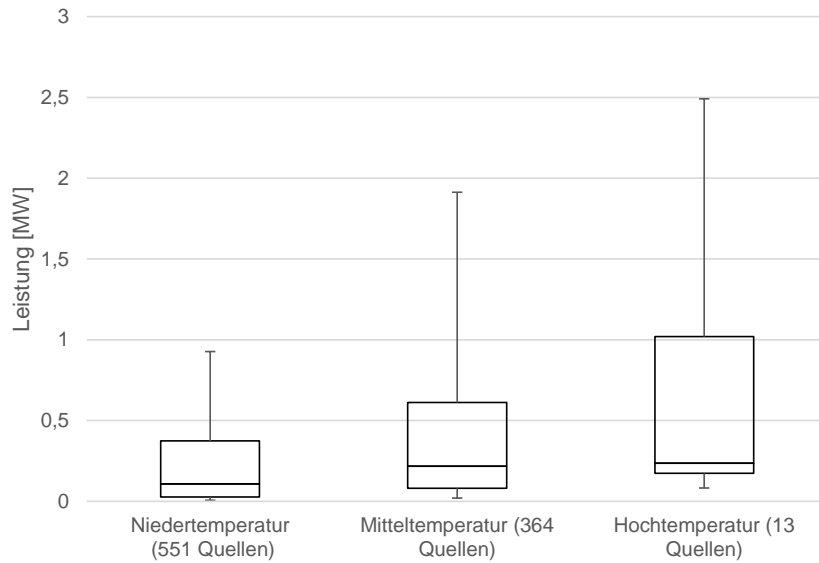


Abbildung 1-6: Streuung der Leistung für die Abwärmequellen

Tabelle 3 listet relative Anteile für die betrachteten Abwärmequellen für drei Leistungsklassen auf. Die Werte sind dabei auf die insgesamt ermittelte Leistung (861 MW) sowie die insgesamt in Betracht gezogenen Quellen bezogen (863). Es ist zu erkennen, dass ein Großteil der Leistung auf Quellen über 1 MW zurückzuführen ist, wohingegen diese Leistungsklasse lediglich einen kleinen Teil der Anzahl an Quellen ausmacht (15%). Dies gilt äquivalent für die ermittelten Abgasenergien. D.h. ein Großteil der Abgaswärme könnte durch Ausschöpfung verhältnismäßig weniger Quellen abgeschöpft werden.

Tabelle 4: Abwärmequellen gruppiert in Leistungsklassen

	Anteil an Gesamtleistung (861 MW)	Anteil an Gesamtanzahl (863 Quellen)
Leistung (≥ 1 MW)	81%	15%
Leistung ($\geq 0,5$ MW, $< 1,0$ MW)	7%	10%
Leistung ($< 0,5$ MW)	12%	75%

Eine Auflistung der Anzahl an ausgewerteten Arbeitsstätten je Wirtschaftszweig sowie Angaben zur ermittelten Abgasenergie ist in Tabelle 4 gegeben. Es ist zu erkennen, dass insbesondere die folgenden drei Wirtschaftszweige für Baden-Württemberg hohe Relevanz im Hinblick auf Abgasabwärme haben:

- Herstellung von Glas, Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23),
- Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17),
- Metallherzeugung und -bearbeitung (WZ 24).

Auf die vorangegangenen drei Wirtschaftszweige entfallen in der Analyse etwa 73% Prozent der Abgasenergie und 44% der ausgewerteten Arbeitsstätten. Im Vergleich zu den anderen Wirtschaftszweigen sind die oberen Zweige somit tendenziell abwärmeintensiver.

Tabelle 5: Ermittelte Abgasenergie gruppiert nach Wirtschaftszweigen

Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale

Branchenbezeichnung	Anzahl *	Anzahl **	Brennstoff- energie ** (GWh)	Abgas- energie ** (GWh)
Herstellung von Glas...Verarbeitung von Steinen und Erden (WZ 23)	86	72	5.684	735
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (WZ 17)	26	17	5.648	465
Metallerzeugung und -bearbeitung (WZ 24)	61	45	1.504	428
Herstellung von chemischen Erzeugnissen (WZ 20)	41	22	1.116	113
Herstellung von Textilien (WZ 13)	29	20	405	111
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (WZ 29)	20	10	1.635	111
Herstellung von Holzwaren (ohne Möbel) (WZ 16)	31	21	1.153	86
Herstellung von Metallerzeugnissen (WZ 25)	45	28	148	46
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (WZ 10)	12	6	472	41
Herstellung von Druckerzeugnissen (WZ 18)	25	12	183	40
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (WZ 22)	22	13	117	20
Herstellung von sonstigen Waren (WZ 32)	13	12	314	16
Herstellung von Möbeln (WZ 31)	13	9	58	7
Maschinenbau (WZ 28)	14	9	64	7
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (WZ 21)	5	2	363	5
Sonstiger Fahrzeugbau (WZ 30)	3	2	32	2
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (WZ 27)	3	3	5	2
Getränkeherstellung (WZ 11)	4	3	31	1
Tabakverarbeitung (WZ 12)	0	0	0	0
Herstellung von Bekleidung (WZ 14)	0	0	0	0
Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen (WZ 15)	0	0	0	0
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen (WZ 26)	2	0	0	0
Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (WZ 33)	1	0	0	0
* : Anzahl an Arbeitsstätten insgesamt in den Daten (ohne WZ 19)				
** : Anzahl ausgewerteter Arbeitsstätten (ohne WZ 19)				

1.4 Ermitteln von Abwärmeindikatoren für BW

In Abschnitt 1.4 werden Abwärmeindikatoren auf Basis der vorangegangenen Analyse ermittelt. Diese dienen dazu, die Abwärme aus Abgasen für das gesamte verarbeitende Gewerbe in Baden-Württemberg in einem späteren Arbeitspaket mit einem Top-Down-Ansatz zu schätzen.

- Abwärmeindikatoren werden ermittelt (differenziert nach Branchen).
- Dient der unteren Schätzung für brennstoffbasierte Abwärme.

1.4.1 Daten

Zur Ermittlung eines Abwärmeindikators wird die *Abgasquote_a* für eine Arbeitsstätte *a* der Branche *b* zugeordnet. *Abgasquote_{b,a}* bezeichnet somit die Abgasquote für Arbeitsstätte *a*, die zur Branche *b* gehört. Des Weiteren wird der Energieverbrauch einer Arbeitsstätte *a* (*AE_a*) ebenfalls der zugehörigen Branche zugeordnet. *AE_{b,a}* bezeichnet nun somit den Energieverbrauch von Arbeitsstätte *a*, die zur Branche *b* gehört. Zudem werden die Energieverbräuche der Arbeitsstätten aufaddiert. *BE_b* bezeichnet dann den gesamten Energieverbrauch der Branche *b* und berechnet sich wie folgt: $BE_b = \sum_a AE_{b,a}$. Zur Aufteilung der Branchen wird die Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008) verwendet.

1.4.2 Methode

Der Abwärmeindikator für eine Branche *b* (*Abwärmeindikator_b*) wird als gewichtetes Mittel für die einzelnen Branchen wie folgt gebildet:

$$\text{Abwärmeindikator}_b = \sum_a \text{Abgasquote}_{b,a} \cdot \frac{AE_{b,a}}{BE_b}$$

1.4.3 Ergebnisse

Die für Baden-Württemberg ermittelten Abwärmeindikatoren sind in Tabelle 5 aufgetragen (Spalte Baden-Württemberg). Zudem sind vergleichend Werte von Brückner (2016) aufgetragen, in der eine Analyse für Deutschland insgesamt durchgeführt wird. Dabei ist hervorzuheben, dass die Analyse in Brückner (2016) auf Emissionserhebungen aus dem Jahre 2008 basiert, wohingegen die Analyse in dieser Studie auf Erhebungen aus dem Jahr 2012 basiert. Für viele Branchen ist zu erkennen, dass zumindest die Größenordnungen vergleichbar sind (bspw. Herstellung von chemischen Erzeugnissen). Es gibt jedoch auch einige Branchen, für die die Abweichungen über 20 Prozentpunkte betragen, bspw. der „Sonstige Fahrzeugbau“ (38% zu 4%). Zudem konnte auf Basis der Daten für Baden-Württemberg nicht für alle Branchen ein Indikator ermittelt werden. Abweichungen zwischen der Analyse von Brückner (2016) und in dieser Studie können zahlreiche Gründe haben, die ohne weitergehende Untersuchungen nicht genauer eingegrenzt werden können. So kann es bspw. sein, dass sich zwischen 2008 und 2012 der Anteil genutzter Abwärme verändert hat. Naheliegender ist jedoch, dass sich die Struktur der Branchen zwischen Baden-Württemberg und Deutschland insgesamt stärker unterscheidet, wenn die Abweichungen besonders hoch sind.

Tabelle 6: Ermittelte Abwärmeindikatoren

 Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
 Abwärmepotenziale

WZ 2008 -Nr.	WZ-Bezeichnung	Abwärme- indikator für Deutschland aus Brückner (2016)	Abwärme- indikator für Baden- Württemberg
10	Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	10%	5%
11	Getränkeherstellung	14%	2%
12	Tabakverarbeitung	12%	-
13	Herstellung von Textilien	29%	23%
14	Herstellung von Bekleidung	6%	-
15	Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	20%	-
16	Herstellung von Holzwaren (ohne Möbel)	10%	7%
17	Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	9%	5%
18	Herstellung von Druckerzeugnissen	3%	16%
19	Kokerei und Mineralölverarbeitung	-	9%
20	Herstellung von chemischen Erzeugnissen	9%	8%
21	Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	8%	1%
22	Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	17%	14%
23	Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	15%	13%
24	Metallerzeugung und -bearbeitung	19%	27%
25	Herstellung von Metallerzeugnissen	19%	21%
26	Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen	18%	-
27	Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	31%	39%
28	Maschinenbau	16%	5%
29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	12%	6%
30	Sonstiger Fahrzeugbau	38%	4%
31	Herstellung von Möbeln	12%	8%
32	Herstellung von sonstigen Waren	8%	5%
33	Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	5%	0%

Abbildung 1-7 zeigt die Verteilung der Abgasquoten für die untersuchten Arbeitsstätten differenziert nach Branchen für die WZ 10 – WZ 22 entsprechend Wirtschaftszweigklassifikation WZ 2008. Abbildung 1-8 zeigt die Verteilung der Abgasquoten für die untersuchten Arbeitsstätten differenziert nach Branchen entsprechend WZ 2008 für WZ 23 – WZ 32. Die Antennen stellen dabei die 10% sowie 90%-Fraktile dar. Es ist zu erkennen, dass der Interquartilsabstand für das obere (75%-) Fraktile und untere (25%-) Fraktile hohe Werte (Abstände) aufzeigt. D.h. im Hinblick auf Abgasquoten sind keine engen Korridore zu erkennen. Dies könnte zahlreiche Ursachen haben, die ohne weitergehende Untersuchungen nicht genauer eingegrenzt werden können. So könnte es beispielsweise sein, dass die Arbeitsstätten innerhalb der Branchen unterschiedlich viel Abgaswärme nutzen, oder die Arbeitsstätten innerhalb der Branchen technologisch unterschiedlich sind

Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale

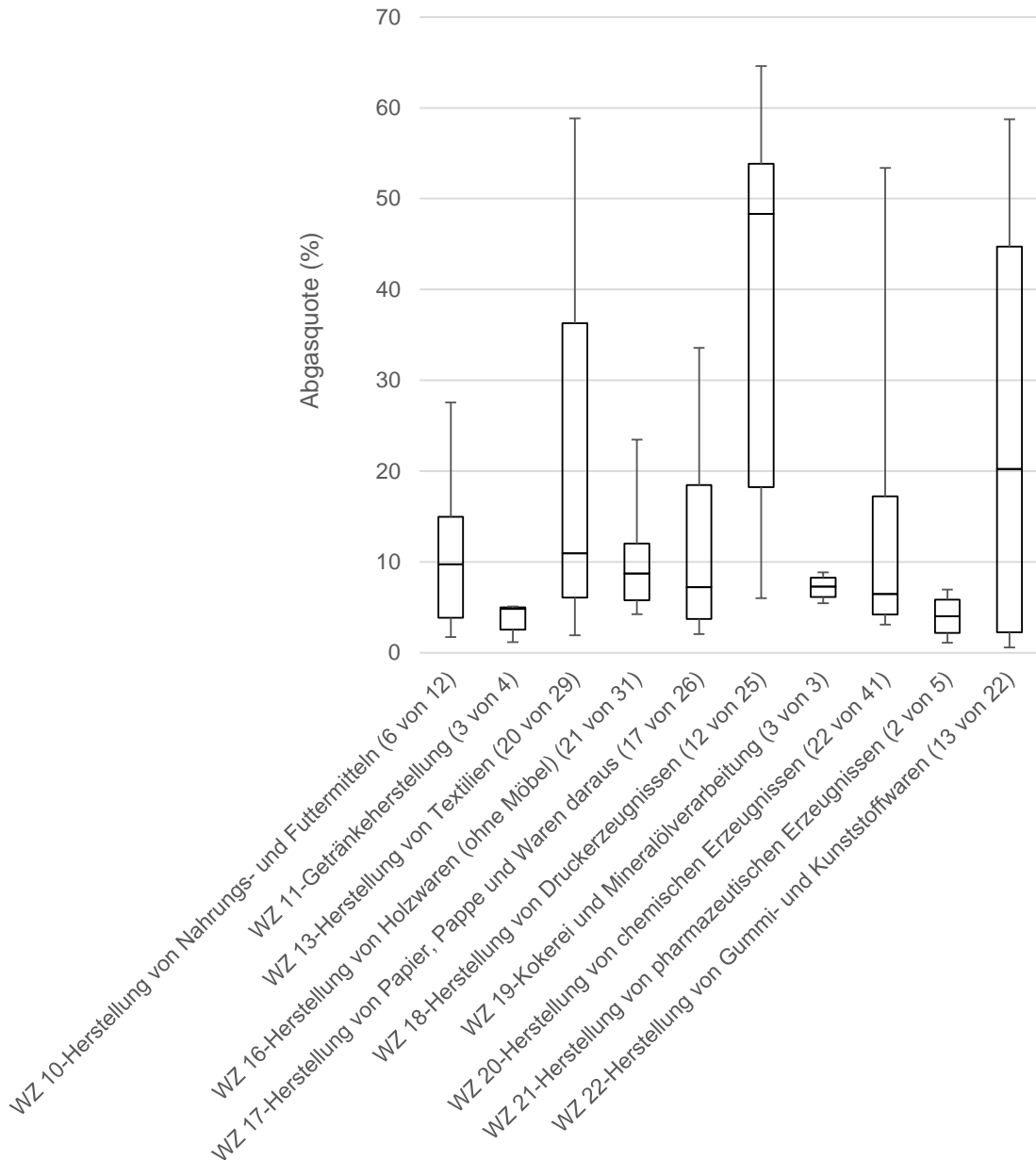


Abbildung 1-7: Streuung der Abgasquoten WZ10-22 (in Klammern Anzahl ausgewerteter Arbeitsstätten von Anzahl insgesamt Anzahl in den Daten)

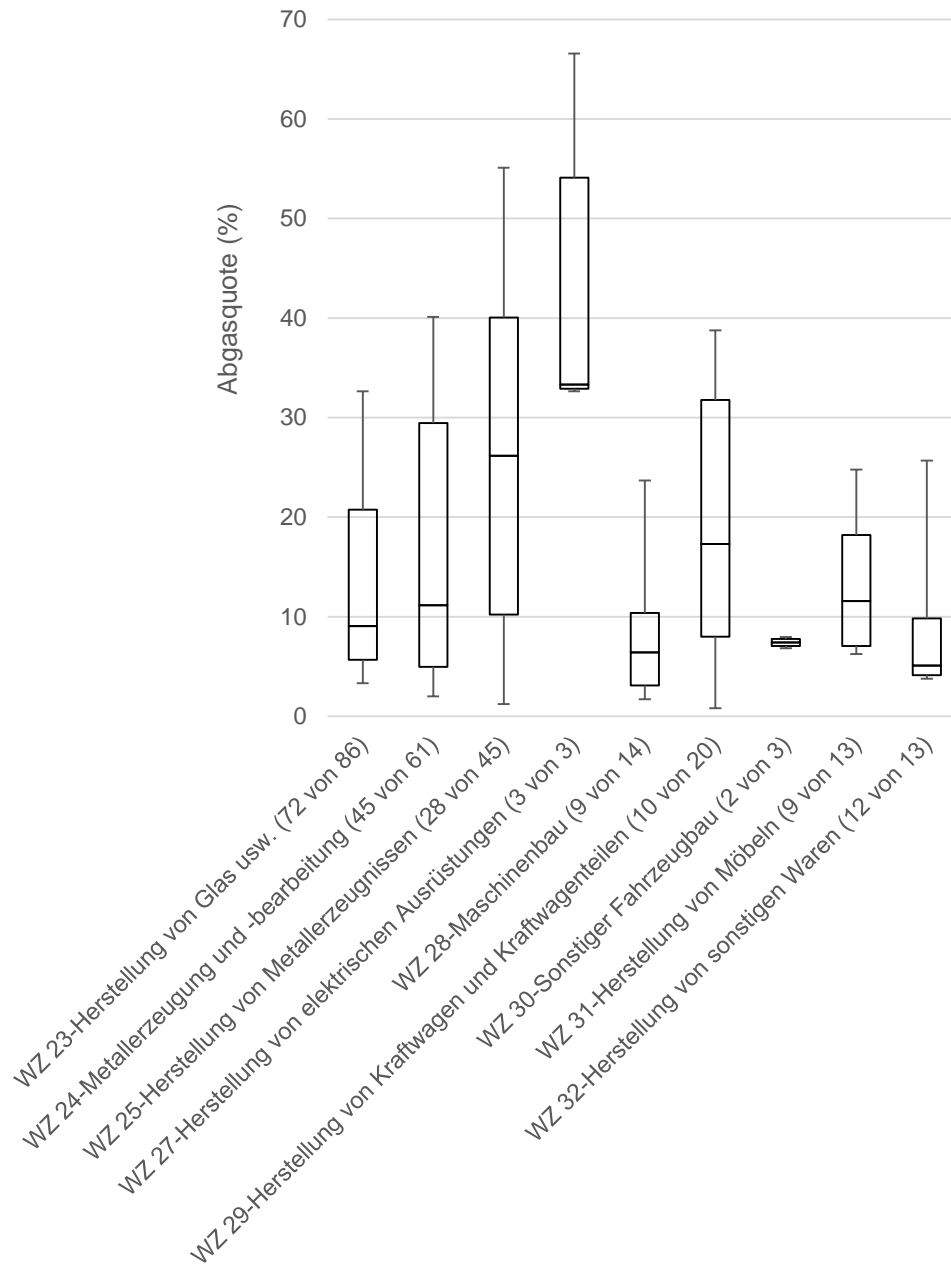


Abbildung 1-8: Streuung der Abgasquoten WZ 23-WZ32 (in Klammern Anzahl ausgewerteter Arbeitsstätten von Anzahl insgesamt Anzahl in den Daten)

1.5 Erstellen von Anwendungsbilanzen für BW

In Abschnitt 1.5 werden Energie-Anwendungsbilanzen für das verarbeitende Gewerbe in Baden-Württemberg erstellt, die in einem späteren Arbeitspaket dazu dienen, Top-Down-Schätzungen für Abwärmepotenziale sowie Potenziale für Wärmeintegration zu quantifizieren.

- Anwendungsbilanzen für Baden-Württemberg werden erstellt.
- Grundlage für Top-Down Schätzung.

1.5.1 Daten

Zur Erstellung der Anwendungsbilanzen wird die Studie „Erstellung von Anwendungsbilanzen für die Jahre 2013 bis 2016“ vom Fraunhofer ISI, die auf der Website der AG Energiebilanzen veröffentlicht ist, verwendet. Zudem wird die Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 verwendet, die vom Statistisches Landesamt Baden-Württemberg erstellt wird und auf der Internetseite des Länderarbeitskreis Energiebilanzen bezogen werden kann. Zudem wird die Studie Datenbasis Energieeffizienz, veröffentlicht auf der Website des Umweltbundesamtes verwendet (vgl. Rohde et al. 2017).

1.5.2 Methode

In der Anwendungsbilanz für Deutschland wird der Brennstoffbedarf für unterschiedliche Branchen des verarbeitenden Gewerbes auf folgende Anwendungen aufgeteilt: Mechanische Energie, Prozesswärme, Raumwärme, Warmwasser (in Energiemengen). Hierbei ist zu erwähnen, dass sich die Anwendungsbilanz auf den Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes entsprechend der Energiebilanz von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB e.V.) bezieht. Bei der Kategorie Mechanische Energie handelt es sich um Brennstoffverbrauch, der eingesetzt wird, um direkt mechanische Energie zu erzeugen. Wird mittels einer KWK-Anlage Elektrizität erzeugt, so wird der Anteil des Energieeinsatzes, der für die Elektrizitätserzeugung aufgewendet wird, nicht beim Endenergieverbrauch des verarbeitenden Gewerbes erfasst, sondern im Umwandlungssektor (Hinweis des Länderarbeitskreis Energiebilanzen: „Im Umwandlungseinsatz der Industriekraftwerke wird nur der Brennstoffeinsatz für die Elektrizitätserzeugung verbucht, während der Brennstoffeinsatz für die Wärmeerzeugung in industriellen KWK-Anlagen beim Endenergieverbrauch ausgewiesen wird.“).

Die Anwendungsbilanz für den Brennstoffverbrauch für das verarbeitende Gewerbe wurde verwendet, um zunächst relative Kennziffern für das Jahr 2014 abzuleiten (vgl. Tabelle 6). Diese Kennziffern teilen den Brennstoffverbrauch für Anwendungen in drei Kategorien auf, die alle für die Schätzung von Abwärme relevant sind.

Tabelle 7: Relative Anteile für brennstoffbezogene Anwendungen

 Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
 Abwärmepotenziale

Wirtschaftszweig (WZ-Nr.)	Relative Anteile* (%)		
	Raumwärme und Warm- wasser	Prozess- wärme	Mechanische Energie
Ernährung und Tabak (10, 11, 12)	13	86	1
Papiergewerbe (17)	2	97	1
Grundstoffchemie (20.1)	1	97	2
Sonst. chemische Industrie (20 ohne 20.1)	11	88	2
Gummi- u. Kunststoffwaren (22)	37	62	1
Glas u. Keramik (23.1, 23.2, 23.4, 23.31)	4	95	1
Verarb. v. Steine u. Erden (23 ohne 23.1, 23.2, 23.4,23.31)	2	96	2
Metallerzeugung (24.1)	0	98	1
NE-Metalle und Gießereien (24.4, 24.5)	8	91	1
Metallbearbeitung (24 ohne 24.1, 24.4, 24.5;25)	37	62	1
Maschinenbau (28 ohne 28.23)	88	10	1
Fahrzeugbau (29, 30)	49	50	1
Sonst. Verarbeitendes Gewerbe (13, 14, 15, 15, 18, 28.23, 26,27, 31, 32, 33)	33	66	1
* Anteil des Brennstoffbedarfs für die jeweilige Anwendung.			

Die Anwendungsbilanz schlüsselt den Verbrauch für Prozesswärme nicht tiefer auf. In der Datenbasis Energieeffizienz wird dies getan, indem der Verbrauch für Prozesswärme in die Kategorien „Industrielle Verbrennungsanlagen >500°C“ und „Sonstige (Dampferzeuger, Heizkessel)“ aufgeteilt wird. Auf Basis dieser Aufteilung wurden wiederum weitere Kennziffern abgeleitet.

Schlussendlich wurden die aus der Anwendungsbilanz und Datenbasis Energieeffizienz ermittelten Kennziffern dazu verwendet, den Brennstoffverbrauch in der Energiebilanz für Baden-Württemberg auf die drei folgenden Anwendungskategorien aufzuteilen: Brennstoffe für Raumwärme und Warmwasser, Brennstoffe für Industrielle Verbrennungsanlagen >500°C, Brennstoffe für Dampferzeuger & Heizkessel. Dabei wurden folgende Energieträger beim Brennstoffverbrauch mitberücksichtigt: Steinkohlen, Braunkohlen, Mineralöle und Mineralölprodukte, Gase, Biomasse, Fernwärme, Andere (z. B. Müll).

Zudem wird in der Anwendungsbilanz der Elektrizitätsverbrauch für das verarbeitende Gewerbe auf folgende Anwendungen aufgeteilt: Beleuchtung, Elektrische Antriebe (Druckluft), Elektrische Antriebe (Pumpen), Sonstige Mechanische Energie, IKT, Klimakälte, Pro-

zesskälte, Prozesswärme, Raumwärme und Warmwasser. Für die Schätzung industrieller Abwärme sind insbesondere die Kategorien Druckluft und Prozesswärme relevant. Daher wurde äquivalent zum Bereich Brennstoffe vorgegangen. Die ermittelten und für Baden-Württemberg angewendeten Kennziffern sind in Tabelle 7 aufgetragen.

Tabelle 8: Relative Anteile für elektrizitätsbezogene Anwendungen

Wirtschaftszweig (WZ-Nr.)	Relative Anteile* (%)	
	Druckluft	Prozesswärme
Ernährung und Tabak (10, 11, 12)	7%	13%
Papiergewerbe (17)	8%	0%
Grundstoffchemie (20.1)	2%	27%
Sonst. chemische Industrie (20 ohne 20.1)	2%	1%
Gummi- u. Kunststoffwaren (22)	14%	5%
Glas u. Keramik (23.1, 23.2, 23.4, 23.31)	17%	0%
Verarb. v. Steine u. Erden (23 ohne 23.1, 23.2, 23.4, 23.31)	17%	0%
Metallerzeugung (24.1)	2%	34%
NE-Metalle und Gießereien (24.4, 24.5)	2%	55%
Metallbearbeitung (24 ohne 24.1, 24.4, 24.5; 25)	4%	10%
Maschinenbau (28 ohne 28.23)	14%	10%
Fahrzeugbau (29, 30)	12%	10%
Sonst. Verarbeitendes Gewerbe (13, 14, 15, 15, 18, 28.23, 26, 27, 31, 32, 33)	14%	10%

*Anteil des Elektrizitätsbedarfs für die jeweilige Anwendung.

Die Branchenaufteilung in den zu Grunde liegenden Studien in Referenz zu WZ-2008 ist in den oberen Tabellen in Klammern jeweils dargestellt. Die Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 verwendet eine Branchenaufteilung, die sich zwar an WZ-2008 orientiert, jedoch teilweise leicht abweicht. Daher musste eine Zuordnung der Branchenstruktur zwischen den verwendeten Studien und der Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 erfolgen. Die verwendete Zuordnung ist in Tabelle 8 dargestellt. Für die Ergebnisdarstellung wird die Struktur der zu Grunde liegenden Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 verwendet, da so ein Abgleich mit der Bilanz übersichtlicher möglich ist.

Tabelle 9: Branchenzuordnung

Branchenbezeichnung Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 (Zeile in der Energiebilanz)	Branchenzuordnung zu verwendeten Studien
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln (49)	Ernährung und Tabak
Getränkeherstellung (50)	
Tabakverarbeitung (51)	
Herstellung von Textilien (52)	Sonst. Verarbeitendes Gewerbe
Herstellung von Bekleidung (53)	
Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen (54)	
Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel) (55)	
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus (56)	Papiergewerbe
Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielf. von Ton-, Bild- und Datenträgern (57)	
Herstellung von chemischen Grundstoffen (58)	Grundstoffchemie
sonstige Herstellung von chemischen Erzeugnissen (59)	Sonst. chemische Industrie
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen (60)	
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren (61)	Gummi- u. Kunststoffwaren
H. v. Glas u. Glaswaren, keram. Werkstoffen und Waren, keramische Baumaterialien (62)	Glas u. Keramik
sonstige Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden (63)	Verarb. v. Steine u. Erden
Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen (64)	Metallerzeugung
Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen, Gießereien (65)	NE-Metalle, -gießereien
Sonstige Metallerzeugung und -bearbeitung (66)	Metallbearbeitung
Herstellung von Metallerzeugnissen (67)	
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektron. und optischen Erzeugnissen (68)	Sonst. Verarbeitendes Gewerbe
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen (69)	
Maschinenbau (70)	Maschinenbau
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen (71)	Fahrzeugbau
sonstiger Fahrzeugbau (72)	
Herstellung von Möbeln (73)	Sonst. Verarbeitendes Gewerbe
Herstellung von sonstigen Waren (74)	
Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen (75)	

1.5.3 Ergebnisse

Für die Darstellung der Ergebnisse werden die Zeilennummern der Branchen entsprechend Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 verwendet. Tabelle 9 weist daher zunächst den Endenergieverbrauch für Brennstoffe und Elektrizität differenziert nach Branchen und zudem die entsprechenden Zeilennummern aus.

Tabelle 10: Verbräuche je Branche und Zeilennummern

Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale

Branchenbezeichnung Energiebilanz Baden-Württemberg 2014	Zeilennummer*	Brennstoffbedarf	Strombedarf
		in TJ	
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	49	9.340	5.162
Getränkeherstellung	50	1.671	789
Tabakverarbeitung	51	83	20
Herstellung von Textilien	52	1.853	1.018
Herstellung von Bekleidung	53	287	181
Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	54	38	23
Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)	55	5.089	1.500
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	56	23.998	11.474
Herstellung von Druckerzeugnissen, Vervielf. von Ton-, Bild- und Datenträgern	57	1.036	1.390
Herstellung von chemischen Grundstoffen	58	6.166	2.589
sonstige Herstellung von chemischen Erzeugnissen	59	4.638	2.021
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	60	3.086	1.745
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	61	4.076	7.475
H. v. Glas u. Glaswaren, keram. Werkstoffen und Waren, keramische Baumaterialien	62	3.288	1.208
sonstige Herstellung von Glas u. Glaswaren, Keramik, Verarbeitung v. Steinen u. Erden	63	21.598	3.412
Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen	64	1.674	3.737
Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen, Gießereien	65	5.758	4.358
Sonstige Metallerzeugung und -bearbeitung	66	136	258
Herstellung von Metallerzeugnissen	67	6.211	10.844
Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektron. und optischen Erzeugnissen	68	1.113	2.264
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	69	1.698	3.588
Maschinenbau	70	7.606	11.827
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	71	10.028	16.635
sonstiger Fahrzeugbau	72	194	242
Herstellung von Möbeln	73	739	682
Herstellung von sonstigen Waren	74	901	1.305
Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen	75	212	259
* in der Energiebilanz Baden-Württemberg 2014			

Die relative Aufteilung des Brennstoffbedarfs entsprechend Tabelle 9 auf Anwendungen ist in Abbildung 1-9 dargestellt. Die Aufteilung des Elektrizitätsbedarfs auf Anwendungen ist in Abbildung 1-10 dargestellt.

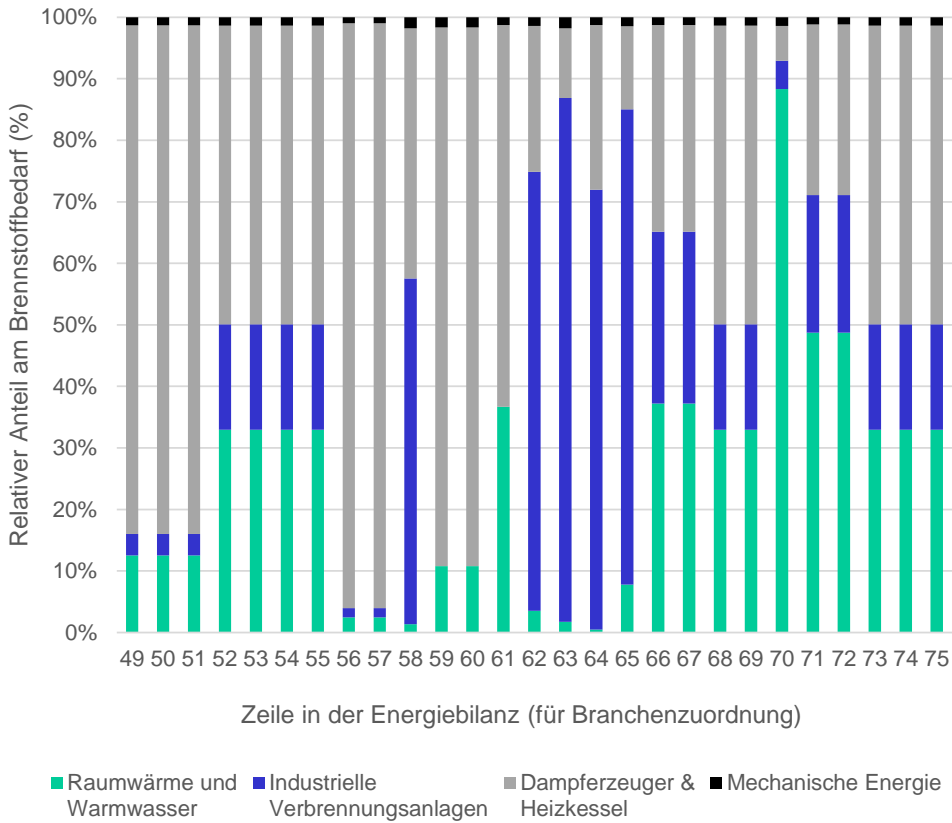


Abbildung 1-9: : Anwendungsbilanz für brennstoffbezogene Anwendungen für BW

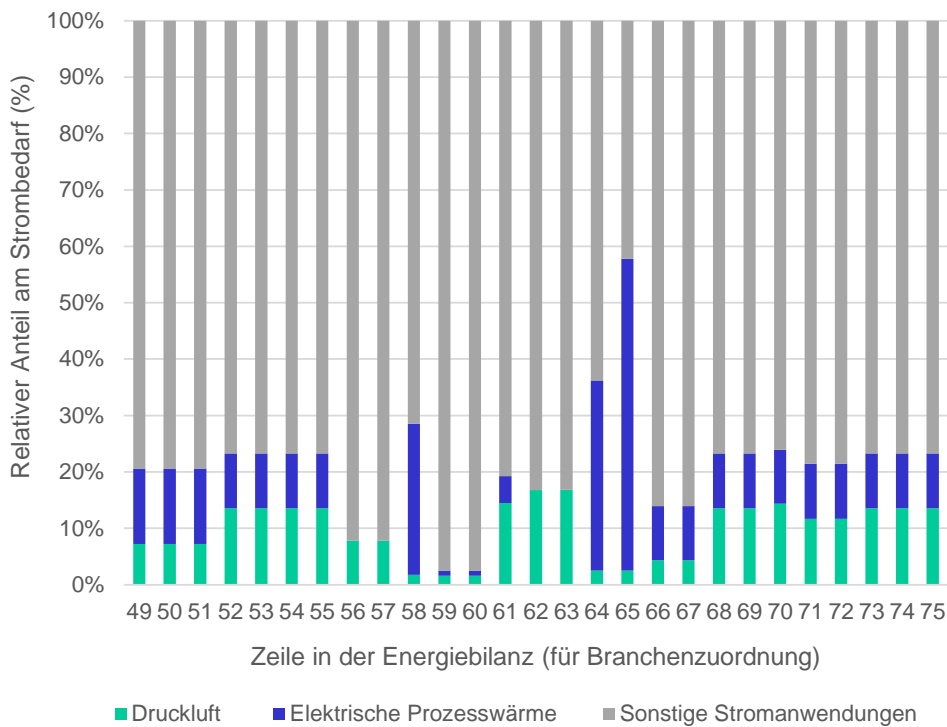


Abbildung 1-10: Anwendungsbilanz für betrachtete strombezogene Anwendungen BW

1.6 Top-Down Schätzung der Abwärme für BW

In Abschnitt 1.6 wird die theoretische industrielle Abwärme mit zwei Ansätzen geschätzt. Dabei werden sowohl brennstoffbasierte und elektrizitätsbasierte Anwendungen betrachtet.

- Korridor für Abwärmepotenzial in Baden-Württemberg wird geschätzt.
- Theoretisches Potenzial zwischen 9% und 15% bezogen auf den EEV.

1.6.1 Daten

Für die Top-Down-Schätzung wird die Energiebilanz Baden-Württemberg 2014 verwendet, die vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg erstellt wird. Zudem werden die in Abschnitt 1.4 ermittelten Abwärmeindikatoren sowie die Anwendungsbilanzierung aus Abschnitt 1.5 verwendet.

1.6.2 Methode

In Abschnitt 1.6 wird die theoretische industrielle Abwärme für Baden-Württemberg mit zwei Ansätzen geschätzt (*obere Schätzung* und *untere Schätzung*). Es wurden bewusst zwei Ansätze gewählt. Hintergrund ist, dass die in Abschnitt 1.4 eingesetzte Methode die Abwärme für die untersuchten Arbeitsstätten tendenziell unterschätzt. Da auf dieser Basis die Abwärmeindikatoren ermittelt worden sind, unterschätzten Top-Down-Schätzungen auf Basis dieser Indikatoren ebenfalls in der Tendenz. Dies ist der Fall für den Ansatz *untere Schätzung*. Der Ansatz *obere Schätzung relativiert dies* und dient somit dazu zumindest eine plausible Bandbreite aufzuzeigen. Beide Ansätze sind im Folgenden kurz beschrieben.

Ansatz: Obere Schätzung.

Beim Ansatz obere Schätzung werden Abwärmemengen auf Basis von Annahmen für die in Abbildung 1-9 und Abbildung 1-10 ermittelten Energiemengen für Anwendungen ermittelt. Die verwendeten Annahmen sind je Anwendung im Folgenden aufgelistet.

- Für die Anwendung „Industrielle Verbrennungsanlagen >500°C“ wird angenommen, dass 30% der eingesetzten Brennstoffenergie in Form von Abwärme anfällt. Dies hat den folgenden Hintergrund: laut Anwendungsbilanz ist die Anwendung „Industrielle Verbrennungsanlagen >500°C“ insbesondere in den folgenden fünf Branchen relevant: Herstellung von chemischen Grundstoffen, H. v. Glas u. Glaswaren, keram. Werkstoffen und Waren, sonstige Herstellung von Glas u. Glaswaren usw., Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen und Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen usw. (vgl. Abbildung 1-9, Zeilennummern 58, 62, 63, 64, 65). Pehnt et al. (2010) geben für die in etwa korrespondierenden Branchen „Zement und Leca“, „Eisenlegierungen“ und „Chemie“ relative Abwärmeanteile in Höhe von 39,9%, 30,5% und 8% an. Die dortigen Angaben sind einer norwegischen Umfrage entnommen und beziehen sich auf Abwärme > 140°C, was darauf hindeutet, dass bei der Umfrage für die in etwa korrespondierenden Branchen in erster Linie Abwärme aus industriellen Verbrennungsanlagen erfasst worden ist. In dieser Studie wurden die Werte von Pehnt et al. den fünf korrespondierenden und technologisch vergleichbaren Branchen in der Anwendungsbilanz zugeordnet und es wurde für die Anwendung „Industrielle Verbrennungsanlagen >500°C“ eine mengengewichtete Abwärmequote abgeleitet, die rund 30% beträgt. Ein technisches Beispiel, welches in etwa dieser Quote entspricht sind Heißwind-Kupolöfen,

die in Gießereien eingesetzt werden. Dort fällt etwa 30% der eingesetzten Brennstoffenergie in Form von Abwärme im Abgasstrang an (vgl. Institut für Gießertechnik 2008).

- Für die Anwendung „Dampferzeuger & Heizkessel“ wird angenommen, dass 20% der eingesetzten Brennstoffenergie in Form von Abwärme anfällt, da Systemwirkungsgrade für Dampfsysteme von 80% üblich sind (vgl. Gentili et al. 2015). Die Abwärme fällt bei Dampfsystemen an zahlreichen Stellen ab, bspw. im Abgasstrang des Erzeugers, aber auch bei der Kondensation usw.
- Für die Anwendung „Druckluft“ wird angenommen, dass 90% der elektrischen Antriebsenergie von Druckluftkompressoren in Form von Abwärme anfällt, die wiederum zur Bereitstellung von Raumwärme genutzt werden kann.
- Für die Anwendung „Elektrische Prozesswärme“ wird für die untere Schätzung angenommen, dass 10% der eingesetzten elektrischen Energie für Prozesswärme als Abwärme anfällt. Ein technisches (für Baden-Württemberg relevantes Beispiel) ist die Abgasabwärme von Elektrolichtbogenöfen in der Stahlindustrie. Diese wird mit 10% bezogen auf den elektrischen Energieeinsatz beziffert (vgl. Johnson et al. 2008).

Bei jeglichen Annahmen handelt es sich um plausibilisierte Schätzwerte, da nicht alle betriebenen Aggregate im Einzelnen untersucht werden können.

Ansatz: Untere Schätzung.

Beim *Ansatz untere Schätzung* wird die industrielle Abwärme für brennstoffbasierte Anwendungen mit Hilfe der in Abschnitt 1.4 ermittelten Abwärmeindikatoren geschätzt. Hierfür wird der Brennstoffbedarf je Branche entsprechend Tabelle 9 mit dem zugehörigen Abwärmeindikator entsprechend Tabelle 5 multipliziert. Dabei gilt weiterhin die Branchen-zuordnung entsprechend Tabelle 8.

Für elektrizitätsbetriebene Anwendungen wird äquivalent zum *Ansatz obere Schätzung* vorgegangen, bis auf die im folgenden dargestellten Unterschiede.

- Für die Anwendung Druckluft angenommen wird, dass 35% der Abwärme bereits genutzt wird und somit nicht mehr vorliegt (angelehnt an eine interne Befragung).
- Für die Anwendung elektrische Prozesswärme wird nun angenommen, dass 20% der eingesetzten elektrischen Energie für Prozesswärme als Abwärme anfällt. Ein für Baden-Württemberg ebenfalls technisch relevantes Beispiel sind Induktionsöfen in Gießereien. Für diese Öfen wird angegeben, dass bis zu 20% der Ofenleistung als Abwärme greifbar im Kühlwasser vorliegt (vgl. Dötsch 2011).

Die beiden vorangegangenen Ansätze sind in Tabelle 10 nochmal zusammenfassend dargestellt. Der *Ansatz untere Schätzung* unterschätzt die Abwärme tendenziell, was in erster Linie an den Indikatoren aus Tabelle 5 liegt. Die Ermittlung der Indikatoren fußt auf einer Analyse von Emissionserhebungen nach BImSchV. Es handelt sich somit um (geführte) Abgasströme und um die Bilanzgrenze „Betrieb“. Infolgedessen werden Abwärmeströme anderer Quellen (Diffuse Abwärme, Abwasser usw.) sowie die Energiemenge, die die Abgasströme innerhalb der Betriebsgrenzen ungenutzt verlieren, nicht berücksichtigt. Der *Ansatz obere Schätzung* nutzt Annahmen für Anwendungen, denen möglicherweise eine Vielzahl von technischen Anlagen zugeordnet sind, die technologisch unterschiedlich ausgeführt sind. Zudem wird nicht berücksichtigt, inwieweit Abwärme bereits genutzt wird. Es ist daher eher davon auszugehen, dass der *Ansatz obere Schätzung* tendenziell überschätzt.

Tabelle 11: Zusammenfassung der beiden Schätzansätze

Ansatz	Annahmen für Abwärme aus brennstoffbasierten Anwendungen	Annahmen für Abwärme aus elektrizitätsbasierten Anwendungen
Untere Schätzung	Abwärme bezogen auf Brennstoffverbrauch entsprechend Abwärmeindikatoren aus Tabelle 5. Multiplikation der Indikatoren mit dem Brennstoffeinsatz je Branche.	Abwärme aus Druckluft: 90% bezogen auf den elektrischen Energieeinsatz. 35% jedoch genutzt. Abwärme für Elektrische Prozesswärme: 10% bezogen auf den elektrischen Energieeinsatz.
Obere Schätzung	Abwärme aus Industrielle Verbrennungsanlagen >500°C: 30% bezogen auf den Brennstoffeinsatz. Abwärme aus Dampferzeuger & Heizkessel: 20% bezogen auf den Brennstoffeinsatz.	Abwärme aus Druckluft: 90% bezogen auf den elektrischen Energieeinsatz. Abwärme für Elektrische Prozesswärme: 20% bezogen auf den elektrischen Energieeinsatz.

1.6.3 Ergebnisse

Die ermittelte theoretische industrielle Abwärme für Baden-Württemberg für die beiden Ansätzen ist in Abbildung 1-11 dargestellt. Mit dem Ansatz *untere Schätzung* wird ein Potenzial von etwa 5,4 TWh geschätzt und mit dem Ansatz *obere Schätzung* wird ein Potenzial von etwa 9,3 TWh geschätzt.

Für den Fall *untere Schätzung* wird für etwa 34 TWh Brennstoffverbrauch ein Abwärmepotenzial von 3,6 TWh ermittelt. Für einen berücksichtigten Elektrizitätsverbrauch von 5,5 TWh wird ein Potenzial von etwa 1,8 TWh ermittelt. Dabei ist bei der elektrizitätsbezogenen Abwärme der Großteil auf Abwärme aus Druckluft zurückzuführen. Hier wird für etwa 2,6 TWh geschätztem Verbrauch ein Potenzial von 1,5 TWh geschätzt.

Für den Fall *obere Schätzung* wird für etwa 34 TWh Brennstoffverbrauch ein Abwärmepotenzial von 6,4 TWh ermittelt. Für einen Elektrizitätsverbrauch von 5,5 TWh wird ein Potenzial von etwa 2,9 TWh ermittelt. Wieder ist die elektrizitätsbezogene Abwärme großteils auf Druckluft zurückzuführen. Hier wird für etwa 2,6 TWh geschätztem Verbrauch ein Potenzial von 2,3 TWh geschätzt.

Bezogen auf den Endenergieverbrauch der Industrie beträgt das Potenzial somit zwischen 9% (*untere Schätzung*) und 15% (*obere Schätzung*).

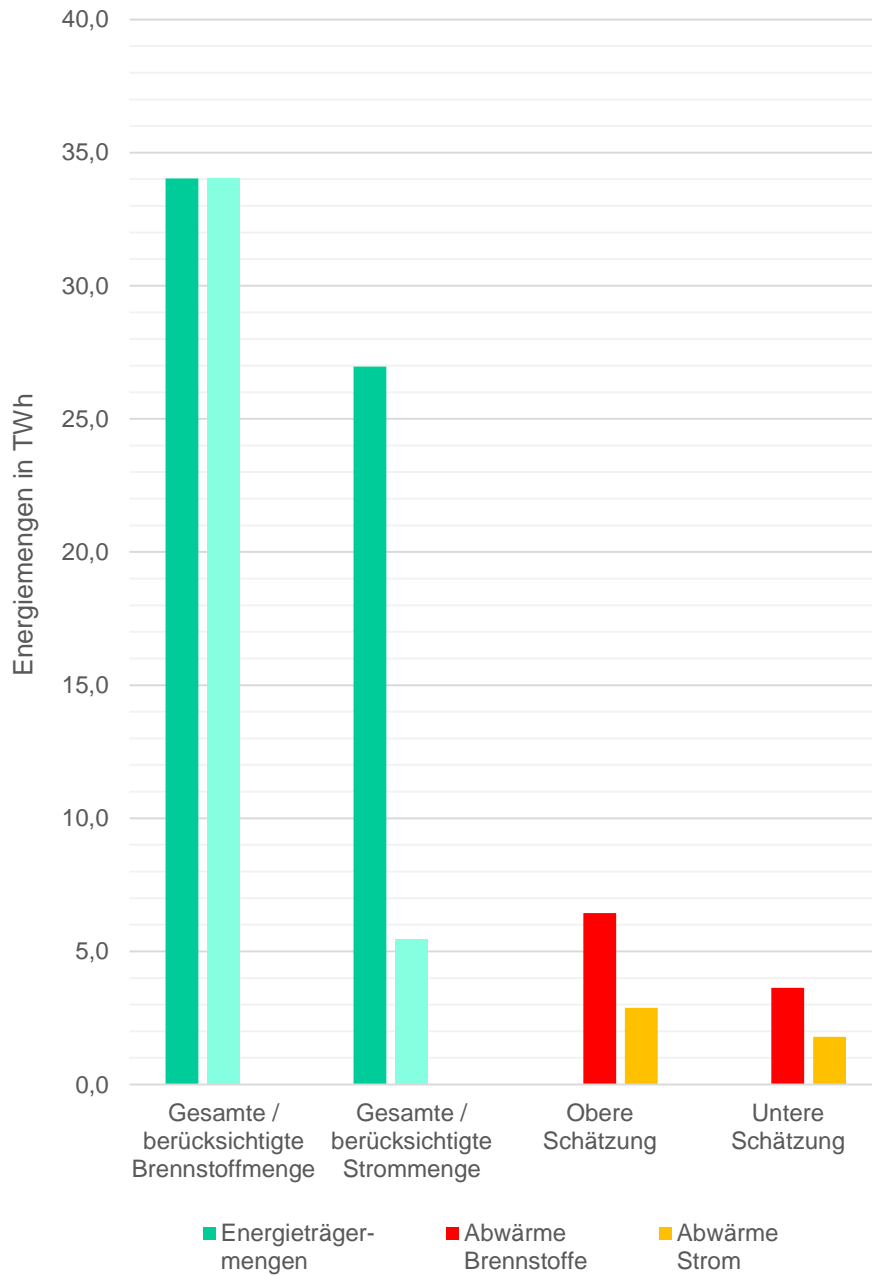


Abbildung 1-11: Geschätzte Abwärme für obere und untere Schätzung

1.7 Top-Down Schätzung für Wärmeintegration für BW

In Abschnitt 1.7 wird eine vereinfachte theoretische Potenzialschätzung für die Nutzung von industrieller Abwärme mit der Energieeffizienzmaßnahme Wärmeintegration durchgeführt.

- Potenzial für Wärmeintegration wird abgeschätzt.
- Das Potenzial liegt zwischen 45% und 60% bezogen auf die ermittelten Abwärmepotenziale.

1.7.1 Daten

Für die Top-Down-Schätzung werden die im vorigen Arbeitspaket geschätzten Abwärmemengen (differenziert nach Branchen) und die erstellten Anwendungsbilanzen Abbildung 1-9 und Abbildung 1-10 verwendet.

1.7.2 Methode

Wärmeintegration ist ein Überbegriff für Konzepte zur thermischen Kombination von stationären oder diskontinuierlichen Prozessen zur Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertragung (Klemeš und Kravanja 2013) und ist somit im Kontext der industriellen Abwärmemenge besonders relevant. Vereinfacht gesagt handelt es sich um eine systemische Energieeffizienzmaßnahme, mit der die Energieversorgung von Produktionsprozessen und Fabrikanlagen optimiert werden kann. Im weitesten Sinne kann die Nutzung von Abwärme zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser auch als Teilmenge der Wärmeintegration aufgefasst werden, denn schließlich befinden sich Nichtwohngebäude in der Industrie häufig in räumlicher Nähe zu Produktionsanlagen. Die in Produktionsprozessen anfallende Abwärme kann somit gegebenenfalls zur Versorgung dieser Nichtwohngebäude verwertet werden. Im Folgenden wird diesbezüglich eine Potenzialschätzung in zwei Schritten durchgeführt.

Im ersten Schritt wird die in Abschnitt 1.6 ermittelte Abwärmemenge dem Bedarf für Raumwärme und Warmwasser aus Abbildung 1-9 gegenübergestellt. Dies geschieht differenziert nach Branchen.

Im zweiten Schritt wird der Bedarf von Raumwärme und Warmwasser von der Abwärmemenge abgezogen (wieder differenziert nach Branchen); in der folgenden Gleichung formlos angedeutet: *Residuale Menge = Abwärme – (Raumwärme + Warmwasser)*.

Ist die residuale Menge kleiner oder gleich null, dann bedeutet dies für eine Branche im Rahmen der Potenzialschätzung, dass die vollständige Abwärmemenge dem Potenzial für Wärmeintegration zugeordnet wird. Ist die residuale Menge größer als null, dann wird die komplette Menge für Raumwärme und Warmwasser dem Potenzial für Wärmeintegration zugeordnet.

1.7.3 Ergebnisse

Abbildung 1-12 enthält die Ergebnisse für die obere und untere Schätzung. Es ist zu erkennen, dass auf der einen Seite für einige Branchen die Abwärmemenge deutlich größer ist verglichen zum Bedarf von Raumwärme und Warmwasser in diesen Branchen (bspw. Erzeugung von Roheisen). Auf der anderen Seite ist der Bedarf für Raumwärme und Warmwasser in anderen Branchen deutlich höher als die entsprechend geschätzte Abwärme.

(bspw. Maschinenbau). Für mehrere Branchen ist das Verhältnis eher ausgeglichen. Letztlich wird in der Grafik gewissermaßen indirekt der thermische Energieeinsatz für Produktionsprozesse in Relation zur Anzahl an Mitarbeitern je Branche gesetzt. Dies ist darin begründet, dass die Schätzung des Raumwärmebedarfs auf den Anwendungsbilanzen von Rohde (2018) basiert. In diesen Bilanzen wird der Bedarf für Raumwärme und Warmwasser im verarbeitenden Gewerbe grundsätzlich mittels Anzahl und Art der Beschäftigten je Branchen und spezifischer Wärmeerfordernis je Beschäftigten errechnet.

Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale



Abbildung 1-12: Bilanzierung des Potenzials für Wärmeintegration

Insgesamt ergibt sich ein theoretisches Potenzial für Wärmeintegration mit der oben erläuterten Methode zwischen 3,3 TWh (bezogen auf untere Schätzung) und 4,2 TWh (bezogen auf obere Schätzung). Bezogen auf die geschätzten Abwärmemengen insgesamt sind dies je nach Schätzung zwischen etwa 45% und 60%. D.h. die innerbetriebliche Nutzung von Abwärme ist trotz der langen Historie weiterhin höchst relevant.

1.8 Erstellung einer Standortdatenbank für den Energieatlas BW

In Abschnitt 1.8 werden Möglichkeiten zur Erstellung einer Standortdatenbank für Abwärmepotenziale für den Energieatlas Baden-Württemberg aufgezeigt. Hierfür wurden zunächst die vorhandenen Daten mit Ortsinformationen zusammenfassend dargestellt. Diese Zusammenfassung wurde schließlich auf einem Expertenworkshop am 22.10.2018 beim LUBW in Karlsruhe vorgestellt. Im Anschluss daran erfolgte eine qualitative Diskussion möglicher Optionen zur Veröffentlichung dieser Daten im Energieatlas. Die Quintessenzen dieser Diskussion werden im Folgenden zusammengefasst.

- Datengrundlage für Energieatlas wird erzeugt.
- Mögliche Darstellungsformen werden im Expertenworkshop diskutiert.

1.8.1 Vorhandene Daten

Im Rahmen der Studie wurden Emissionserhebungen für genehmigungspflichtige Anlagen nach der 4. BImSchV ausgewertet. Aus diesen Daten lässt sich die Abgasabwärme und die eingesetzte Endenergie der dort enthaltenen Arbeitsstätten abschätzen. Die Daten enthalten Koordinaten zu den Arbeitsstätten und können somit grundsätzlich kartografisch dargestellt werden. Im Folgenden werden die Daten mit BImSchV-basierte Daten bezeichnet. Inwieweit die BImSchV-basierten Daten veröffentlicht werden dürfen, ist jedoch unklar und Bedarf einer tiefer gehenden Prüfung seitens der veröffentlichenden Stelle (somit seitens des LUBW).

Zudem wurde am Fraunhofer ISI ein weiterer Datensatz angefertigt, der geschätzte Abwärmemengen für Industriestandorte innerhalb der EU auf standörtlicher Ebene ausweist. Dieser Datensatz basiert grundsätzlich auf Daten des EU-Emissionshandelssystems (ETS-Daten) und Produktionsstatistiken. In den ETS-Daten werden CO₂-Emissionen für einzelne Produktionsstandorte differenziert nach Branchen und Jahr ausgewiesen (bspw. für die Branche Zement- und Kalkherstellung). Die Produktionsstatistiken weisen nationale Produktionsmengen für bestimmte Produkte aus (bspw. die nationale Zementproduktion in einem bestimmten Jahr). Der Datensatz wurde nun in zwei grundlegenden Schritten erstellt, die im Folgenden dargestellt sind.

Im *ersten Schritt* werden auf Basis von nationalen Produktionsstatistiken und den zugewiesenen CO₂-Emissionen in den ETS-Daten Produktionsmengen für bestimmte Produkte für die in den ETS-Daten gelisteten Produktionsstandorte abgeschätzt. Hierfür werden die folgenden Daten in Relation zueinander gesetzt: Summe an zugewiesenen CO₂-Emissionen je Branche und Land, Summe der Produktion eines bestimmten Produktes je Branche und Land, sowie zugewiesene CO₂-Emissionen je Standort. Grundsätzlich wird für diese Abschätzung ein spezifischer CO₂-Emissionsfaktor (CO₂/Tonne Produkt) für die nationale Ebene gebildet, um die Produktionsmengen für die betrachteten Standorte zu schätzen.

In *zweiten Schritt* werden den Produktionsmengen je Standort bestimmte Produktionsprozesse und damit zusammenhängend spezifische Energieverbräuche zugeordnet (bspw. GJ/Tonne Glas), um so den Energieverbrauch je Standort abzuschätzen. Darauf aufbauend werden relative Kennwerte aus der Literatur verwendet, die für die Produktionsprozesse den Anteil an Abwärme relativ darstellen. Auf Basis dieser Werte wird die Abwärme je Standort schließlich berechnet. Die Methodik ist in Manz et al. (2018) näher erläutert. Der Datensatz wurde vom Fraunhofer ISI veröffentlicht und lässt sich im Internet für die EU-28 abrufen (Internet: https://gitlab.com/hotmaps/industrial_sites/industrial_sites_Industrial_Database). Daher

wurde der entsprechende Teil für Baden-Württemberg in dieser Studie ebenfalls bereitgestellt.

Tabelle 11 stellt zentrale Kennwerte für die beiden zur Verfügung stehenden Datensätze (BlmSchV-basierte Daten, ETS-basierte Daten) dar.

Tabelle 12: Mögliche Datensätze für den Energieatlas

	Anzahl Standorte	Erfasster Brennstoffverbrauch (TWh)	Geschätzte Abwärme (TWh)	Abwärmequote insgesamt	Abdeckung Brennstoffverbrauch*
BlmSchV-basierte Daten	307	18,9	2,2	12%	56%
ETS-Basierte Daten	27	10,9	1,4	13%	32%
*: Prozentual bezogen auf die Energiebilanz 2014.					

1.8.2 Expertenworkshop

Am Expertenworkshop nahmen Verantwortliche des LUBW, des UMs, Mitglieder des Projektteams sowie ein Vertreter des Projektes „NENIA“ teil. In NENIA werden Potenziale für die netzgebundene Abwärmenutzung untersucht und in diesem Kontext werden ebenfalls industrielle Abwärmepotenziale quantifiziert. Das Projekt ist vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung gefördert worden. Ein Bericht wird im Frühjahr 2019 erwartet. Es wurden folgende Themen während des Workshops qualitativ diskutiert:

- Welchem Zweck sollen die abwärmebezogenen Daten im Energieatlas dienen?
- Welche Nutzergruppen werden für die abwärmebezogenen Daten im Energieatlas anvisiert?
- Welche Darstellung der Daten ist für den Zweck notwendig?

Im Folgenden werden Quintessenzen diesbezügliche zusammengefasst, die im Workshop erarbeitet wurden.

Welchem Zweck sollen die abwärmebezogenen Daten im Energieatlas dienen?

Die abwärmebezogenen Daten im Energieatlas sollen in erster Linie dazu dienen die Anbahnung außerbetrieblicher Abwärmenutzungsprojekte zu unterstützen. Dies kann sich beispielsweise auf die Nutzung industrieller Abwärme in einem Fernwärmenetz beziehen. Hierfür können kartografisch aufbereitete Daten den entsprechenden Planern (bspw. im Rahmen von Wärmeleitplanungen) Unterstützung bei der Identifikation und Konzeption solcher Projekte in der frühen Projektphase liefern. In diesem Kontext sind insbesondere die folgenden zwei Aspekte zu beachten.

- Die präsentierten Daten sollen keine Detailplanungen und/oder Vor-Ort-Erhebungen ersetzen. Es handelt sich lediglich um Schätzwerte, die bei der Orientierung im Planungsprozess helfen sollen.
- Die Daten sollen vielmehr dazu dienen, Potenziale zu identifizieren und Planungsprozesse im Bereich außerbetrieblicher Abwärmenutzung zu strukturieren.

Welche Nutzergruppen werden für die abwärmebezogenen Daten im Energieatlas anvisiert?

Die Anbahnung und grundlegende Konzeption außerbetrieblicher Abwärmenutzungsprojekte kann von unterschiedlichen Nutzergruppen ausgehen. Eine mögliche Gruppe sind Planungsverantwortliche bei Betreibern von Fernwärmenetzen, bspw. Stadtwerken, die auf der Suche nach treibhausgasarmen Wärmequellen sind. Ein Beispiel aus der Praxis hierfür sind die Stadtwerke Karlsruhe. In Karlsruhe wird Abwärme der dort ansässigen Raffinerie zur Versorgung großer Teile des städtischen Fernwärmenetzes eingesetzt. Die Initiative für dieses Projekt ist von zwei Planungsingenieuren beider Unternehmen (Stadtwerke sowie Raffinerie) ausgegangen.

Ein weiteres Beispiel für eine Nutzergruppe sind Planungsverantwortliche in Kommunen, beispielsweise Klimaschutzmanager usw. Vor dem Hintergrund der Wärmewende werden Aktivitäten im Bereich Wärmeplanung von Kommunen immer wichtiger zur Erreichung der Klimaziele. In diesem Kontext können kartografisch aufbereitete Daten die entsprechenden Planer ebenfalls unterstützen. Weitere mögliche Nutzergruppen wären: NGOs, Energie- und Klimaschutzagenturen sowie interessierte Bürgerinnen und Bürger. Insgesamt handelt es sich somit um eher heterogene Nutzergruppen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich das vorhandene Wissen im Bereich Abwärmenutzung und Wärmeplanung deutlich unterscheidet. Vor diesem Hintergrund erscheint es von besonderer Bedeutung, die Daten so aufzubereiten, dass keine Fehlschlüsse aus den Daten gezogen werden.

Welche Darstellung der Daten ist für den Zweck notwendig?

Für die primären Zwecke der Daten erscheint es sinnvoll, quantitative Schätzwerte für Abwärme für die dargestellten Industriestandorte zu hinterlegen und sich nicht ausschließlich auf eine qualitative Skala zu beschränken. Dies ist darin begründet, dass die Größenordnungen der Schätzwerte zumindest eine Priorisierung der Arbeitsabläufe, bspw. für folgende Fragestellungen ermöglichen.

Welche Betriebe sind besonders wichtig?

Welchen Beitrag könnte Abwärme in meiner Kommune spielen?

Nichts desto trotz sollte immer davon ausgegangen werden, dass es sich um eher grobe Schätzwerte handelt, die im Rahmen einer Detailplanung angepasst werden müssen und die sich dadurch ggf. grundsätzlich verändern. Die kartografische Darstellung der Daten sollte eine solche Interpretation der Daten unterstützen und vor der Implementierung der Daten sollten daher geeignete Darstellungsformen abgewogen werden. Eine Möglichkeit bestünde darin, die Schätzwerte lediglich für eher grobe Korridore anzugeben. Dies könnte die gewünschte Interpretation der Daten hervorzurufen und sollte daher geprüft werden.

Insgesamt wäre es erstrebenswert, die BImSchV-basierten Daten in den Energieatlas mit aufzunehmen, da dort deutlich mehr Standorte abgebildet werden können und die Chance zur Projektanbahnung somit grundsätzlich höher ist. Inwieweit und in welcher Form eine Aufnahme der Daten in den Atlas jedoch zulässig ist, muss vom LUBW vorab geprüft werden.

1.8.3 Datenlieferung

Beide Datensätze wurden als Excel-Datei in tabellarischer Form an das LUBW geliefert.

Die BImSchV-basierten Daten wurden vor Finalisierung für das LUBW mit den ETS-basierten Daten verglichen. Die Zuordnung der Arbeitsstätten erfolgte dabei auf Basis des Firmennamens und der Ortsangaben. Bei einer Abweichung der Werte für die Abgaswärme über 100% wurden für die entsprechenden Arbeitsstätten nicht die BImSchV-basierten Daten, sondern die ETS-basierten-Daten den Arbeitsstätten zugeordnet. Dies kam für vier von 306 Arbeitsstätten vor und die Wahl der ETS-basierten Daten für diese Arbeitsstätten erfolgte, weil diese für die Arbeitsstätten plausibler erschienen. Folgende Parameter wurden im gelieferten Tabellenblatt aufgenommen: Arbeitsstättennummer entsprechend Emissionserhebung, Firmenname, Branche nach WZ 2008, geschätzter Brennstoffeinsatz 2012, geschätzte Abgasabwärme 2012 sowie Längen- und Breitengrad der Arbeitsstätte.

Für die ETS-basierten Daten wurden folgende Parameter mit aufgenommen: Firmenname, Branchenbezeichnung, geschätzter Brennstoffeinsatz, geschätzte Abwärmemenge sowie ebenfalls Längen- und Breitengrad.

1.9 Zusammenfassung für Arbeitspaket 1

In Arbeitspaket 1 erfolgte zunächst eine obere und untere Schätzung für das industrielle Abwärmepotenzial in Baden-Württemberg. Beide Schätzungen berücksichtigen das Abwärmepotenzial aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen.

Zur Ableitungen von Indikatoren für Abwärme aus brennstoffbasierten Anwendungen für die untere Schätzung wurden eingangs Emissionserhebungen auf Basis genehmigungspflichtiger Anlagen nach der 4. BImSchV ausgewertet. Im Rahmen dieser Bottom-Up-Auswertung wurde ein (Bottom-Up)-Potenzial in Höhe von etwa 2,2 TWh errechnet. Die Auswertung umfasste dabei etwa 56% des Brennstoffbedarfs des verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg. Da es sich um eine Bottom-Up-Auswertung handelt, wird somit nur eine Teilmenge des verarbeitenden Gewerbes erfasst. Indikatoren für elektrischen Anwendungen können auf Basis der Erhebungen nicht abgeleitet werden. Abwärme aus elektrischen Anwendungen sind in dem (Bottom-Up)-Potenzial somit nicht inkludiert.

Eine weitere (nicht für die Schätzungen relevante) Erkenntnis aus der Bottom-Up-Auswertung war, dass etwa 80% der ermittelten gesamten Abwärmeleistung auf nur etwa 15% der Abwärmequellen zurückzuführen war. Dies indiziert, dass es verhältnismäßig wenige Arbeitsstätten gibt, denen ein vergleichsweise hohes Potenzial zugeordnet werden kann.

Die aus der Bottom-Up-Auswertung ermittelten Indikatoren wurden schließlich für die untere (Top-Down-)Schätzung verwendet. Die Anwendung der Indikatoren für die untere Schätzung ist darin begründet, dass die Indikatoren methodisch bedingt dazu tendieren, Abwärmemengen geringer zu indizieren, als tatsächlich im verarbeitenden Gewerbe vorhanden. Für die Schätzung von Abwärme aus elektrischen Anwendungen wurden für die untere Schätzung plausibilisierte Annahmen verwendet. Insgesamt resultiert die untere Schätzung in einem Potenzial von etwa 5,4 TWh. Dies inkludiert sowohl Abwärme aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen.

Für die obere (Top-Down-)Schätzung wurden Anwendungsbilanzen erstellt und es wurden zur Schätzung sowohl für Abwärme aus brennstoffbasierten als auch elektrischen Anwendungen plausibilisierte Annahmen verwendet. Dadurch, dass der besonders relevante brennstoffbasierte Anteil mit diesem Ansatz eher vereinfacht mit plausibilisierten Annahmen abgearbeitet wird, ist davon auszugehen, dass der Ansatz für die obere Schätzung Abwärmemengen eher höher indiziert, als tatsächlich im verarbeitenden Gewerbe vorhanden. Insgesamt resultiert die obere Schätzung in einem Potenzial von etwa 9,3 TWh. Dabei ist wie auch schon bei der unteren Schätzung Abwärme aus brennstoffbasierten und elektrischen Anwendungen inkludiert.

Bezogen auf den Endenergieverbrauch der Industrie beträgt das Abwärmepotenzial für die obere und untere Schätzung somit zwischen 9% und 15% (vgl. Abbildung 1-13).

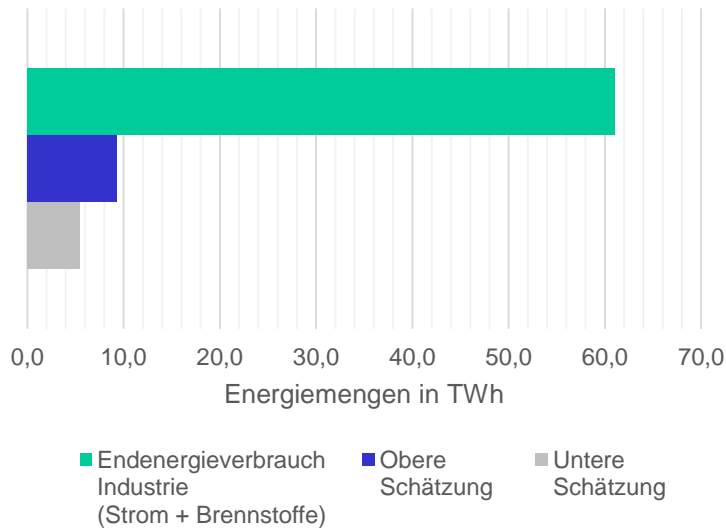


Abbildung 1-13: Top-Down Abwärmeschätzungen

In Abschnitt 1.7 erfolgte schließlich eine vereinfachte Schätzung des theoretischen Potentials für Wärmeintegration. Dies resultierte in einem Potenzial zwischen 3,3 TWh (bezogen auf untere Schätzung) und 4,2 TWh (bezogen auf obere Schätzung). Bezogen auf die geschätzten Abwärmemengen insgesamt sind dies je nach Schätzung zwischen etwa 45% und 60%. D.h. die innerbetriebliche Nutzung von Abwärme ist trotz der langen Historie weiterhin höchst relevant.

1.10 Literaturverzeichnis für Arbeitspaket 1

Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale

AG Energiebilanzen e.V. (2017): Bilanzen 1990-2016. Hg. v. AG Energiebilanzen e.V. *Internet:* <http://www.ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2014.html> (17.12.2018).

Aydemir, Ali; Rohde, Clemens (2018): What about heat integration? Quantifying energy saving potentials for Germany. ECEEE Industrial Summer Study in Berlin. Proceedings 2018. ISBN: 978-91-983878-3-4 (online).

Bergmeier, Monika (2003): The history of waste energy recovery in Germany since 1920. In: *Energy* 28 (2003), Nr. 13, S. 1359 – 1374.

Blömer (2018): Potenziale und Hemmnisse außerbetrieblicher Abwärmenutzung in Deutschland - Ergebnisse des Forschungsprojektes EnEFF:Wärme:Netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme (NENIA). Präsentation auf der 4. BMU-Fachtagung "Klimaschutz durch Abwärmenutzung". Internet: <http://www.izes.de/de/content/4-bmu-fachtagung-klimaschutz-durch-abwaermenutzung> (17.12.2018).

Broberg Viklund, Sarah; Johansson, Maria T. (2014): Technologies for utilization of industrial excess heat. Potentials for energy recovery and CO2 emission reduction. In: *Energy Conversion and Management* 77, S. 369–379. DOI: 10.1016/j.enconman.2013.09.052.

Brueckner, Sarah; Arbter, Rene; Pehnt, Martin; Laevemann, Eberhard (2017): Industrial waste heat potential in Germany—a Bottom-Up analysis. In: *Energy Efficiency* 10 (2), S. 513–525. DOI: 10.1007/s12053-016-9463-6.

Brückner, Sarah (2016): Industrielle Abwärme in Deutschland. 2016. Doktorarbeit. Technische Universität München.

Connolly, D.; Mathiesen B.; Ostergaard P.; et al. (2013): Heat Roadmap Europe 2050 - Second Pre-Study for the EU27 / Euroheat&Power. 2013. – Forschungsbericht.

Dötsch, Erwin (2011): Induktionsofentechnologie und Energieeffizienz. *Giesserei* 98 06/2011.

Gentili, Paolo; et al. (2015): Ecodesign Preparatory Study on Steam Boilers (ENTR Lot 7). Internet: <http://www.eco-steamboilers.eu/eco-steamboilers-wAssets/docs/20141217-Steam-Boilers-Ecodesign-Final-Report.pdf> (17.12.2017).

Grote, Lars; Hoffmann, Patrick; Taenzer, Guillem: Studie Abwärmenutzung -Potentiale, Hemmnisse und Umsetzungsvorschläge - Studie zur Fachkonferenz vom 4.3.2015. IZES Institut für ZukunftsEnergieSysteme gGmbH. 2015. – Forschungsbericht.

.....
Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale
.....

Herbst, Andrea; Toro, Felipe; Reitze, Felix; Jochem, Eberhard (2012): Introduction to Energy Systems Modelling. In: Swiss Journal of Economics and Statistics 148 (2), S. 111–135.

Hirzel, Simon; Sontag, Benjamin; Rohde, Clemens (2013): Industrielle Abwärmenutzung. Kurzstudie. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Institut für Gießereitechnik (2008): Energieeffizienter Gießereibetrieb. Hg. v. Bundesverband der Deutschen Gießerei-Industrie (BDG).

Johnson, Ilona; William, T.; Choate, W. T.; Amber Davidson, A. (2008): Waste heat recovery: technology and opportunities in US industry. U.S. Department of Energy. Internet: http://www1.eere.energy.gov/manufacturing/intensiveprocesses/pdfs/waste_heat_recovery.pdf (17.12.2017).

Klemeš und Kravanja (2013): Forty years of Heat Integration. Pinch Analysis (PA) and Mathematical Programming (MP). In: Current Opinion in Chemical Engineering 2 (4), S. 461–474. DOI: 10.1016/j.coche.2013.10.003.

LfU (2012): Leitfaden für Unternehmen zur Identifizierung ungenutzter Abwärmepotenziale. Bayerisches Landesamt für Umwelt.

Manz, Pia; Fleiter, Tobias; Aydemir, Ali (2018): Developing a georeferenced database of energy-intensive industry plants for estimation of excess heat potentials. ECEEE Industrial Summer Study in Berlin. Proceedings 2018. ISBN: 978-91-983878-3-4 (online).

Pehnt, Martin (2010): Energieeffizienz. Ein Lehr- und Handbuch. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Pehnt, Martin; Bodeker, Jan; Arens, Marlene; Jochem, Eberhard; Idrissova, Farikha (2011): Industrial waste heat - tapping into a neglected efficiency potential. In ECEEE Summer Study: conference proceedings 2011, Belambra Presquile de Giens, France.

Persson, U. ;Moeller, B. ;Werner, S. (2014): Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions. In: Energy Policy 74 (2014), S. 663–681.

Rohde, Clemens; Fleiter, Tobias; Aydemir, Ali; et al. (2017): Datenbasis zur Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen in der Zeitreihe 2005-2014: Sektor Industrie. Unter Mitarbeit von Prognos AG, Fraunhofer ISI und Ife/TU München. Hg. v. Umweltbundesamt.

.....
Arbeitspaket 1: Ist-Analyse
Abwärmepotenziale
.....

Schaefer, H. (1995): Energiewirtschaftliche Bedeutung der Nutzung von Abfallenergie. In: Fratzscher, W.; Stephan, K. (Hrsg.): Abfallenergienutzung. Technische, wirtschaftliche und soziale Aspekte. Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Optionen zukünftiger industrieller Produktionssysteme. Berlin: Akademie, S. 42–60.

Schlomann, Barbara; Rohde, Clemens; Plötz, Patrick (2015): Dimensions of energy efficiency in a political context. In: Energy Efficiency 8 (1), S. 97–115. DOI: 10.1007/s12053-014-9280-8.

Tsatsaronis, George (2007): Definitions and nomenclature in exergy analysis and exergoeconomics. In: Energy 32 (4), S.249–253. DOI: 10.1016/j.energy.2006.07.002.

2 Arbeitspaket 2: Ist-Analyse Erschließungsmöglichkeiten

In dem vorliegenden Arbeitspaket wird auf den zuvor bestimmten räumlich aufgelösten Abwärmepotenzialen aufgebaut. Es stellt sich die Aufgabe, hieraus relevante Anwendungsfälle zu entwickeln und zu bewerten. Technische und wirtschaftliche Anforderungen beeinflussen die Umsetzbarkeit der Anwendungsfälle. Damit wird das theoretische Abwärmepotenzial begrenzt. Die grundlegende in dem Arbeitspaket angewandte Methodik wird in der nachstehenden Abbildung verdeutlicht.

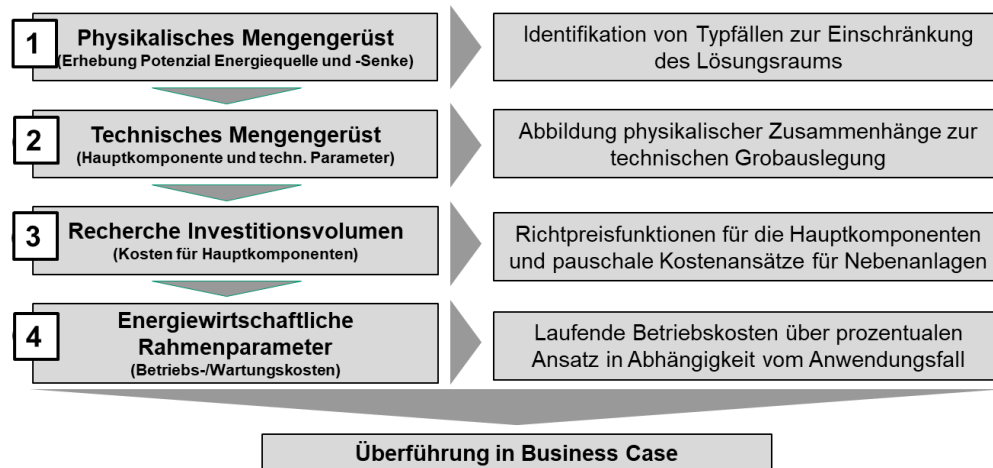


Abbildung 14: Methodik zur Untersuchung der Erschließungsmöglichkeiten

Die Potenziale aus dem vorherigen Arbeitspakets dienen zur Abbildung eines physikalischen Mengengerüsts. Da hierdurch eine Vielzahl von Anwendungsfällen vorliegt, erfolgt die Identifikation von Typfällen, um den Lösungsraum einzuschränken. Für jeden dieser Typfälle erfolgt basierend auf den prozessabhängigen physikalischen Zusammenhängen die technische Auslegung der für den jeweiligen Prozess notwendigen Hauptkomponenten zur Wandlung der Abwärme in die benötigte Endenergie. Mit aus der Auslegung stammenden Kennzahlen der Hauptkomponenten kann anhand von Richtpreisfunktionen für die Hauptkomponenten und mit pauschalen prozentualen Kostenansätzen das Investitionsvolumen bestimmt werden. Weitere prozessabhängige Kostenpositionen wie Betriebskosten sind nachfolgend zu berücksichtigen. Um die Bewertung der erzeugten Endenergie zu ermöglichen, sind exogener Parameter zu bestimmen. Dazu werden die Preise der verdrängten Endenergie recherchiert und nach einer Gutschriftmethode angesetzt. Mit der technisch-ökonomische Bewertung kann schließlich der Businesscase aufgebaut werden.

2.1 Beschreibung von Abwärmenutzungskonzepten

- Aufbau eines Entscheidungsbaums zur Systematisierung des Vorgehens
- Erfassen der für die Modellregion relevanten technisch-wirtschaftlichen Zusammenhänge

2.1.1 Vorgehen

In dem vorherigen Arbeitspaket können die physikalischen Eigenschaften der Abwärmequellen bestimmt werden. Im Gegensatz zu einer Einzelfallbetrachtung werden in der Potenzialerhebung je Abwärmequelle eingeschränkt physikalische Charakteristika erfasst. Physikalische Charakteristika meinen hierbei deren Temperaturniveau, den Volumenstrom und die minimale Temperatur auf die der Abwärmestrom abgesenkt werden kann. Hierüber wird die verfügbare Abwärmeleistung abgeschätzt. Weiterhin wird die zeitliche Verfügbarkeit abgeschätzt, worüber die verfügbare Abwärmeenergie bestimmt werden kann. Die leistungsbezogene Betrachtung ist insbesondere für die technische Dimensionierung von Relevanz, während die arbeitsbezogene Betrachtung zur wirtschaftlichen Bewertung im Teil 2.4 dient.

Unter generischen Konzepten sind die inner- wie auch außerbetriebliche Nutzungsmöglichkeiten von Abwärme zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom zu verstehen. Die Nutzungsmöglichkeiten werden durch die **physikalischen Charakteristika** (Temperatur, Volumenstrom und Verfügbarkeit) der Abwärmequelle begrenzt. Dabei beschränkt insbesondere das verfügbare Temperaturniveau die technischen Nutzungsmöglichkeiten. Als weitere Ebene zur Klassifikation von Abwärmenutzungskonzepten ist daher die **Endenergie** relevant. Es wird die Verwendung zur Wärme-, Kälte- und Stromerzeugung unterschieden. Mit den unterschiedlichen physikalischen Charakteristika können verschiedene **Technologien** zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom verwendet werden. Schließlich sind die Anforderungen der Verbrauchsseite zu berücksichtigen und lassen eine Unterscheidung nach **Anwendungskonzepten** zu.

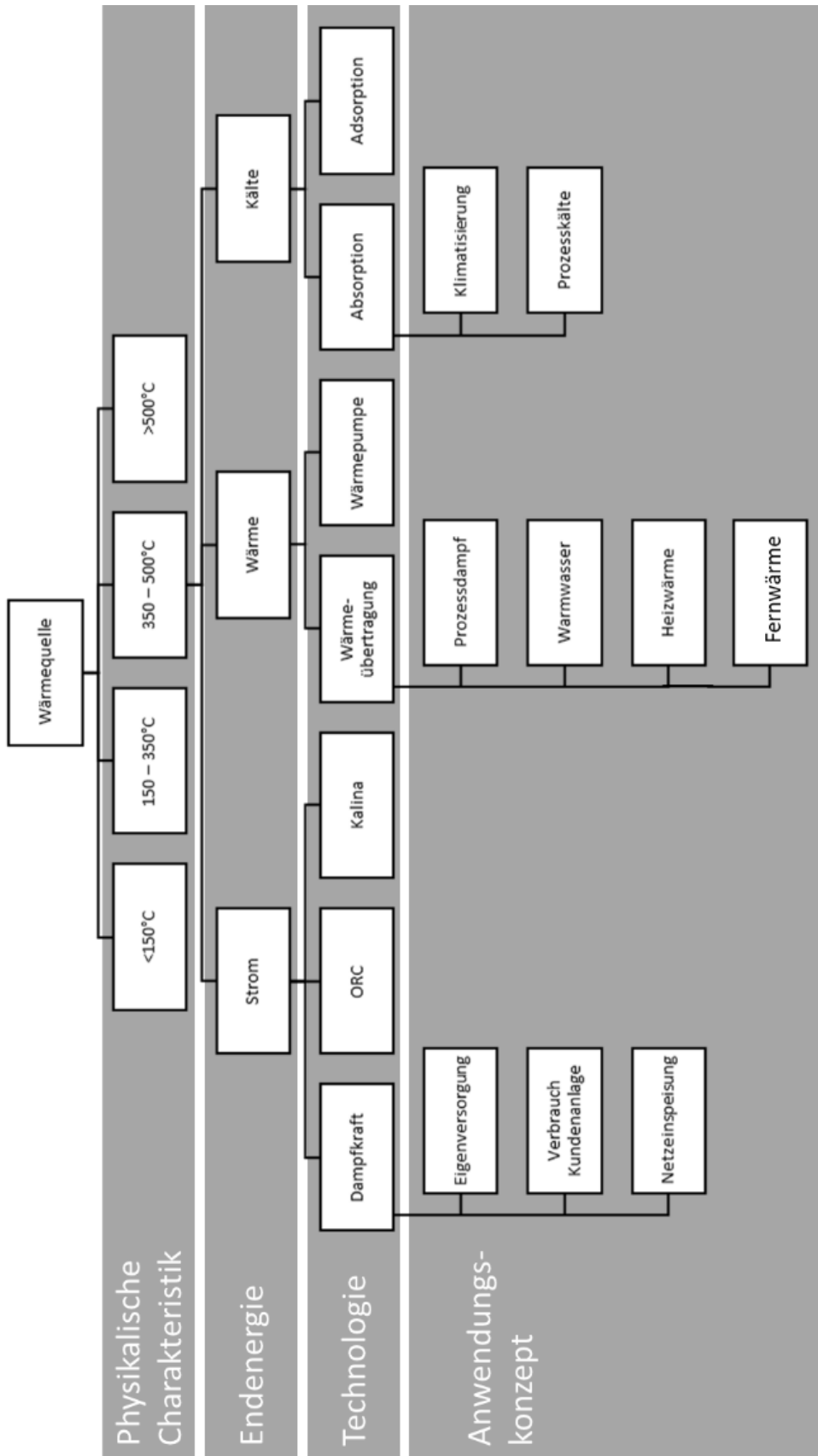


Abbildung 15: Entscheidungsbaum zur Strukturierung des Vorgehens

2.1.2 Technologieüberblick zur Stromerzeugung

Industrielle Abwärme kann durch verschiedene Technologien in die exergetisch hochwertige Energieform Strom umgewandelt werden. Diese Umwandlung wird durch den Carnot Wirkungsgrad begrenzt. Dieser Wirkungsgrad beschreibt die theoretisch maximale Effizienz der Abwärmeverstromung und lässt sich mit der Differenz der Temperatur der Abwärmequelle (T_h) und der Temperatur der Wärmesenke (T_n) wie folgt berechnen:

$$\eta_c = 1 - \frac{T_n}{T_h}$$

Je nach Technologie kann Abwärme bereits ab 70°C in Strom umgewandelt werden (vgl. Hirzel et al. 2013). Bei einem solchen Temperaturniveau der Abwärme und einer beispielhaften Temperatur der Wärmesenke von 20°C ergibt sich somit ein Carnot-Wirkungsgrad von ca. 15%. Bei gleicher Temperatur der Wärmesenke und einer Abwärmtemperatur von 150°C beträgt der maximale Wirkungsgrad bereits ca. 30%. Der Carnot Wirkungsgrad erhöht sich folglich mit steigender Temperaturdifferenz zwischen der Abwärmequelle und der Wärmesenke.

Grundsätzlich stehen mit dem Dampfkraft-Prozess, dem Organic-Rankine-Cycle (ORC) und dem Kalina-Prozess drei wesentliche Technologien zur Abwärmeverstromung zur Verfügung. Welche Technologie zur Stromerzeugung eingesetzt werden sollte, lässt sich hauptsächlich durch die Temperatur der Abwärmequelle bestimmen. Die dargestellten Technologien sind nicht als vollständige Aufzählung möglicher Technologien zur Stromerzeugung aus Abwärme zu verstehen.

2.1.2.1 Dampfkraft-Prozess

Der Dampfkraft-Prozess hat seinen Ursprung in der klassischen Kraftwerkstechnologie und kann auch für die Abwärmenutzung verwendet werden. Als Arbeitsmittel wird in diesem Kreisprozess Wasser eingesetzt, welches zunächst durch eine Speisepumpe auf Frischdampfdruck gebracht wird. Durch einen Wärmetauscher wird daraufhin die thermische Energie der Abwärme auf das Arbeitsmittel übertragen. Der dabei entstehende Wasserdampf wird in eine Dampfturbine geleitet. In der Turbine wird der Dampf expandiert und erzeugt somit mechanische Arbeit. An einem angeschlossenen Generator kann diese Arbeit in Strom umgewandelt werden. Nachdem der Wasserdampf die Turbine verlässt, wird dieser in einem Kondensator vollständig kondensiert und zurück zur Speisepumpe geleitet, um den Kreislauf zu schließen. Je nach spezifischen Nutzungsgrund kann zwischen einer Gegendruckturbine und einer Kondensationsturbine gewählt werden. In der Kondensationsturbine wird der Wasserdampf stärker entspannt, wodurch die „Stromausbeute“ erhöht wird. Im Gegensatz dazu kann in der Gegendruckturbine weniger Strömungsarbeit in mechanische bzw. elektrische Arbeit gewandelt werden. Jedoch kann bei dieser Turbine der Abdampf, durch einen Heizkondensator oder durch eine direkte Verwendung, als Nutzwärme dienen.

Die Technologie des Dampfkraft-Prozesses wird am häufigsten zur Stromerzeugung aus Abwärme eingesetzt. Ab einer Abwärmtemperatur von ca. 350°C gilt der Dampfkraft-Prozess als effizienteste Option zur Abwärmeverstromung (vgl. Hirzel et al. 2013). Jedoch begrenzt das eingesetzte Arbeitsmittel die Anwendbarkeit bei geringeren Temperaturen, da der Wasserdampf bei niedrigen Temperaturen nicht vollständig überhitzen kann. Aus diesem Grund ist der Dampfkraft-Prozess erst bei Temperaturen von etwa 250°C bis hin zu Temperaturen von etwa 540°C anwendbar. Durch diese hohen Temperaturen lassen sich auch hohe elektrische Wirkungsgrade zwischen 25% und 42% erzielen. Dabei betragen die Investitionskosten zwischen 1.100€ und 1.400€ pro Kilowatt installierter Leistung (vgl. Sächsische Energieagentur 2012). Alle nachfolgend angegebenen Preise und Kosten sind als Nettowerte zu verstehen.

2.1.2.2 Organic Rankine Cycle (ORC)

Eine ORC-Anlage ähnelt dem Aufbau eines Dampfkraft-Prozesses. Der entscheidende Unterschied liegt in der Wahl des Arbeitsmittels. Anstelle von Wasser werden bei der ORC-Anlage organische Arbeitsmittel, wie z.B. Kohlenwasserstoffe oder Silikonöle, eingesetzt. Diese Medien haben eine geringere Verdampfungstemperatur als Wasser, weshalb ORC-Anlagen bei geringeren Abwärmemetemperaturen genutzt werden können. So kann diese Technologie bei Abwärmemetemperaturen zwischen 70°C und 350°C eingesetzt werden (vgl. Sächsische Energieagentur 2012). Durch die geringeren Temperaturen kann jedoch nur ein geringer elektrischer Wirkungsgrad zwischen 10% bis 20% erreicht werden (vgl. Wietschel et al. 2010). Als weiterer Unterschied zu dem Dampfkraft-Prozess ist der Thermalölkreislauf zu nennen, der zumeist vor den eigentlichen ORC-Prozess geschaltet wird, um die thermische Energie der Abwärme zu übertragen. Auch deshalb sind ORC-Anlagen mit 3.000€ bis 7.500€ pro Kilowatt installierter Leistung teurer als die Dampfkraft (vgl. Sächsische Energieagentur 2016).

2.1.2.3 Kalina-Prozesse

Der Kalina-Prozess ähnelt ebenfalls dem Aufbau des Dampfkraft-Prozesses bzw. der ORC-Anlage. Im Vergleich zu den beiden anderen Technologien wird bei dieser Technologie kein einzelnes Arbeitsmedium verwendet, sondern ein Gemisch aus Ammoniak und Wasser. Durch das Verhältnis dieser beiden Medien kann die Siedetemperatur gezielt auf individuelle Gegebenheiten angepasst und der Wirkungsgrad somit verbessert werden. Gerade bei niedrigen Temperaturen um die 100°C lässt sich so eine bessere Effizienz erzielen als bei der ORC-Anlage. Grundsätzlich können Abwärmemetemperaturen zwischen 100°C und 200°C durch Kalina-Prozesse zur Verstromung genutzt werden. Jedoch gilt der Aufbau dieses Prozesses durch größere Wärmetauscherflächen und der notwendigen Stofftrennung zwischen Ammoniak und Wasser als aufwendiger als bei der ORC-Anlage. Aus diesem Grund sind bisher nur wenige Pilot-Anlagen weltweit realisiert worden. (vgl. Wietschel et al. 2010)

2.1.3 Technologieüberblick zur Wärmeerzeugung

Bei der Wärmeerzeugung wird die thermische Energie der Abwärme direkt, entweder als Prozesswärme, Heizwärme oder zur Warmwasserbereitstellung, genutzt. Hierbei sind zwei Anwendungsfälle zu unterscheiden. Ist die Temperatur der Abwärmequelle höher als die der Wärmesenke kann die Wärme direkt übertragen werden. Wird bei der Wärmesenke eine höhere Temperatur benötigt, müssen sogenannte Wärmepumpen eingesetzt werden.

2.1.3.1 Direkte Wärmeübertragung

Bei der direkten Wärmeübertragung wird die thermische Energie der Abwärme auf ein kälteres Medium übertragen. Dies erfolgt mit sogenannten Wärmeübertragern, deren Aufbau sich in zwei Prinzipien unterteilen lässt. So kann zwischen Regeneratoren und Rekupe-ratoren unterschieden werden (vgl. Sächsische Energieagentur 2016).

Bei Regeneratoren wird die Energie der Abwärme als Primärmedium zunächst durch eine thermische Masse gespeichert, bevor sie anschließend an ein Sekundärmedium abgegeben wird. Primär- und Sekundärmedium durchströmen folglich abwechselnd das Speichermedium. Durch diese Funktionsweise ähneln Regeneratoren Wärmespeichern, jedoch ist die Zykluszeit wesentlich kürzer. Als Beispiel lässt sich hierbei der Rotationswärmeübertrager nennen, der einen Gas/Gas-Wärmetausch ermöglicht. Dabei wird die Wärme des Abgases im Regenerator zwischengespeichert und nach einer halben Umdrehung an einen anderen

Luftstrom abgegeben. Dieser Wärmeübertrager ist sehr effizient und kann schon bei geringen Abwärmepertemperaturen eingesetzt werden. Auch hohe Abwärmepertemperaturen von bis zu 650°C können durch diesen Übertrager genutzt werden (vgl. Sächsische Energieagentur 2012). Da es zu einem direkten Stoff- und Feuchtigkeitsaustausch der Medien kommt, ist dieser Wärmeübertrager jedoch zumeist nicht für schadstoff- und geruchsbelastete Abluftströme geeignet.

Bei den Rekuperatoren können verschiedene Medien genutzt werden. So kann die Abwärme sowohl an Gasen als auch an Flüssigkeiten übertragen werden. Dies wird durch eine wärmeleitende Fläche ermöglicht, welche die Medien voneinander trennt. Durch die wärmeleitende Fläche des Wärmeübertragers ist die Anlage flexibel skalierbar und wird über die Volumenströme geregelt. Rekuperatoren können nach einer Vielzahl von unterschiedlichen Bauarten unterschieden werden. Hierzu gehören beispielsweise Plattenwärmetauscher, Rohrbündelwärmetauscher, Rippenrohrwärmetauscher, Spiralwärmetauscher, Doppelrohrwärmetauscher und Lamellenwärmetauscher (vgl. Hirzel et al. 2013).

Welche Funktionsweise und welche Bauart der Wärmeübertrager aufweisen sollte, ist individuell abhängig von den physikalischen Charakteristika des Abwärmestroms. Maßgebend sind Aggregatzustand, Temperatur, Druckniveau und Verunreinigung des Eingangs- und Ausgangsmittels sowie die geforderte Leistung (vgl. Sächsische Energieagentur 2012).

2.1.3.2 Wärmepumpen

Wärmepumpen liegen dem Joule-Thomson-Effekt¹ zugrunde, der es ihnen ermöglicht, Wärme entgegen des Temperaturgefälles zu transportieren. Somit kann durch die Technologie Abwärme für Wärmesenken mit höherem Temperaturniveau nutzbar gemacht werden. Das Funktionsprinzip der Wärmepumpen lässt sich zwischen Kompressionswärmepumpen und Sorptionswärmepumpen unterscheiden (vgl. Kaltschmitt et al. 2013).

Der Prozess der Kompressionswärmepumpen kann in vier Schritte unterteilt werden, zwischen denen ein Kältemittel zirkuliert. Zunächst durchläuft das Kältemittel einen Verdampfer. Hier wird die thermische Energie der Abwärme dem Kältemittel zugeführt, wodurch es verdampft. Im zweiten Schritt wird das verdampfte Kältemittel von einem mechanischen Verdichter angesaugt, der durch eine externe Energie, zumeist Strom, betrieben wird. Durch den Verdichter wird das Kältemittel auf ein höheres Druckniveau und, nach dem Joule-Thomson-Effekt, somit auch auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Auf diesem erhöhten Temperaturniveau kann die Energie im dritten Schritt durch einen Kondensator an die Wärmesenke abgegeben werden. Im letzten Schritt wird das Kältemittel durch eine Drossel entspannt, wobei es bis auf Verdampfungstemperatur abkühlt.

Kompressionswärmepumpen erwärmen typischerweise Abwärme mit Temperaturen zwischen -20°C bis 90°C auf bis zu 90°C. Maßgeblich für die Effizienz dieser Anlagen ist die sogenannte Leistungszahl, welche das Verhältnis zwischen nutzbarer Wärmeleistung und eingesetzter elektrischer Energie aufzeigt. In der Praxis lassen sich Leistungszahlen zwischen 3,5 – 6 erreichen. Die Kosten einer Kompressionswärmepumpe belaufen sich auf 100€ bis 350€ pro Kilowatt installierter Wärmeleistung (vgl. Sächsische Energieagentur 2012).

¹ Der Joule-Thomson-Effekt beschreibt die Temperaturänderung eines Gases bei Änderung des vorherrschenden Drucks. Für die meisten Gase gilt unter normalen Bedingungen, dass die Temperatur mit zunehmendem Druck steigt.

Neben der Kompressionswärmepumpe können auch Sorptionswärmepumpen bei der Wärmebereitstellung zum Einsatz kommen. Diese Technologien nutzen anstelle eines mechanischen einen thermischen Verdichter. Das Verhältnis zwischen der Wärmeleistung und dem Energiegehalt der Abwärme, die sogenannte Heizzahl, beträgt 1,3 bis 1,6. Wie bei den Kompressionswärmepumpen können Abwärmepumpen von -20 bis 90°C genutzt werden. Sorptionswärmepumpen lassen sich in Adsorptions- und Absorptionswärmepumpen unterteilen. Die Adsorptionswärmepumpen kosten ca. 1.500€ pro Kilowatt installierter Heizleistung und ermöglichen Vorlauftemperaturen von bis zu 300°C. Die Absorptionswärmepumpen können Vorlauftemperaturen von bis zu 90°C erzeugen und kosten 500-1.200€/kW_{heiz}. Der technische Aufbau der Sorptionswärmepumpen ähnelt den der Sorptionskältemaschinen, die im folgenden Abschnitt beschrieben werden. (vgl. Sächsische Energieagentur 2012)

2.1.4 Technologieüberblick zur Kälteerzeugung

Eine weitere Möglichkeit der Abwärmenutzung stellt die Kälteerzeugung dar. Diese Möglichkeit kann zum Einsatz kommen, wenn der vorhandene Wärmebedarf nicht sinnvoll gedeckt werden kann oder generell kein Wärmebedarf besteht. Die erzeugte Kälte kann entweder als Prozesskälte oder zur Klimatisierung genutzt werden. Dabei sind mit den Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen hauptsächlich zwei unterschiedliche Technologien zu unterscheiden.

2.1.4.1 Absorptionskältemaschinen

Absorptionskältemaschinen haben einen ähnlichen technischen Aufbau wie die zuvor beschriebene Kompressionswärmepumpe. So sind auch hier Verdampfer, Verdichter, Kondensator und Drossel verbaut. Jedoch wird hier zum einen die gewünschte (Kälte-)Leistung am Verdampfer und nicht am Kondensator gewonnen und zum anderen ein thermischer Verdichter eingesetzt. Der thermische Verdichter besteht hauptsächlich aus einem Absorber, einer Pumpe und einem Austreiber. Das zirkulierende Kältemittel wird am Absorber durch ein Lösungsmittel absorbiert und anschließend durch eine Pumpe auf Kondensationsdruck gebracht. Im Austreiber wird daraufhin, durch Zufuhr von Abwärme, das Kältemittel aus der Lösung verdampft, bevor es im Kondensator verflüssigt und in der Drossel entspannt wird. Danach wird das Kältemittel im Verdampfer unter niedrigem Druck verdampft, wodurch Kälte erzeugt wird.

Je nach Einsatz von Kälte- bzw. Lösungsmittel lassen sich so Temperaturen von 0°C bis -30°C erreichen (vgl. Sächsische Energieagentur 2016). Absorptionskältemaschinen können dabei bei Abwärmepumpen zwischen 70°C und 160°C eingesetzt werden (vgl. Sächsische Energieagentur 2016; Hirzel et al. 2013). Das Wärmeverhältnis, also das Verhältnis aus eingesetzter Abwärmeleistung und gewonnener Kälteleistung, schwankt zwischen 0,5 und 0,8. Die Investitionskosten können zwischen 200€ und 1.250€ pro Kilowatt installierter Kälteleistung variieren (vgl. Sächsische Energieagentur 2016).

2.1.4.2 Adsorptionskältemaschinen

Auch die Adsorptionskältemaschinen werden durch den Einsatz eines thermischen Verdichters betrieben. Dies wird hier jedoch nicht durch eine Flüssigkeit, sondern durch ein porösen Feststoff ermöglicht. Dieser Feststoff, zumeist Zeolith oder Silikagel, ist durch die poröse Oberfläche besonders geeignet, um dampfförmige Kältemittel aufzunehmen. Die Funktionsweise dieser Technologie gliedert sich, mit dem Adsorptions- und Desorptionsprozess, in zwei Schritte. Während des Desorptionsprozesses verdampft das Kältemittel durch die Zufuhr von Abwärme. Der freiwerdende Dampf wird an einem Kondensator verflüssigt. Die

Wärme, die bei dieser Verflüssigung entsteht muss über einen Kühler abgeführt werden. In dem Adsorptionsprozess wird daraufhin das verflüssigte Kältemittel wieder verdampft. Die Verdampfung findet bei starkem Unterdruck statt, so dass hierbei Kälte erzeugt werden kann. Abschließend verbindet sich der Dampf wieder mit dem Feststoff.

.....
Arbeitspaket 2: Ist-Analyse
Erschließungsmöglichkeiten
.....

Das Wärmeverhältnis der Adsorptionskältemaschinen beträgt 0,6 bis 0,7 wobei Kühltemperaturen von bis zu 6°C erreicht werden können. Die Anlage kann dabei bei Abwärmemperaturen von 55°C bis 100°C betrieben werden. Die Kosten schwanken zwischen 350€ und 1.500€ pro Kilowatt installierter Kälteleistung. (vgl. Sächsische Energieagentur 2016)

Die Zielstellung ist die Bewertung wirtschaftlicher Grenzfälle. Aus diesem Grund erfolgt die Betrachtung kleintechnischer Anwendungsfälle, da Skaleneffekte wirtschaftliche Hürden aufwerfen. Mit dieser Betrachtung geht einher, dass die Bereitstellung von Endenergie aus der Abwärmenutzung in Relation zum Energiebedarf als eher gering angesehen werden kann. Daher wird ein hoher Abdeckungsgrad angenommen.

2.1.5 Ergebnisse

Im Ergebnis können in dem Unterarbeitspaket die jeweiligen Anforderungen der klassifizierten Abwärmenutzungskonzepte beschrieben werden. Hiermit wird ein Entscheidungsbaum aufgebaut, der die Abwärmenutzungskonzepte beinhaltet. Um den Lösungsraum aufgrund der hohen Komplexität zu reduzieren erfolgt eine Betrachtung von exemplarischen Konstellationen, die auf der einen Seite für die Modellregion von Relevanz sind, andererseits als technisch wirtschaftliche Grenzfälle angesehen werden können.

2.2 Definition generischer Anwendungsfälle

- Abschätzung, inwieweit eine positive Investitionsentscheidung wahrscheinlich ist und Herausarbeitung der notwendigen Voraussetzungen und Grenzen der Realisierung
- Begrenzung des Lösungsraums durch Identifikation von generischen Anwendungsfällen

2.2.1 Vorgehen

Entsprechend der im Entscheidungsbaum (s. Abbildung 15) dargestellten Systematik werden je nach Endenergie Anwendungsfälle definiert, die es zu bewerten gilt. Je nach Anwendungsfall verbinden sich sowohl technische wie auch wirtschaftliche Anforderungen. Dabei wird nachfolgend zwischen außer- und innerbetriebliche Anwendung unterschieden. Innerbetrieblich meint hierbei die Verwendung der Abwärme innerhalb des Produktionsprozesses oder der Arbeitsstätte, in welchem die Abwärme freigegeben wird.

2.2.2 Modelle für Stromanwendungen

Die Stromversorgung stellt ein Produkt mit weitgehend homogenen Eigenschaften dar, womit Qualitätsunterschiede insbesondere auf die Versorgungssicherheit bezogen werden. Diese werden erfasst durch die durchschnittliche Unterbrechungsdauer je angeschlossenen Letztverbraucher nach dem SAIDI (System Average Interruption Duration Index). Auch für Anwendungsfälle der Abwärmenutzung stellt sich daher die Fragestellung, welchen Beitrag zur Stromversorgung Abwärme liefert und welcher Wert der Stromerzeugung beizumessen ist.

Daher konzentriert sich die Unterscheidung für die der Strombereitstellung zu betrachtenden Anwendungsfälle nach wirtschaftlich-rechtlichen Modellen. Es kann sicherlich keine vollumfängliche Wiedergabe der unterschiedlichen Modelle und deren Unterformen erfolgen, sondern es wird die grundlegende Unterscheidung dargestellt.

Als innerbetrieblicher Anwendungsfall ist das **Eigenversorgungsmodell** zu nennen. Dieses wird hinsichtlich der rechtlichen Anforderungen im Teil 3 beschrieben. Aus wirtschaftlicher Sicht zielen Eigenversorgungsmodelle stromseitig darauf ab, eine (teilweise) Befreiung von der EEG-Umlage (und weiterer Strompreisbestandteile) zu erreichen. Daher verbleibt in diesen Modellen die Betreibereigenschaft regelmäßig bei derjenigen juristischen Person, die auch den (Großteil des) innerhalb des Objektes bzw. der Kundenanlage verbrauchten Stromes bezieht.

Als weitere Unterscheidung werden Stromverwendung innerhalb einer **Kundenanlage** verstanden, die nicht explizit der Eigenversorgung zuzuordnen sind. Als Kundenanlage kann nach der Begriffsbestimmung im Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) eine Energieanlage verstanden werden, die überwiegend zur Energieversorgung eines räumlich zusammengehörenden Gebietes dient. Für den vom Anlagenbetreiber innerhalb eines Objektes an Endkunden gelieferten Strom muss somit in jedem Falle die EEG-Umlage abgeführt werden, während weitere Umlagen ggf. eingespart werden können. Hinsichtlich der Unterscheidung nach außer- oder innerbetrieblichen Abwärmenutzungskonzepten ist das Kundenanlage-Modell nicht eindeutig. Daher sind beide Konzepte möglich.

Als außerbetrieblicher Anwendungsfall ist dahingegen die **Stromeinspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung** (Netzeinspeisung) abzugrenzen. Die Stromerzeugung fließt

entweder in die Stromvermarktung des am Standort befindlichen Erzeugungsportfolios mit ein oder wird durch externe Vermarkter veräußert, die hierfür entsprechende Ausgleichsleistungen für die Dienstleistung erhalten.

In der Realität tritt eine Mischung der Anwendungsfälle auf, da die Stromerzeugung ggf. nicht vollständig vom Verbraucher aufgenommen werden kann. Daher ist die Stromerzeugung durch Abwärme hinsichtlich der Anwendungsfälle nicht klar klassifizierbar und eine markt- und branchenbezogene Betrachtung erforderlich, um den Wert der Abwärmestromerzeugung zu erfassen.

Dazu sind die marktbezogenen Entwicklungen und auch (regionale) branchenspezifische Anwendungsfälle zu betrachten.

Die Grundlage der Bewertung der Anwendungsfälle bilden verbrauchsgruppenabhängige Energiepreise für das Bundesland Baden-Württemberg. Neben den vorwiegend mittelständischen Industrie- und Gewerbeunternehmen sind in Baden-Württemberg auch einzelne große energieintensive Unternehmen vertreten. Die Unterscheidung der Verbrauchsgruppen anhand der Energiekosten ist ein zentraler Aspekt der im Verlauf folgenden Bewertung.

Allgemein lässt sich seit der Strommarktliberalisierung im Jahr 1998 ein kontinuierlicher Anstieg der Energiepreise, durch die stetige Anhebung staatlich verursachter Strompreisbestandteile, über alle Verbrauchsgruppen feststellen. Im Zeitraum zwischen 1998 und 2017 erhöhte sich dieser staatliche Anteil um den Faktor 48 (vgl. Leipziger Institut für Energie GmbH 2018). Besonders betroffen hiervon sind, durch den starken Anstieg der EEG-Umlage, die privaten Haushalte, der Handel und das Gewerbe. Die staatlich verursachten Preisbestandteile für die einzelnen Verbrauchergruppen setzen sich, wie in der Abbildung 16 aufgeführt, aus einer Vielzahl von Steuern, Umlagen und Abgaben zusammen. Den Industriekunden² in Deutschland kostet dabei die Kilowattstunde elektrische Energie inkl. Steuern, Abgaben und Umlagen im Jahr 2017 durchschnittlich 17,07 ct. Demgegenüber kostet der Energiebezug der stromkostenintensiven Industrie³ im Mittel nur 5,36 ct/kWh. Der Anteil der Energiekosten, der dabei auf staatlich verursachte Bestandteile entfällt, liegt bei nicht-stromkostenintensiven Unternehmen und den Haushalten im Durchschnitt bei über 50 Prozent.

² Energieabnahmemenge von 160 bis 20.000 kWh/a und mittelspannungsseitiger Versorgung.

³ Bezug an elektrischer Energie von über 1 GWh/a und umfassender Begünstigung bei Steuern, Umlagen und Abgaben aufgrund eines hohen Anteils an Stromkosten.

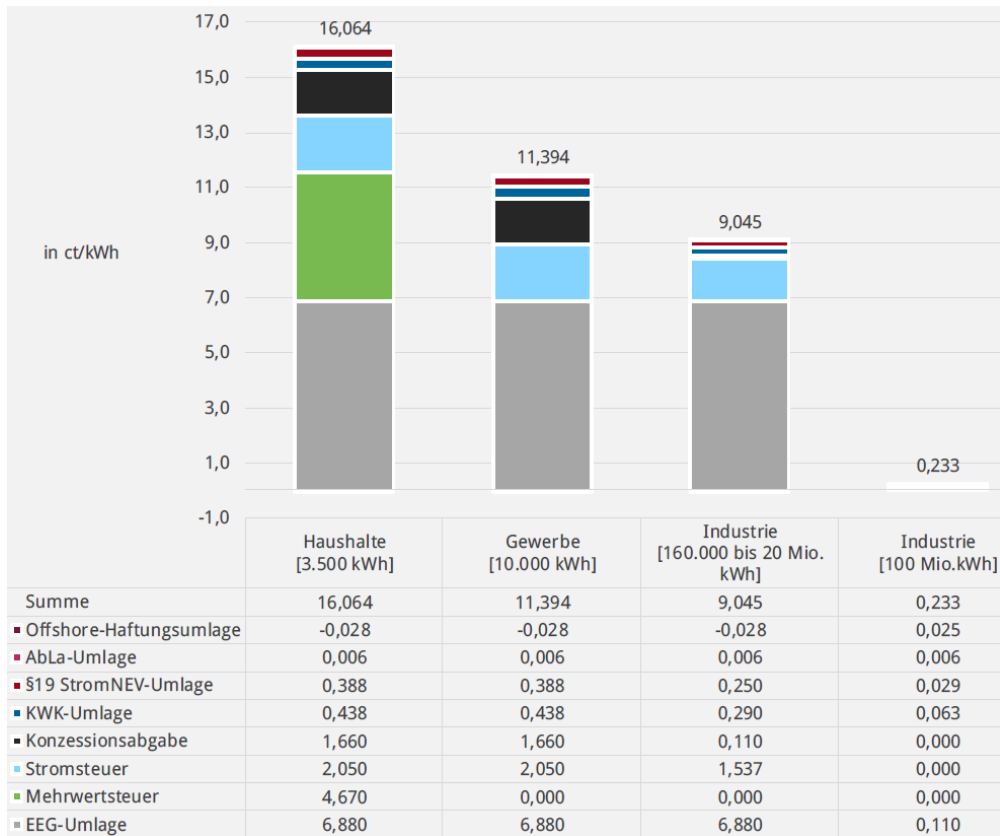


Abbildung 16: Steuern und Abgaben auf Strom nach Verbrauchergruppen 2017 (vgl. Leipziger Institut für Energie GmbH 2018)

Dabei werden die von den Unternehmen zu zahlenden Energiepreise im Wesentlichen von den Energieabnahmemengen beeinflusst. Durch Minderungs- oder Befreiungstatbestände ist es bspw. für stromkostenintensive Unternehmen möglich, eine Reduktion der staatlich verursachten Preisbestandteile auf rund 4,5 Prozent zu erreichen (vgl. Leipziger Institut für Energie GmbH 2018). Weiterhin bestehen geringfügige regionale Unterschiede aufgrund der verschiedenen Unternehmensstrukturen. Die Bandbreite der Energiekosten über alle in Abbildung 17 aufgeführten Verbrauchsgruppen in Baden-Württemberg reicht von 7,6 ct./kWh bis 22,8 ct./kWh.

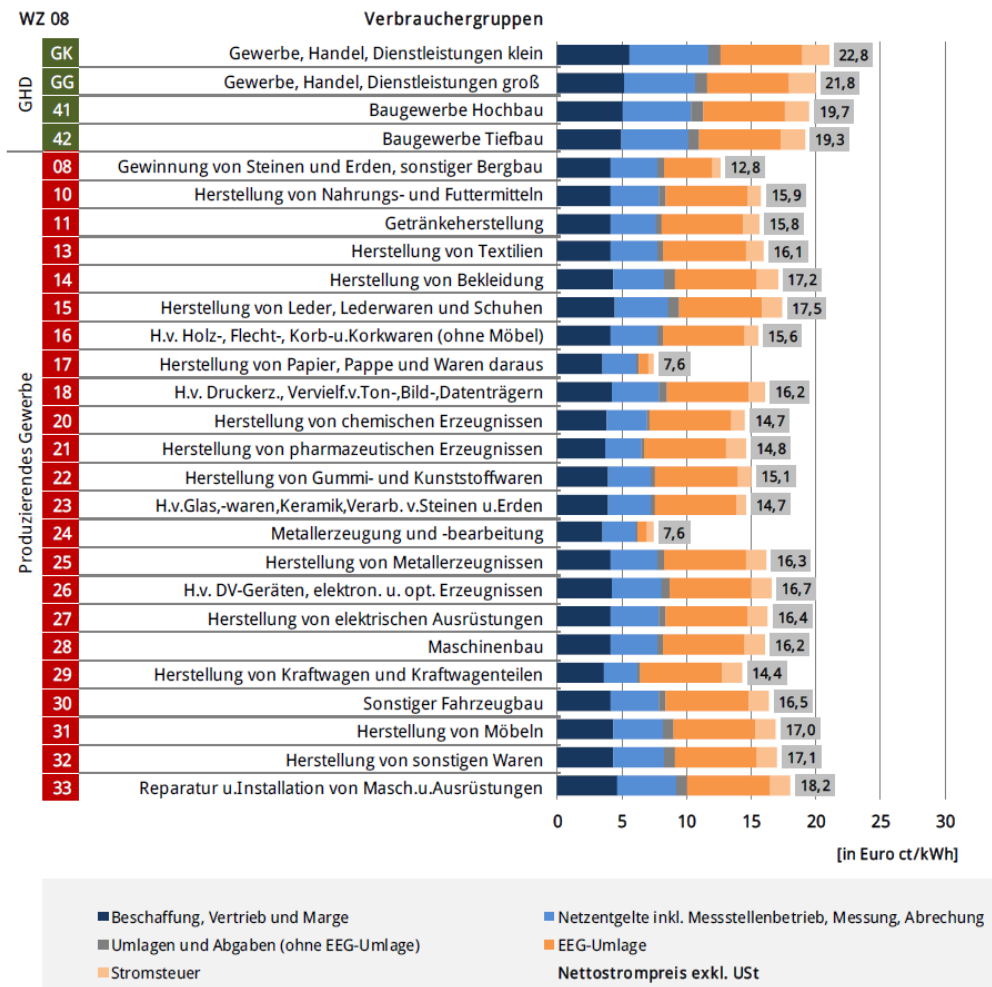


Abbildung 17: Nettostrompreis für durchschnittliche Verbraucher in Baden-Württemberg 2016 (vgl. Leipziger Institut für Energie GmbH 2018)

Aus der Tabelle 13 geht hervor, dass der Großteil der Verbrauchsgruppen in Baden-Württemberg nicht von den Minderungs- oder Befreiungstatbeständen zur Reduktion der staatlich induzierten Preisbestandteile profitiert. Im Wesentlichen profitieren nur die Verbrauchsgruppen

- WZ 08 - Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau
- WZ 17 - Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
- WZ 24 - Metallerzeugung und -bearbeitung

von einer umfangreichen Entlastung, insbesondere durch die Reduktion der Stromsteuer und der EEG-Umlage.

Um den unterschiedlichen Energiepreisen Rechnung zu tragen, werden die Verbrauchsgruppen nach Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) sowie produzierendes Gewerbe unterschieden. Das produzierende Gewerbe unterteilt sich, wie nachfolgend dargestellt, weiter nach der Energieintensität. Die in der Tabelle aufgeführten Mittelwerte des Energiepreises dienen dabei als Grundlage für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit verschiedener Anwendungsfälle.

Zur Ermittlung der eingesparten Bezugskosten wurde für verschiedene Industrien ein Bezugspreis Strom nach Clustern gewählt. Dabei wurden folgende Cluster unterschieden.

Tabelle 13: Strombezugspreise nach Clustern (netto)

Cluster	Preis [ct/kWh]	von	bis
A: Produzierendes Gewerbe mit niedrigen Strompreisen	7,6		
B: Produzierendes Gewerbe mit hohen Strompreisen	15,5	12,8	18,2
C: Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	21,05	22,8	19,3

Durch die Zuordnung der Anwendungsfälle zu den aufgeführten Clustern und den damit einhergehenden durchschnittlichen Energiekosten, lässt sich den ermittelten Potenzialen anschließend ein monetärer Wert zuordnen.

2.2.3 Modelle für die Wärmeerzeugung

Das Produkt „Wärme“ weist im Unterschied zur Strombereitstellung verschiedene Merkmale auf, die eine Klassifikation nach technischen Anwendungsfällen begründet. Der Wert der Wärmelieferung wird bemessen anhand des Temperaturniveaus, Reinheitsanforderungen des Wärmeträgers, Verfügbarkeit und weiterer Unterscheidungsmerkmale.

Wärme auf einem hohen Temperaturniveau mit einem entsprechend großen Exergieanteil kann vielseitig eingesetzt werden und hat somit einen hohen (ökonomischen) Wert. Häufig wird sie dadurch als latente Wärmequelle für **Prozessdampf** genutzt, um den Wärmebedarf in Produktions- und Verarbeitungsprozessen abzudecken. Dabei erfolgt mitunter eine Verunreinigung des Dampfes, so dass kein Kondensat rückgeführt werden kann und vollständig durch Zusatzwasser ersetzt werden muss. Für Industrieprozesse sind geforderte Reinheiten des Dampfes von hoher Relevanz, sofern ein direkter Kontakt zum Produkt besteht. Der Wärmelieferant übernimmt somit nicht nur die Aufgabe des Energielieferanten, sondern ebenfalls die Entsorgungsaufgabe der verunreinigten Abwässer.

Ebenfalls im offenen Verteilungsprozess (d.h. es erfolgt keine oder lediglich anteilige Rückführung des Wärmeträgers) erfolgt die **Warmwasserbereitstellung** durch Wärmeübertrager. Hierbei sind insbesondere Hygieneanforderungen zu beachten. Auch hier ist das Brauchwasser zu entsorgen. Neben der Warmwasserbereitstellung ist die Bereitstellung von **Heizwärme** zu berücksichtigen. Dabei erfolgt im Regelfall keine Verunreinigung des Wärmeträgers, was in den technischen Anschlussbedingungen geregelt wird, da ein geschlossener Verteilungsprozess vorliegt.

Nachfolgend wird sowohl unter der Warmwasser- wie auch Heizwärmebereitstellung eine lokale Abdeckung von Wärmesenken verstanden. Die bisher dargestellten Anwendungsfälle der Wärmebereitstellung lassen keine außer- und innerbetriebliche Unterscheidung zu.

Als außerbetrieblicher Anwendungsfall wird dahingegen die Bereitstellung von **Fernwärme** verstanden. Durch die Fernwärme werden wiederum verschiedene lokale Verbraucher etwa mit Heizwärme und Warmwasser versorgt. Historisch erfolgte die Dampferzeugung ebenfalls zur Fernwärmeversorgung. Dies ist von geringer Relevanz und wird für die Modellregion nicht weiter betrachtet. Dahingegen existiert eine Vielzahl verschiedener Wärmenetze, die die Wärmeverteilung über Heizwasser realisieren. Für den Anwendungsfall Fernwärme ist die Rolle des Wärmenetzbetreibers herauszuheben, da mit hohen durch-

schnittlichen Leitungslängen ein signifikanter wirtschaftlicher Beitrag durch den Wärmereferenznetzbetreiber geleistet werden muss. Auf der anderen Seite ist das Wärmenetz unverzichtbar, da dieses wertermöglichend ist.

Für die Anwendungsfälle der Wärmeerzeugung wird demnach die Unterscheidung nach Heizwärme-, Warmwasser-, Fernwärme- und Prozessdampfbereitstellung verwandt. Dies findet sich auch in rechtlichen Begriffsbestimmungen wieder.

Für die Wärmebereitstellung können eine Vielzahl von Technologien in Betracht gezogen werden. Da deren Recherche nicht Zielstellung zur Beantwortung der Fragestellung in der vorliegenden Studie ist, wird ein konservativer Ansatz gewählt. In diesem Ansatz wird auf eine Referenztechnologie abgestellt, die dem gegenwärtigen Stand der Technik entspricht.

Anhand von technischen Pauschalwerten können die abnahmeseitigen Anforderungen abgebildet werden, die die Referenztechnologie (und die technische Auslegung der Abwärmequelle) beeinflussen. Die nachstehende Tabelle stellt die angesetzten Parameter dar. Dabei wird die Eintritts- und Austrittstemperatur (T_{ein} und T_{aus}) des Wärmeträgers, die Netzverluste (η_{Netz}) und der angenommene Referenzwirkungsgrad der verdrängten Erzeugungsanlage (η_{Verdr}) dargestellt.

Tabelle 14: Technische Parameter der Wärmeanwendungen (bei Erdgaseinsatz)

Verwendung	T_{ein}	T_{aus}		η_{Netz}	η_{Verdr}
Heizwärme	35	65	°C	7%	92%
Warmwasser	10	65	°C	5%	92%
Fernwärme	60	110	°C	10%	92%
Prozessdampf	10	150	°C	12%	87%

Die dargestellten Referenzwirkungsgrade entsprechen dem gegenwärtigen Stand der Technik bei einer hypothetischen Neuerrichtung. Für bestehende Anlagentechnik liegen aufgrund veralteter Anlagentechnik, Verwendung weiterer Brennstoffe und weiteren Einflussgrößen zumeist geringere Wirkungsgrade vor. Daher erfolgt bei Verwendung dieser Wirkungsgrade tendenziell eine Unterschätzung des Brennstoffeinsatzes durch die Referenztechnologie. Insgesamt wird die Abweichung hieraus jedoch als vertretbar angesehen.

Der resultierende Brennstoffpreis für Erdgas (netto) wird anhand von Marktdaten wie folgt ermittelt:

Tabelle 15: Abschätzung des Bezugspreises Gas

Beschaffung-Stichtag	Gas	25.06.2018
Termingeschäft - Gasfuture	NCG	2019
Wert	20,43	€/MWh
Zusammensetzung Gaspreis		
Energiepreis	20,43	€/MWh
Dienstleistungsaufschläge	1,00	€/MWh
Netznutzungsentgelte	2,17	€/MWh
Konzessionsabgabe	0,30	€/MWh
Energiesteuer	5,50	€/MWh
Resultierender Gaspreis	29,40	€/MWh

Mit Marktpreisen und Preisprognosen für den Brennstoffeinsatz kann durch Verwendung von Referenzwirkungsgraden in Abhängigkeit vom Brennstoffeinsatz die Spreizung möglicher Wärmepreise „frei Kraftwerk“ aufgezeigt werden. Mögliche Emissionskosten werden in den Brennstoffkosten zunächst nicht berücksichtigt. Weiterhin ist zu beachten, dass die berechnete Preishöhe einen indikativen Charakter aufweist, da keine Vollkostenrechnung verwandt wird.

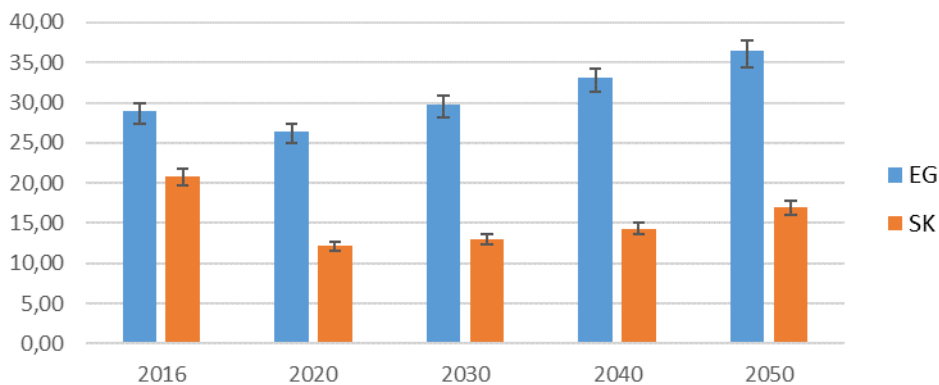


Abbildung 18: Prognose von Wärmepreisen (vgl. Statista 2018)

Da Preisprognosen für Erdgas (EG) und Steinkohle (SK) mit Unsicherheiten behaftet sind, wird auf deren Verwendung verzichtet. Vielmehr wird das gegenwärtige Preisniveau beibehalten, um damit die Aussagekraft zu erhöhen.

2.2.4 Modelle zur Kälteerzeugung

Bei Kälteerzeugung kann ebenfalls nach Temperaturniveaus unterschieden werden. In ähnlicher Methodik wie für die Wärmeerzeugung ist eine Referenztechnologie zu bestimmen. Wie bereits im vorherigen Teil beschrieben, wird die Leistungszahl (ϵ_k) verwendet, um die Effizienz eines Prozesses zur Kälteerzeugung in Abhängigkeit von der Verdampfungs- (T_o) und Verflüssigungstemperatur (T_c) zu beschreiben.

Tabelle 16: Leistungszahlen von Kälteanlagen (vgl. Müller 2008)

Anwendung	T_o	T_c	ϵ_k
Klimakälte	+1 °C	+ 35 °C	4,16
Kühlanlagen	-10 °C	45 °C	2,40
Tiefkühlanlage	-35 °C	40 °C	1,41

Die Auswahl einer Referenztechnologie ist nicht wie in Anwendungsfällen zur Wärmeerzeugung mit technischen Systemen mit ähnlichen Eigenschaften zu beschreiben. Der Energieaufwand, um den benötigten Nutzen bereitzustellen, hängt im wesentlich höheren Maße von dem Anwendungsfall und der verwandten Technologie ab.

Weiterhin unterliegt der Stromeinsatz in der Kälteanlage, wie bereits ausgeführt, einer wesentlich höheren Schwankungsbreite. Es können verschiedene rechtliche Modelle genutzt werden, um die Stromkosten zu reduzieren (vgl. Teil 2.2.2).

Dabei ist je nach Herkunft der zur Kälteerzeugung benötigten Strommengen ein hoher Einfluss auf den Strompreis festzustellen. Bei einer bestehenden Eigenerzeugung sind unter Umständen lediglich die Grenzkosten einer erdgasgetriebenen Stromerzeugungsanlage als unterer Grenzwert anzusehen. Würden nun die Voraussetzungen zur Eigenversorgung nicht erfüllt, ist weiterhin die Stromverwendung innerhalb einer räumlich klar beschränkten Kundenanlage möglich. Damit fallen zwar weitere Strompreisbestandteile an aber gegenüber dem Strombezug aus dem Netz der allgemeinen Versorgung kann weiterhin eine Reduktion der Stromkosten erreicht werden. Letzteres kann somit als oberer Grenzwert angesehen werden.

Tabelle 17: Größenordnungen von Strompreisen zur Kälteerzeugung

Grenzkosten Eigenerzeugung (aus Erdgas)	45 €/MWh
Stromverwendung innerhalb einer Kundenanlage	113 €/MWh
Strombezug aus dem Netz der allgemeinen Versorgung	155 – 180 €/MWh

Anhand der aufgezeigten Varianz der Strompreise wird deutlich, dass die Bestimmung von Kältepreisen als Referenzmaßstab stark einzelfallabhängig ist. Auf Bildung und Nutzung eines Benchmarks für die Kälteerzeugung wird verzichtet, da hierdurch signifikante Ungenauigkeiten in den quantitativen Analysen und hieraus abzuleitenden Aussagen entstehen.

2.2.5 Ergebnisse – definierte Anwendungsfälle

Im Ergebnis kann in dem Arbeitspaket eine effektive Reduktion des Lösungsraums erreicht werden. Folgende Anwendungsfälle werden nachfolgend vertieft quantitativ analysiert. Die folgenden Anwendungsfälle werden mit den zuvor ausgeführten energiewirtschaftlichen und –technischen Parametern weiterentwickelt.

Kurzname	Beschreibung	Beispiel
Warmwasser	<ul style="list-style-type: none"> - Innerbetriebliche Bereitstellung von Warmwasser als Brauchwasser (aus Brunnenwasser) - Berücksichtigung von Anwendungsfällen mit und ohne Wärmespeicher 	<ul style="list-style-type: none"> - niederkalorischen Abwärmequelle etwa aus einem Papierherstellungsprozess (Trockenpartie der Papier-/Streichmaschine) - Verwendung zur Warmwasseraufbereitung für den Produktionsprozess
Prozesswärme	<ul style="list-style-type: none"> - Außerbetriebliche Bereitstellung von Prozesswärme (aus Brunnenwasser) ohne Kondensatrückführung (offenes System) 	<ul style="list-style-type: none"> - Chemische Grundstoffherstellung gibt Abwärmestrom ab - Prozessdampfauskopplung zum nachgelagerten Weiterverarbeitungsprozess der Erzeugnisse
Fernwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Außerbetriebliche Bereitstellung von Fernwärme unter Berücksichtigung des Rücklaufs (geschlossenes System) 	<ul style="list-style-type: none"> - Zementherstellung mit verschiedenen Abwärmequellen (Drehrohrofen und Zementklinker) - Wärmeauskopplung in ein Fernwärmenetz zur Versorgung von Siedlungsgebieten
KWK-Strom	<ul style="list-style-type: none"> - Innerbetriebliche gekoppelte Bereitstellung von Strom und Wärme in einem Dampfkraftprozess - Heizwärme wird zurückgeführt (geschlossenes System) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hochkalorische Abwärmequelle z.B. ebenfalls aus der Zementherstellung oder Metalherstellung oder –gießerei - Verstromung in einem dampfkraftgetriebenen Prozess
Strom	<ul style="list-style-type: none"> - Ungekoppelte Stromerzeugung in einer Kondensations-turbine in einem Dampfkraftprozess 	

2.3 Entwicklung eines techno-ökonomischen Modells

- Technische Auslegung der Hauptkomponenten der zuvor definierten Anwendungsfälle, die zur Erschließung der Abwärmequelle erforderlich ist
- Abschätzung der Investitionskosten für Haupt- und Nebenanlagen zur Überführung in einen Business-Case
- Darstellung der Methodik zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

2.3.1 Vorgehen zur Bestimmung des Investitionsvolumens

Um die Abwärmenutzung zur Bereitstellung von Wärme und Strom abzubilden, ist die technische Dimensionierung im Sinne einer „Grobauslegung“ erforderlich. Nachfolgend ist eine Zusammenfassung der Inputparameter hinsichtlich des vorhandenen industriellen Abwärmepotenzials eines Anwendungsfalls für die Grobauslegung dargestellt.

Tabelle 18: Abwärmequelle - Zusammenfassung eines Anwendungsfalls

Position	Einheit	Wert
Abwärme-Medium		Abgas
Temperatur Abwärme vor WT	°C	564
Abwärmeleistung	MW	2,62
Abwärmeenergie	MWh/a	9.222
Prozess-Typ	Kontinuierlich	
Stunden pro Werktag	h	14
Werktage pro Woche	h	5
Stunden pro Jahr	h	3.524
Temperatur Abwärme nach WT	°C	135
Nutzbare Abwärmeenergie (bis zum kritischen Kondensationspunkt)	MWh/a	7.479

Exemplarisch wird nachfolgend die Methodik anhand des als technisch komplex anzusehenden Anwendungsfalls zur Stromerzeugung beschrieben. Für die Stromerzeugung sind im Wesentlichen die Hauptkomponenten Dampferzeuger, Dampfturbine und Heizkondensator erforderlich.

Ausgehend von der physikalischen Charakteristik der Abwärmequelle sind zunächst Festlegungen für das Anlagendesign zu treffen. So ist bei Stromanwendungen zu beschreiben welche Technologie der Komponente zur Stromerzeugung verwendet wird. Aufgrund des im Fallbeispiel dargestellten hohen Temperaturniveaus kann ein Dampfkraftprozess in Betracht gezogen werden, wobei eine Gegendruck-Dampfturbine ausgewählt wird. Die Anlage

kann somit im KWK-Prozess betrieben werden. Mit der Festlegung der Art der Wärmesenke der durch die KWK-Anlage abgebbaren Nutzwärme verbinden sich weitere Anforderungen an die prozessinternen Parameter. Etwa ist die Speisewassermenge so einzustellen, dass die thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten eingehalten werden. Als Designvorgaben für den Kreisprozess zur Stromerzeugung werden die Speisewassertemperatur und -druck vor Eintritt in den Dampferzeuger vorgeben, dazu werden aus der Kraftwerkstechnik übliche Werte verwandt (vgl. z.B. Strauß Kraftwerkstechnik). Weiterhin wird eine minimale Temperaturspreizung vorgegeben, die bei Wärmeübertragern einzuhalten ist.

Abwärmequelle		
Eintritt Abgaswärmestrom	T_ein,abw	564 °C
Austritt Abgaswärmestrom	T_aus,abw	135 °C
Volumenstrom Abgas	V_abw	13.648 m ³ /h
Wärmeübertragung in WK		
Massenstrom SpWa	m_spwa	1 kg/s
Eintrittstemperatur SpWa	T_ein,spwa	50 °C
Eintrittsdruck SpWa	p_ein,spwa	40 bar
min. Temperaturspreizung	dT_min	15 K
	T_aus,wü1	250 °C
	dT_hi,vw	9 K
	dT_hi,ue	23 K

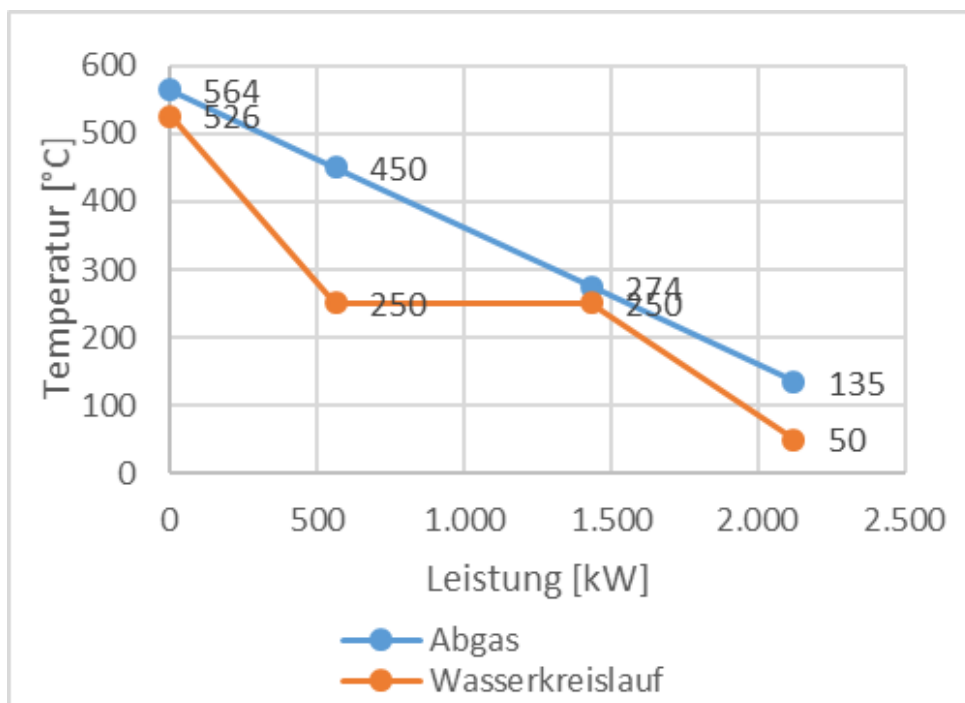


Abbildung 19: Beispielrechnung zur Dimensionierung eines Wärmeübertragers

Ziel ist auf Grundlage der energetischen Analyse unter Berücksichtigung der Temperaturniveaus die Wärmeübertragerflächen im Dampferzeuger zu berechnen. Dazu sind weiterhin aus Literaturwerten Wärmedurchgangskoeffizienten (vgl. Verein Deutscher Ingenieure 2013) anzugeben, die unter Verwendung der logarithmischen Temperaturdifferenzen die Berechnung der Wärmeübertragerflächen des Vorwärmers, Verdampfers und Überhitzers ermöglichen. Anhand von Richtpreisfunktionen der Wärmeübertragerfläche können die Investitionen für den Dampferzeuger bestimmt werden.

Im Anschluss an die technisch-wirtschaftliche Abbildung des Dampferzeugers erfolgt die Bestimmung der technischen Eigenschaften der Dampfturbine. Hierzu wird anhand der Frischdampfparameter des Dampferzeugers und des zur Nutzwärmebereitstellung benötigten Zustands des Abdampfs die Strömungsarbeit der Dampfturbine bestimmt und über eine wirkungsgradbezogene Betrachtung auf die elektrische Bruttoleistung der Dampfturbine umgerechnet. Über einen Pauschalwert zur Abschätzung des elektrischen Eigenbedarfs wird somit die elektrische Nettoleistung der Dampfturbine bestimmt. Dabei stellt die elektrische Bruttoleistung, die für die Abschätzung der Investitionen der Dampfturbine wesentliche technische Kennzahl dar.

Im Anschluss an die Verstromung des Dampfes erfolgt die Kondensation in einem sogenannten Heizkondensator. Durch den aus der Dampfturbine austretenden Dampf sind die Anforderungen an die bereitzustellende Wärme hinsichtlich des geforderten Temperaturniveaus einzuhalten. In Anlehnung an den Rechenweg zur Bestimmung der Wärmeübertragerfläche des Dampferzeugers können sodann die Investitionen für den Heizkondensator bestimmt werden.

Ebenfalls denkbar wäre es, den Prozess so zu konzeptionieren, dass eine ungekoppelte Stromerzeugung vorliegt. Somit würde auf die Nutzwärmebereitstellung verzichtet, um den Dampf weiter zu entspannen, damit sich die elektrische Leistung erhöht. Anstelle des Heizkondensators wäre ein Kondensator mit einer zugehörigen Kühleinrichtung erforderlich, wohingegen der Anschluss ein Wärmenetz nicht notwendig wäre.

Ausgehend von dem beschriebenen vergleichsweise komplexen Anwendungsfall kann die Methodik adaptiert werden, um Wärme- und Kälteanwendungen unter Vereinfachung des Rechenmodells darzustellen. Die Vereinfachung folgt, da mitunter eine geringere Anzahl oder weniger komplexe Hauptkomponenten erforderlich sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird nachfolgend nicht jeder Anwendungsfall detailliert beschrieben.

Herausgestellt wird, dass im Rahmen der Grobauslegung für jeden Anwendungsfall die wesentlichen technischen Anlagenkomponenten dimensioniert sowie die resultierenden Energieflüsse hinsichtlich der physikalisch-technischen Parameter bestimmt werden.

Aus der zur Verfügung stehenden Abwärmeleistung wurde über entsprechende Annahmen bezüglich der zeitlichen Verfügbarkeit, die potenziell nutzbare Abwärmemenge vor der Übergabe an weitere Nutzer abgeleitet. Durch die Berücksichtigung verschiedener Leitungsverluste kann nun je nach Anwendungsfall die tatsächlich an der Übergabe an den Nutzer bereitgestellte nutzbare Wärme bzw. elektrische Energie ermittelt werden.

Nachfolgend sind die für die Wirtschaftlichkeit relevanten Parameter der Grobauslegung zusammengefasst.

Tabelle 19: Grobauslegung Zusammenfassung

Position	Einheit	Wert	Kommentar
Kurzname		KWK-Stromerzeugung	Gekoppelte Bereitstellung von Strom und Wärme; Heizwärme (HW) d.h. HW wird zurückgeführt und auf 65°C auftemperiert (geschlossenes System)
Nutzwärme vor Übergabe	MWh/a	6.444	berechnet über Zeit und Leistung (Grob- auslegung)
Thermische Nutzleistung	kW	1.829	Aus Grobauslegung: nach Verlusten WT, Berechnung über Tool Grobauslegung (Wärmemengenströme)
Elektrische Nutzarbeit vor Übergabe	MWh/a	680	berechnet über Zeit und Leistung (Grob- auslegung)
Elektrische Nutzleistung	kW	193	Aus Grobauslegung: nach Verlusten WT (Wärmemengenströme)
Nutzungsdauer	h/a	3.524	Aus Typausleitung
Thermische Leitungsverluste	MWh/a	451,1	
Thermische Leitungsverluste	%	7%	Verluste bis zur Übergabe nach Speicher
Elektrische Leitungsverluste	MWh/a	13,6	
Elektrische Leitungsverluste	%	2%	Verluste bis zur Übergabe (Generatorverluste)
Nutzbare Wärmeenergie	MWh/a	5.993	final bereitgestellte Nutzwärme an der Übergabe (Heizung, WW, Turbine) aus Grobauslegung
Nutzbare elektrische Energie	MWh/a	666	final bereitgestellte elektrische Nutzarbeit an der Übergabe aus Grobauslegung

Wie bereits ausgeführt, bestimmen die technischen Eigenschaften der Hauptkomponenten die Höhe der Investitionen. Um die Investitionen für die Vielzahl verschiedener Anwendungsfälle abzuschätzen, werden Richtpreisfunktionen verwandt. Über anschließend ange-setzte prozentuale Aufschläge können übergeordnete Kosten, wie etwa Planungsleistungen berücksichtigt werden. Nachfolgend erfolgt eine Darstellung der Richtpreisfunktionen zur Bewertung des Beispiels für die Stromerzeugung im KWK-Prozess.

2.3.2 Richtpreise für die Hauptkomponenten

Die folgende Auflistung gibt einen Überblick zur Bestimmung des Investitionsvolumens für die abgebildeten technischen Hauptkomponenten.

Wärmeübertrager																																	
Einflussfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> - (Basis-)Kostenfunktion abhängig von Wärmeübertrager-Fläche (€/m²) - Weitere Faktoren: zulässiger Druck, Material aufgrund korrosiver Bestandteile, Material Isolierung 																																
Richtpreisfunktion	<p>The graph plots the unit price (€/m²) on the y-axis against the heat exchanger area (m²) on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 1400 with major ticks every 200 units. The x-axis ranges from 20 to 300 with major ticks every 20 units. A blue curve starts at approximately (20, 1100) and decreases rapidly, leveling off as it approaches 300 m². Key data points from the curve are summarized in the table below:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Area (m²)</th> <th>Unit Price (€/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>1100</td></tr> <tr><td>40</td><td>700</td></tr> <tr><td>60</td><td>550</td></tr> <tr><td>80</td><td>480</td></tr> <tr><td>100</td><td>430</td></tr> <tr><td>120</td><td>400</td></tr> <tr><td>140</td><td>380</td></tr> <tr><td>160</td><td>360</td></tr> <tr><td>180</td><td>350</td></tr> <tr><td>200</td><td>340</td></tr> <tr><td>220</td><td>330</td></tr> <tr><td>240</td><td>325</td></tr> <tr><td>260</td><td>320</td></tr> <tr><td>280</td><td>315</td></tr> <tr><td>300</td><td>310</td></tr> </tbody> </table>	Area (m ²)	Unit Price (€/m ²)	20	1100	40	700	60	550	80	480	100	430	120	400	140	380	160	360	180	350	200	340	220	330	240	325	260	320	280	315	300	310
Area (m ²)	Unit Price (€/m ²)																																
20	1100																																
40	700																																
60	550																																
80	480																																
100	430																																
120	400																																
140	380																																
160	360																																
180	350																																
200	340																																
220	330																																
240	325																																
260	320																																
280	315																																
300	310																																
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Rohrbündelwärmeübertrager bei 26 bar Betriebsdruck - Korrektur für Economiser aus Edelstahl und Isolierung - Korrekturfaktor für Betriebsdruck 																																

Kondensator																							
Einflussfaktoren	- (Basis-) Kostenfunktion abhängig von Kühlleistung (€/kW)																						
Richtpreisfunktion	$\text{€/}\dot{Q}$ <table border="1"> <caption>Approximate data points for the condenser unit cost graph</caption> <thead> <tr> <th>Cooling Capacity (\dot{Q}) [kW]</th> <th>Unit Cost (€/kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>95</td></tr> <tr><td>100</td><td>65</td></tr> <tr><td>150</td><td>55</td></tr> <tr><td>200</td><td>50</td></tr> <tr><td>250</td><td>48</td></tr> <tr><td>300</td><td>46</td></tr> <tr><td>350</td><td>45</td></tr> <tr><td>400</td><td>44</td></tr> <tr><td>450</td><td>43</td></tr> <tr><td>500</td><td>42</td></tr> </tbody> </table>	Cooling Capacity (\dot{Q}) [kW]	Unit Cost (€/kW)	50	95	100	65	150	55	200	50	250	48	300	46	350	45	400	44	450	43	500	42
Cooling Capacity (\dot{Q}) [kW]	Unit Cost (€/kW)																						
50	95																						
100	65																						
150	55																						
200	50																						
250	48																						
300	46																						
350	45																						
400	44																						
450	43																						
500	42																						
Annahmen	- offener Kühlturm																						

Gegendruck-Dampfturbine																																											
Einflussfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> - (Basis-)Kostenfunktion abhängig von P_{el} (€/kW) - Gegendruck hat Auswirkungen auf das Verhältnis elektr. Leistung/ Wärme und damit auf Invest 																																										
Richtpreisfunktion	$\text{€/}P_{el}$ <table border="1"> <caption>Approximate data points for the backpressure steam turbine unit cost graph</caption> <thead> <tr> <th>Electrical Power (P_{el}) [kW]</th> <th>Unit Cost (€/kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>2800</td></tr> <tr><td>100</td><td>1800</td></tr> <tr><td>150</td><td>1500</td></tr> <tr><td>200</td><td>1350</td></tr> <tr><td>250</td><td>1250</td></tr> <tr><td>300</td><td>1180</td></tr> <tr><td>350</td><td>1120</td></tr> <tr><td>400</td><td>1080</td></tr> <tr><td>450</td><td>1040</td></tr> <tr><td>500</td><td>1000</td></tr> <tr><td>550</td><td>970</td></tr> <tr><td>600</td><td>940</td></tr> <tr><td>650</td><td>910</td></tr> <tr><td>700</td><td>890</td></tr> <tr><td>750</td><td>870</td></tr> <tr><td>800</td><td>850</td></tr> <tr><td>850</td><td>830</td></tr> <tr><td>900</td><td>810</td></tr> <tr><td>950</td><td>800</td></tr> <tr><td>1000</td><td>790</td></tr> </tbody> </table>	Electrical Power (P_{el}) [kW]	Unit Cost (€/kW)	50	2800	100	1800	150	1500	200	1350	250	1250	300	1180	350	1120	400	1080	450	1040	500	1000	550	970	600	940	650	910	700	890	750	870	800	850	850	830	900	810	950	800	1000	790
Electrical Power (P_{el}) [kW]	Unit Cost (€/kW)																																										
50	2800																																										
100	1800																																										
150	1500																																										
200	1350																																										
250	1250																																										
300	1180																																										
350	1120																																										
400	1080																																										
450	1040																																										
500	1000																																										
550	970																																										
600	940																																										
650	910																																										
700	890																																										
750	870																																										
800	850																																										
850	830																																										
900	810																																										
950	800																																										
1000	790																																										
Annahmen	<ul style="list-style-type: none"> - Annahme Frischdampf: 60 bar, 450 °C (Basis) - Korrekturfaktor Gegendruck und Frischdampf - Korrekturfaktor Generatorspannung 																																										

2.3.3 Ermittlung des Investitionsvolumens

Die Höhe der Investition ist maßgeblich von den Anlagenkosten der jeweiligen Hauptaggregate abhängig. Im Rahmen der Grobauslegung wurden für jeden betrachteten Anwendungsfall die wesentlichen Hauptaggregate ermittelt und dimensioniert. Durch entsprechende Kostenfunktionen konnten dann die Basiskosten ermittelt werden. Diese Basiskosten beinhalten zum Teil jedoch nicht immer alle für den Betrieb notwendigen Kostenpositionen. Zur Ermittlung dieser weiteren direkten Anlagenkosten sind individuelle Zuschlagsfaktoren nötig. Im Rahmen dieser Studie wurden dafür branchenabhängige Zuschlagsfaktoren aus der Industrie als Grundlage verwendet (vgl. Lucas et al. 2002). Die direkten Anlagenkosten der verschiedenen Hauptaggregate ergeben sich dann wie folgt:

- Direkte Anlagenkosten = Basiskosten x (1 + \sum Zuschlagsfaktoren)

Um den unterschiedlichen Kostenfunktionen Rechnung zu tragen, wurden zwei Gruppen von Hauptaggregaten gebildet.

Gruppe 1: Kosten inkl. Montage

- Wärmetauscher (Rohrbündel)
- Dampfturbine
- Wärmespeicher

Hauptaggregate der Gruppe 1 beinhalten in der Kostenfunktion bereits die Kosten für Montage und Inbetriebnahme. Hier wurden deshalb nur Zuschlagsfaktoren i.H.v. 20 % für elektrotechnische Einrichtung sowie 58 % für Mess- und Regelgeräte mit dem Prozessleitsystem gewählt. Insgesamt ergibt sich somit für Hauptaggregate der Gruppe 1 ein kumulierter Zuschlag auf die Basiskosten von 78 %.

Demgegenüber stehen Hauptaggregate der Gruppe 2: Kostenzuschläge

Gruppe 2: Kosten über Zuschläge

- Kondensator
- Absorptionskälteanlage
- Dampferzeuger
- Generator

Tabelle 20: Zuschlagsfaktoren für Hauptaggregate der Gruppe 2

Zuschlagsfaktoren (Gruppe2)	205%
Montage der Hauptaggregate	9%
Rohrleitungen und Armaturen	31%
Montage von Rohrleitungen und Armaturen	50%
Isolierung, Anstrich	14%
Elektrotechnische Einrichtung	20%
Montage elektrotechnischer Einrichtungen	13%

Mess- und Regelgeräte mit PLS	58%
Montage Mess- und Regelgeräte mit PLS	10%

Es ergibt sich somit für Hauptaggregate der Gruppe 2 ein kumulierter Zuschlagsfaktor von 205 % auf den Basispreis.

Die direkten Anlagenkosten für jeden Anwendungsfall ergeben sich nun aus den direkten Anlagenkosten der Gruppe 1 und der Gruppe 2.

Um einer konservativen Ermittlung der Investitionskosten Rechnung zu tragen, wurden anschließend basierend auf den direkten Anlagenkosten noch Zuschläge für Planung und Abwicklung (20 %) sowie für Unvorhergesehenes (10 %) berücksichtigt.

Zusammenfassend soll nachfolgend die Ermittlung der Investitionssumme exemplarisch für den Anwendungsfall zur KWK-Stromerzeugung dargestellt werden.

Tabelle 21: Ermittlung der Investitionssumme

Position	Wert	Kommentar
Kosten Gruppe 1	442.615 €	inkl. Zuschlag
Wärmetauscher (Rohrbündel)	43.368 €	Aus Kostenfunktion
Dampfturbine	96.086 €	Aus Kostenfunktion
Wärmespeicher	109.206 €	Aus Kostenfunktion
Summe (Basiskosten) Gruppe 1	248.660 €	Betrag der Zuschläge
Zuschlag	78 %	Elektr. Einr. + MSR
Kosten Gruppe 2	224.889 €	Inkl. Zuschläge
Kondensator	73.734 €	Aus Kostenfunktion
Summe (Basiskosten) Gruppe 2	73.734 €	
Zuschlagsfaktoren (Summe)	205 %	
Montage von 1	9 %	
Rohrleitungen und Armaturen	31 %	
Montage von 2	50 %	
Isolierung, Anstrich	14 %	
Elektrotechnische Einrichtung	20 %	
Montage von 4	13 %	
Mess- und Regelgeräte mit PLS	58 %	
Montage von 5	10 %	
Direkte Anlagenkosten	667.504 €	Kosten Gruppe 1+2
Planung und Abwicklung	20 %	
Unvorhergesehenes	10 %	
Investitionssumme	867.755 €	

Wesentliche Input-Parameter für die wirtschaftliche Bewertung sind die Investitionssumme und die durch die Investition in das Abwärmekonzept zu erzielenden Einsparungen und Erlöse. Zur Bewertung der Investition wurden klassische Berechnungsmethoden genutzt, wie die Amortisationsrechnung (statisch) oder die Kapitalwertmethode (dynamisch).

Im Anschluss an die Bestimmung der Investitionshöhe unter Berücksichtigung der vorgeannten Einflussfaktoren, erfolgt die wirtschaftliche Bewertung der jeweiligen Anwendungsfälle.

2.3.4 Methodik der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Anwendungsfälle kamen statische Verfahren, wie die Amortisationsrechnung, und dynamische Verfahren, wie die Kapitalwertmethode, zur Anwendung.

2.3.4.1 Amortisationsrechnung

Im Rahmen der Amortisationsrechnung beschreibt die Amortisationsdauer die Zeit, nach der die Summe der erwarteten zukünftigen Rückflüsse gleich der Höhe der Investitionsausgabe ist (vgl. Gabler 2018a).

$$\text{Amortisationsdauer} = \frac{\text{Investitionsausgabe [€]}}{\text{erwarteter jährlicher Rückfluss [€/Periode]}} \quad (1)$$

Die Rückflüsse beschreiben dabei die jeweiligen Einzahlungsüberschüsse pro Periode. Diese ergeben sich aus den Einsparungen und Erlösen abzüglich der Betriebskosten, welche durch das geplante Projekt entstehen. Im Rahmen dieser Studie wurde davon ausgegangen, dass die Investitionen direkt durch das Eigenkapital gedeckt werden können. Kapitalkosten wurden somit nicht betrachtet.

Je geringer dabei die Amortisationsdauer ist, desto schneller hat sich die Investition amortisiert. Das finanzielle Risiko ist somit geringer, als bei Investitionen, welche sich erst nach einem längeren Zeitraum amortisieren, da insbesondere über einen längeren Zeitraum die Risiken zunehmen und die tatsächlichen Rückflüsse von den geplanten Rückflüssen abweichen können.

2.3.4.2 Kapitalwertmethode

Durch die Ermittlung des Kapitalwerts (auch Nettobarwert genannt) können Investitionen verglichen werden, deren Rückflüsse zu verschiedenen Zeitpunkten und in unterschiedlicher Höhe anfallen. Dabei gilt: Der Kapitalwert einer Investition ergibt sich aus der Summe der diskontierten (abgezinsten) Ein- und Auszahlungen, die durch diese Investition verursacht werden, abzüglich der Investitionssumme (vgl. Gabler 2018b). Der Kapitalwert berechnet sich demnach wie folgt:

$$C_0(i) = -I_0 + \sum_{t=1}^T \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

C_0 : Kapitalwert bezogen auf den Zeitpunkt 0

i : Kalkulationszinssatz

CF_t : periodische Einzahlungsüberschüsse

I_0 : Investitionsausgabe zum Zeitpunkt 0 (kann auch als CF_0 betrachtet werden)

T : Betrachtungsdauer (in Perioden)

Eine Investition ist dann monetär vorteilhaft, wenn ihr Kapitalwert größer Null ist. Der Investor erhält also über die Betrachtungsdauer sein eingesetztes Kapital zurück zuzüglich einer Verzinsung, die höher ist, als der Kalkulationszinssatz (absolute Vorteilhaftigkeit).

Werden mehrere Investitionsvorhaben miteinander verglichen, so ist die Investition mit dem größten Kapitalwert am vorteilhaftesten (relative Vorteilhaftigkeit).

Wie bereits oben beschrieben, ist für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Anwendungsfälle, etwa mittels Amortisationsrechnung oder Kapitalwertmethode, neben der Investitionsausgabe auch die Höhe der jährlichen Rückflüsse wesentlich. Dazu wurde im Rahmen dieser Studie die nachfolgend beschriebene Gutschriften-Methode angewendet.

2.3.4.3 Ermittlung der jährlichen Rückflüsse aus Einsparungen und Erlösen

Die bisher betrachteten unterschiedlichen Abwärmenutzungskonzepte können in innerbetriebliche und außerbetriebliche Anwendungsfälle unterschieden werden.

1. Inner- und außerbetrieblich: Nutzung von Wärme
 - ➔ Reduzierter Wärmebezug bzw. Wärmeerzeugung
 - ➔ Einsparung von Wärmebezugskosten bzw. Brennstoffkosten
2. Innerbetrieblich: Nutzung von Strom
 - ➔ Reduzierter Strombezug durch Eigenverbrauch
 - ➔ Einsparung von Strombezugskosten
3. Außerbetrieblich: Einspeisung von Strom
 - ➔ Einspeisung von erzeugtem Strom in das Netz
 - ➔ Erlöse aus Vergütung der Stromeinspeisung

Die Ermittlung der jeweiligen Einsparungen und Erlöse wurde nachfolgend in Anlehnung an die Gutschriften-Methode durchgeführt.

2.3.4.4 Gutschriften-Methode

Die Gutschriften-Methode ist eine von mehreren möglichen Allokationsmethoden zur Verteilung der Kosten von KWK-Anlagen. Sie soll als Grundlage dienen, zur Ermittlung der möglichen Einsparungen und Erlöse der verschiedenen Anwendungsfälle.

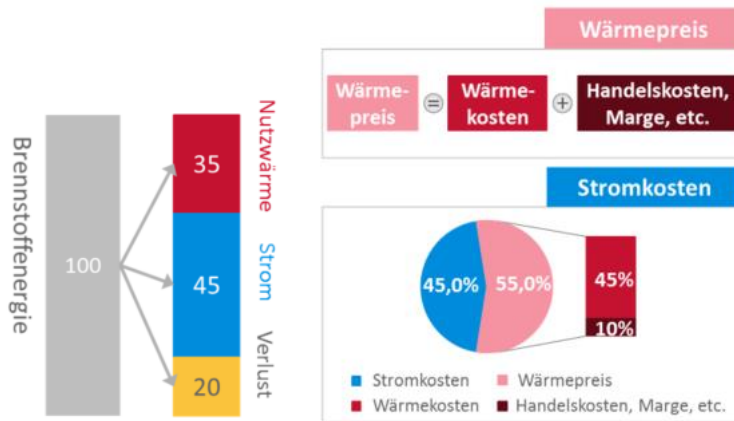


Abbildung 20: Gutschriften-Methode

Zur Erläuterung des Vorgehens wird nachfolgend eine KWK-Anlage betrachtet. Aus der für die Abwärmenutzung zur Verfügung stehende Wärme wird durch die KWK-Anlage sowohl Nutzwärme als auch Strom gewonnen.

Die Einsparungen aus der Nutzwärme ergeben sich dann über den erlösbaren Wärmepreis unter Annahme reiner Wärmeerzeugung in einer Referenzanlage bzw. aus der eingesparten Brennstoffmenge multipliziert mit dem jeweiligen Brennstoffpreis. Da die tatsächlich vor Ort im Unternehmen eingesetzte Heizungsanlage bzw. Wärmeerzeugungssystem nicht bekannt ist, wird im Folgenden unter Bezug auf die „beste verfügbare Technik“ ein Gaskessel mit einem Wirkungsgrad von 92 % als Referenzsystem angenommen. Durch Division der Nutzwärmemenge durch den Wirkungsgrad ergibt sich die Brennstoffmenge, welche bspw. in einem Gaskessel eingesetzt werden müsste, um die gleiche Nutzwärme zu erzeugen. Da viele in Betrieb befindliche Anlagen einen z.T. deutlich niedrigeren Wirkungsgrad haben, ist die entsprechend eingesetzte Brennstoffmenge in der Realität oftmals entsprechend höher. Dies kommt ebenfalls einem wirtschaftlich konservativen Ansatz entgegen. Die eingesparten Brennstoffkosten ergeben sich dann aus dieser Brennstoffmenge multipliziert mit einem jeweils anzusetzenden Brennstoffpreis, inkl. üblichen Handelskosten sowie Dienstleistungsaufschläge.

Die mit der KWK-Anlage produzierte Strommenge kann nun einerseits innerbetrieblich im Rahmen des Eigenverbrauchs genutzt werden oder außerbetrieblich in das Netz eingespeist werden. Grundsätzlich kann, durch die hohe Exergie des Energieträgers Strom, die gesamte produzierte elektrische Energie vom Unternehmen intern genutzt werden. Aufgrund der zeitlichen Verschiebung zwischen Stromnachfrage im Unternehmen und Stromproduktion durch das KWK-System sowie der KWK-Vergütung, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass das Unternehmen einen Eigenverbrauchsanteil von 50 % wählt.

Im Rahmen der innerbetrieblichen Nutzung reduziert sich somit die zu beschaffende Strommenge. Zur Ermittlung der daraus resultierenden eingesparten Strombeschaffungskosten muss die so eingesparte Strommenge mit dem unternehmensinternen Strombezugspreis multipliziert werden. Hierbei sind die branchentypischen Unterschiede der Industriestrompreise zu berücksichtigen. Dazu wird auf die zuvor gebildeten Cluster zurückgegriffen.

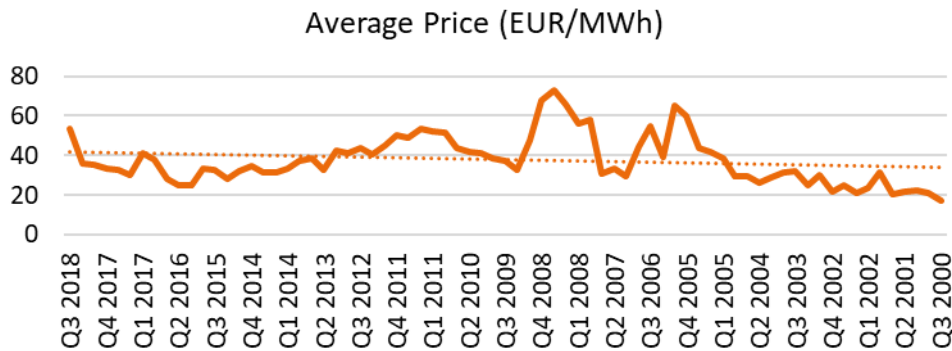


Abbildung 21: KWK-Preis - Durchschnittlicher Preis für Baseload-Strom an der EPEX Spot je Quartal (vgl. EEX 2018)

Der nicht unternehmensintern verbrauchte Strom, welcher in der KWK-Anlage produziert wurde, kann nun in das Netz eingespeist werden. Die Erlöse aus dieser Einspeisung ergeben sich dann aus der Vergütung der eingespeisten Strommenge mit dem jeweiligen KWK-Index. Als Basis für die Einspeisevergütung von KWK-Anlagen ist gemäß KWK-Gesetz der marktübliche Strompreis heranzuziehen.

Dieser ergibt sich aus dem Mittelwert der täglichen Phelix-Base-Preise pro Quartal und wird von der EEX in Leipzig nach Abschluss des jeweiligen Quartals als KWK-Index veröffentlicht (vgl. EEX 2018).

2.3.4.5 Resultierender Wärmepreis

Um die Wirtschaftlichkeit der Wärmebereitstellung durch den jeweiligen Anwendungsfall im Vergleich mit anderen Technologien zur Wärmeerzeugung zu bewerten, wird der resultierende Wärmepreis ermittelt. Dies folgt der Annahme, dass die über das Abwärmenutzungskonzept des Anwendungsfalls bereitgestellte Nutzwärme nur dann wirtschaftlich ist, wenn der resultierende Wärmepreis nicht höher ist als der Wärmebezugspreis einer marktüblichen Referenztechnologie (vgl. Teil 2.2.3).

Zur Ermittlung des resultierenden Wärmepreises wird eine Amortisationsdauer vorgegeben, welche gemäß den Anforderungen aus der Branche im Rahmen einer Risikoabschätzung nicht deutlich höher als 5 Jahre liegen sollte. Der resultierende Wärmepreis ergibt sich dann aus den kumulierten Kosten über die vorgegebene Amortisationsdauer abzüglich der Erlöse aus der Stromeinspeisung und den Einsparungen aus dem Strom-Eigenverbrauch dividiert durch die unter Berücksichtigung des Abdeckungsgrades tatsächlich innerbetrieblich genutzte Wärmemenge.

2.3.5 Sensitivitätsanalyse

Nachdem verschiedene Parameter für eine wirtschaftliche Bewertung erarbeitet wurden, soll nun zum Abschluss mittels einer Sensitivitätsanalyse der Einfluss einzelner Größen näher untersucht werden. Ziel der Sensitivitätsanalyse ist es, herauszufinden, wie sich die Änderung der Eingangsgröße auf die Zielgröße auswirkt. Dafür wurden in einem ersten Schritt die maßgeblichen Zielgrößen der Wirtschaftlichkeitsanalyse definiert. Entscheidend für eine positive Investitionsentscheidung ist dabei zum einen eine niedrige Amortisationsdauer und zum anderen ein konkurrenzfähiger resultierender Wärmepreis.

- Zielgröße 1: Amortisationsdauer [Jahre]
- Zielgröße 2: resultierender Wärmepreis [ct/kWh] (netto)

In einem zweiten Schritt wurden dann die Parameter identifiziert, die einen wesentlichen Einfluss auf diese Zielgrößen haben. Dies ist zum einen die Höhe der Investitionssumme. Trotz genauer Planungen kann es durch Unvorhergesehenes zu Abweichungen kommen. Im Rahmen dieser Sensitivitätsanalyse wurde von Abweichungen bis zu +/- 30 % ausgegangen. Zum anderen soll der Einfluss des Abdeckungsgrades näher untersucht werden. Dies hat wesentlichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit des Abwärmesystems und kann als ein Auslegungsparameter systemspezifisch variiert werden. Grundsätzlich wurde von einem Abdeckungsgrad bei Wärmeanwendungen von 80 % ausgegangen. Dieser wurde nun zwischen 40 % (\pm 50 %) als Minimum und 100 % (\pm 25) % Maximum variiert.

- Einflussgröße 1: Investitionssumme [€] (netto)
- Einflussgröße 2: Abdeckungsgrad [%] (absolut)

In einem dritten Schritt sollen dann noch die verschiedenen Anwendungsfälle berücksichtigt werden. Es ist davon auszugehen, dass die Stärke des Einflusses der Eingangsgröße auf die Zielgröße auch zwischen den Anwendungsfällen variiert. Um das gesamte Komplexitätsspektrum dieser Studie abzudecken, werden deshalb Fall 1 (einfach) und Fall 9 (komplex) im Rahmen der Sensitivitätsanalyse untersucht.

- Anwendungsfall 1: Warmwasser ohne Speicher
 - o Bereitstellung von Warmwasser als Brauchwasser dh. WW wird aus der Umgebung entnommen und auf 65°C auftemperiert (offenes System) ohne Speicher
- Anwendungsfall 9: KWK-Stromerzeugung
 - o Gekoppelte Bereitstellung von Strom und Wärme; Heizwärme dh. HW wird zurückgeführt und auf 65°C auftemperiert (geschlossenes System)

2.3.6 Ergebnisse der Modellbildung

Im Ergebnis kann in diesem Arbeitspaket ein dynamisches Modell aufgebaut werden, um die wirtschaftlichen und technischen Kennzahlen für die nachfolgende Bewertung der Anwendungsfälle zu bilden. Dabei ist das Modell so aufgebaut, dass flexibel verschiedene weitere Anwendungsfälle bewertet werden könnten. In dem Modell gehen Einflüsse wie Skaleneffekte mit ein und es können die grundlegenden thermodynamischen Zusammenhänge mitbetrachtet werden.

2.4 Ökonomische Bewertung der Anwendungsfälle

- Aus den Abwärmepotenzialen der Industrie wurden über Annahmen zur zeitlichen Verfügbarkeit die für das Abwärmekonzept nutzbare Abwärmemenge pro Jahr ermittelt
- Mittels technischer Grobauslegung wurde aus der verfügbaren Abwärmemenge die tatsächlich nutzbare Wärmemenge und Strommenge ermittelt
- Abschließend wurde jeder betrachtete Anwendungsfall mittels klassischer Investitionsrechnungsverfahren wirtschaftlich bewertet

2.4.1 Vorgehen

Wie bereits dargestellt, erfolgt eine leistungsbezogene Auslegung und Bestimmung der Investitionen für die benötigte Anlagentechnik. In diesem Arbeitsschritt werden nun die Energiemengen bestimmt, die durch diese Anlagentechnik bereitgestellt werden können. Diese Daten werden in die Business-Case-Betrachtungen überführt und zur Bewertung der Anwendungsfälle genutzt.

Die Ergebnisse der Techno-ökonomischen Bewertung der Anwendungsfälle werden dazu anhand eines konkreten Falls detailliert dargestellt und abschließend für alle Fälle in einer Tabelle mit wirtschaftlichen Kennzahlen zusammengefasst.

Auf Grund der hohen technischen Komplexität durch die gekoppelte Erzeugung von Wärme und Strom bietet sich ein Anwendungsfall mit gekoppelter Erzeugung von Strom und Wärme an. Hierbei wird eine innerbetriebliche Heizwärmeversorgung abgebildet.

Durch die Kombination aus innerbetrieblicher und außerbetrieblicher Abwärmenutzung können die verschiedenen Einsparungen und Erlöse sowie die verschiedenen Kostenkomponenten besonders anschaulich dargestellt werden. Die wirtschaftliche Bewertung der übrigen Anwendungsfälle wurde analog durchgeführt.

2.4.2 Innerbetriebliche Wärmenutzung

Wie bereits im vorherigen Abschnitt beschrieben, wird für die wirtschaftliche Bewertung von einer nutzbaren Abwärmeenergie von 7.479 MWh pro Jahr ausgegangen. Gemäß der ebenfalls bereits oben beschriebenen Grobauslegung ergeben sich daraus eine tatsächlich nutzbare Wärmeenergie an der Übergabe von 5.993 MWh und eine nutzbare elektrische Arbeit von 666 MWh pro Jahr. Diese stellen die Eingangsgrößen für die nachfolgende wirtschaftliche Bewertung dar.

Für die Abschätzung der zu erzielenden Einsparungen bei der innerbetrieblichen Abwärmenutzung wurde zunächst ein Abdeckungsgrad definiert. Um einer konservativen Bewertung Rechnung zu tragen, wird davon ausgegangen, dass die bereitgestellte Nutzwärme über ein Kalenderjahr betrachtet nicht zu jedem Zeitpunkt auch vom Unternehmen intern abgenommen werden kann. So ist etwa in den Sommermonaten davon auszugehen, dass die Wärmenachfrage geringer ist, als das Abwärmeangebot. Auch ist davon auszugehen, dass die zeitliche Verfügbarkeit der Abwärmequelle hinsichtlich der Produktionsweise (1-, 2-, 3-Schichtbetrieb; 5-,6-,7-Tage-Woche; Revisionen) nicht deckungsgleich mit der Wärmenachfrage ist. Es wird deshalb im Folgenden davon ausgegangen werden, dass über ein Jahr betrachtet nur etwa 80 % der verfügbaren Abwärme auch tatsächlich vom bereits vorhandenen Heizungssystem abgenommen werden kann.

Aus der nun ermittelten tatsächlich nutzbaren Wärme kann anschließend durch Division durch den Wirkungsgrad des vorhandenen Heizungssystems (z.B. 92 % bei einem Gaskessel) die eingesparte Brennstoffmenge ermittelt werden, welche durch Multiplikation mit dem jeweiligen Brennstoffpreis die eingesparten Brennstoffkosten pro Jahr ergeben.

Die Ermittlung der eingesparten Wärmekosten ist exemplarisch in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 22: Ermittlung Wärmeeinsparung

Einsparungen Wärme	Einheit	Wert
Nutzbare Wärmeenergie an der Übergabe	MWh/a	5.993
Abdeckungsgrad Abwärme	%	80%
genutzte Wärme	MWh/a	4.795
Heizungssystem		Gaskessel
Wirkungsgrad Heizungssystem	%	92%
Brennstoff		Gas
Brennstoffmenge	MWh/a	5.212
Brennstoffpreis	€/MWh	29,40 €
eingesparte Brennstoffkosten	€/a	153.222 €

Es können somit im Rahmen der innerbetrieblichen Abwärmenutzung 153.222 € an Brennstoffkosten pro Jahr eingespart werden.

2.4.3 Einsparung Strom (Eigenverbrauch) bzw. eingesparte Bezugskosten Strom

In den betrachteten Fällen, in denen aus der Abwärme neben Wärme auch Strom gewonnen wird, kann dieser entweder für den Eigenverbrauch genutzt oder eingespeist werden.

Die Ermittlung der Einsparungen an Bezugskosten durch Eigenverbrauch des aus der Abwärme erzeugten Stroms ist nachfolgend dargestellt.

Tabelle 23: Ermittlung der Einsparungen Strom

Parameter	Einheit	Wert	Kommentar
Nutzbare elektr. Energie an der Übergabe	MWh/a	666	final bereitgestellte elektrische Nutzarbeit an der Übergabe
Anteil Eigenverbrauch	%	50%	Anteil der Strommenge, die vom Unternehmen selbst genutzt wird
Strommenge Eigenverbrauch	MWh/a	333	tatsächlich vom Unternehmen genutzte Strommenge pro Jahr = eingesparte Bezugsmenge Strom

Parameter	Einheit	Wert	Kommentar
Bezugspreis	ct/kWh	15,5	Cluster B: Produzierendes Gewerbe mit hohen Strompreisen
Einsparung Stromkosten	€/a	51.649 €	eingesparte Bezugskosten Strom

Bei einem Eigenverbrauchsanteil von 50 % können nun aus den im Rahmen der Grobauslegung für Fall 9 ermittelten final bereitgestellten 666 MWh/a Strom entsprechend 333 MWh vom Unternehmen selbst verbraucht werden und müssen somit nicht beschafft werden. Die dadurch eingesparten Bezugskosten hängen wiederum vom Bezugspreis ab. Dieser variiert stark in Abhängigkeit von der jeweiligen Industriebranche.

Für das produzierende Gewerbe mit hohen Strompreisen (Cluster B) wurde ein durchschnittlicher Bezugspreis von 15,5 ct/kWh (netto) ermittelt. Dadurch ergeben sich im Rahmen des Eigenverbrauchs von Strom eingesparte Bezugskosten von 51.649 € (netto) pro Jahr.

2.4.4 Außerbetriebliche Nutzung von Strom

Die zur Verfügung stehende Einspeisemenge an Strom ergibt sich bei einem Eigenverbrauchsanteil von 50 % zu 333 MWh/a.

Die zu erwartenden Erlöse hängen daneben von der jeweiligen Einspeisevergütung ab. Zur Abschätzung der möglichen zukünftigen Entwicklung der KWK-Vergütung wurde der KWK-Index der EPEX Spot zu Grunde gelegt.

Im Folgenden wurde der KWK-Preis vom 2. Quartal 2018 in Höhe von 35,98 €/MWh zu Grunde gelegt. Dieser liegt sogar unter dem langjährigen Trend, was einem konservativen Ansatz Rechnung trägt. Insgesamt ergeben sich somit Erlöse aus der Stromeinspeisung in Höhe von 11.989 €.

Des Weiteren wird die KWK-Förderung für die Netzausspeisung entsprechend des leistungsgemittelten KWK-Zuschlags verwendet. Hiermit ergibt sich im Anwendungsfall eine KWK-Förderung in Höhe von 349.500€.

2.4.5 Ergebnis - Ermittlung des jährlichen Gewinns

Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit des Abwärmenutzungskonzeptes sind die zur Refinanzierung der Investition nötigen jährlichen Gewinne zu ermitteln. Diese ergeben sich aus der Summe der Einsparungen und Erlöse aus der Nutzung von Wärme und Strom sowie der Einspeisung von Strom (siehe oben). Anschließend müssen nun die jährlichen Betriebskosten abgezogen werden. Diese wurden im Rahmen dieser Studie mit 2 % der direkten Anlagencosten abgeschätzt.

Nachfolgend sind die wesentlichen Eingangsparameter zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Investition zusammenfassend dargestellt für den Anwendungsfall gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme.

Tabelle 24: Wirtschaftlichkeitsbewertung

Position	Einheit	Wert
Investitionssumme	€	867.755 €
KWK-Förderung	€	349.500 €
Investition nach Förderung	€	518.255 €
Einsparung und zusätzliche Stromerlöse	€	216.860 €
Betriebskosten pro Jahr	€	13.350 €
Gewinn pro Jahr	€/a	203.510 €
Amortisationsdauer	Jahre	2,5
Kapitalwert (nach 10 Jahren)	€	1.053.192 €
kalkulatorischer Zins	%	5%
Resultierender Wärmepreis (T _a =5 J.)	ct/kWh	1,11

Im obigen Beispiel ergeben sich bei einer Investitionshöhe von 518.255 € nach KWK-Förderung und jährlichen Gewinnen von 203.510 € eine Amortisationsdauer von 2,5 Jahren und ein positiver Kapitalwert von 1.053.192 €. Die Investition ist somit wirtschaftlich vorteilhafter als eine Kapitalanlage bei einem Zins von 5 %. Durch die relativ kurze Amortisationsdauer von nur 2,5 Jahren ist das wirtschaftliche Risiko überschaubar. Unter der Vorgabe einer Amortisationsdauer von 5 Jahren ergibt sich ein resultierender Wärmepreis von 1,11 ct/kWh (netto). Dieser ist sehr konkurrenzfähig. Das Unternehmen kann die bereitgestellte Wärme demnach zu sehr günstigen Konditionen intern nutzen, oder entsprechend günstig weiterverkaufen. Insgesamt können durch das Abwärmesystem im Anwendungsfall 9 „KWK-Stromerzeugung“ pro Jahr CO₂-Emissionen in Höhe von 1.184 kWh eingespart werden. Diese ergeben sich zum einen aus den eingespartem Gaseinsatz durch die interne Wärmenutzung und zum anderen durch die Stromnutzung für Eigenbedarf und Einspeisung.

Tabelle 25: weitere wirtschaftliche Kennzahlen

Position	Einheit	Wert
interner Zins	%	37,7%
Kumulierter Gewinn (5 Jahre)	€	499.293 €
Kumulierter Gewinn (10 Jahre)	€	1.516.841 €
Rendite (5 Jahre)	%	96%
Rendite (10 Jahre)	%	293%
Vorgabe Amortisationsdauer (T _a)	a	5
- kumulierte Kosten nach T _a (abzgl. Stromerlöse/Einsparungen)	€	266.816 €
- genutzte Abwärme nach T _a _{vor}	MWh	23.973
- resultierender Wärmepreis (T _a = 5 J.)	ct/kWh	1,11
Eingesparte CO ₂ -Menge pro Jahr	t/a	1.184
- Davon durch Wärmenutzung ⁴	t/a	230
- Davon durch Stromnutzung ⁵	t/a	954

Nachfolgend sind die wesentlichen wirtschaftlichen Kennzahlen zur Bewertung der einzelnen Anwendungsfälle zusammenfassend dargestellt, wobei diese weiterhin anhand der Analysen im vorherigen Arbeitspaket bestimmt werden. Um die Vielfalt der möglichen Lösungsräume aufzuzeigen, wird dabei einmal ein Szenario mit Förderung nach dem KWKG bzw. über die KfW und einmal ein Szenario ohne jegliche Förderung vorgestellt.

⁴ Unter der Annahme, dass pro nicht verbrannte MWh Erdgas zur Wärmeerzeugung bezogen auf den Brennwert 183 kg CO₂ nicht emittiert werden.

⁵ Es wurde ein Wirkungsgrad zur Stromerzeugung von 53 % angenommen.

Tabelle 26: Wirtschaftliche Bewertung – Zusammenfassung (ohne Förderung)

Arbeitspaket 2: Ist-Analyse

Erschließungsmöglichkeiten

Fallnr.	1	1a	5	5.a	7	9
Kurzname	Warmwasser ohne Speicher	Warmwasser mit Speicher	Prozesswärme	Fernwärme	KWK-Anlage (rd. 25 kW _{el})	KWK-Anlage (rd. 200 kW _{el})
Investition	59.382 €	92.407 €	36.848 €	62.119 €	241.616 €	867.755 €
Einsparungen u. Erlöse p.a.	16.682 €	20.853 €	9.698 €	11.725 €	23.920 €	216.860 €
Betriebskosten p.a.	914 €	1.422 €	567 €	956 €	3.717 €	13.350 €
Gewinn pro Jahr	15.769 €	19.431 €	9.131 €	10.769 €	20.202 €	203.510 €
Amortisation (a)	3,8	4,8	4,0	5,8	12,0	4,3
Kapitalwert	62.379 €	57.634 €	33.662 €	21.035 €	-85.618 €	703.692 €
Kum. Gewinn (5 J.)	19.461 €	4.748 €	8.809 €	- 8.275 €	-140.604 €	149.793 €
Kum. Gewinn (10 J.)	98.303 €	101.903 €	54.465 €	45.569 €	-39.591 €	1.167.341 €
Rendite (5 Jahre)	33%	5%	24%	-13%	-58%	17%
Rendite (10 Jahre)	166%	110%	148%	73%	-16%	135%
Wärmepreis (T_a = 5 J.)	2,45 ct/kWh	3,05 ct/kWh	2,77 ct/kWh	3,65 ct/kWh	8,70 ct/kWh	2,57 ct/kWh

Tabelle 27: Wirtschaftliche Bewertung – Zusammenfassung (mit Förderung)

Arbeitspaket 2: Ist-Analyse
Erschließungsmöglichkeiten

Fallnr.	1	1a	5	5.a	7	9
Kurzname	Warmwasser ohne Speicher	Warmwasser mit Speicher	Prozesswärme	Fernwärme	KWK-Anlage (rd. 25 kW _{el})	KWK-Anlage (rd. 200 kW _{el})
Investition	59.382 €	92.407 €	36.848 €	62.119 €	241.616 €	867.755 €
Fördertyp	KfW	KfW	KfW	KfW	KWKG	KWKG
Fördersumme	17.815 €	27.722 €	11.054 €	18.636 €	110.400 €	349.500 €
Investition (nach Förderung)	41.567 €	64.685 €	25.794 €	43.484 €	131.216 €	518.255 €
Einsparungen u. Erlöse p.a.	16.682 €	20.853 €	9.698 €	11.725 €	23.920 €	216.860 €
Betriebskosten p.a.	914 €	1.422 €	567 €	956 €	3.717 €	13.350 €
Gewinn pro Jahr	15.769 €	19.431 €	9.131 €	10.769 €	20.202 €	203.510 €
Amortisation (a)	2,6	3,3	2,8	4,0	6,5	2,5
Kapitalwert	80.193 €	85.356 €	44.716 €	39.671 €	24.782 €	1.053.192 €
Kum. Gewinn (5 J.)	37.275 €	32.470 €	19.863 €	10.361 €	-30.204 €	499.293 €
Kum. Gewinn (10 J.)	116.118 €	129.625 €	65.520 €	64.205 €	70.809 €	1.516.841 €
Rendite (5 Jahre)	90%	50%	77%	24%	-23%	96%
Rendite (10 Jahre)	279%	200%	254%	148%	54%	293%
Wärmepreis (T_a = 5 J.)	1,77 ct/kWh	2,20 ct/kWh	2,00 ct/kWh	2,63 ct/kWh	4,38 ct/kWh	1,11 ct/kWh

Es wird deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit z.T. stark von der jeweiligen Förderung abhängt. Ohne Förderung ist insbesondere Anwendungsfall 7 mit einer KWK-Anlage von ca. 25

kW_{el} bedingt durch eine Amortisationsdauer von 12 Jahren und einem resultierenden Wärmepreis von 8,70 ct/kWh wirtschaftlich nicht tragbar.

Nachfolgend sollen die Anwendungsfälle unter der Annahme der Förderfähigkeit näher betrachtet werden. Mit Amortisationszeiten zwischen 2,5 und 6,5 Jahren sowie positiven Kapitalwerten sind die Anwendungsfälle insgesamt alle wirtschaftlich darstellbar.

Wirtschaftlich sehr lukrativ erscheint trotz hoher technischer Komplexität und hoher Investitionssumme der Anwendungsfall 9 - KWK-Stromerzeugung - mit einer Amortisationszeit von nur 2,5 Jahren und einem resultierenden Wärmepreis von nur 1,11 ct/kWh. Aber auch technisch einfache Anwendungen mit geringen Investitionsvolumen wie Fall 1 - Warmwasser ohne Speicher - sind mit einer Amortisationsdauer von 2,6 Jahren und einem resultierenden Wärmepreis von 1,77 ct/kWh durchaus wirtschaftlich attraktiv.

Es zeigt sich, dass mit zunehmender technischer Komplexität der Anwendungsfälle erwartungsgemäß die Investitionssumme steigt. Dies ist bereits daran zu erkennen, dass durch die Integration eines Speichers die Investitionssumme z.T. erheblich ansteigt. Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in Anwendungsfall 7 sowie die Einspeisung der erzeugten Wärme in das Fernwärmenetz in Anwendungsfall 5.a sind auf Grund der niedrigen (Fall 5.a Fernwärme) bzw. sogar negativen Rendite (Fall 7) nach 5 Jahren wirtschaftlich weniger attraktiv.

2.4.6 Sensitivitätsanalyse

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wurde der Zusammenhang zwischen den Einflussgrößen „Investitionssumme“ und „Abdeckungsgrad“ auf die zwei Zielgrößen „Amortisationsdauer“ und „Resultierender Wärmepreis“ in zwei verschiedenen Anwendungsfällen untersucht.

Dabei werden die Eingangsgrößen in den nachfolgend beschriebenen Grenzen variiert. Da nicht alle Daten simultan variiert werden können, wird nur eine Einflussgröße unter Konstanthaltung aller anderen geändert („ceteris paribus“). Als Ergebnisse werden die absoluten und relativen Änderungen der Einfluss- und Zielgrößen zusammenfassend dargestellt.

Anwendungsfall 1: Warmwasser ohne Speicher (ohne KfW-Förderung)

- ➔ Bereitstellung von Warmwasser als Brauchwasser dh. WW wird aus der Umgebung entnommen und auf 65°C auftemperiert (offenes System) ohne Speicher

Die KfW-Förderung setzt sich modular zusammen. Daher wird das Szenario ohne Förderung als Ausgangsbasis genutzt. Die Variation der Eingangsgröße „Investitionssumme“ kann hier analog zu evtl. ansetzbaren Fördertatbeständen interpretiert werden.

Die Einflussgrößen wurden ausgehend vom Ausgangsszenario wie folgt variiert:

Tabelle 28: Sensitivitätsanalyse Fall 1 - Einflussgrößen

Nr.	Größe	Einheit	Var min	Var max	Startwert	Betrag Min	Betrag Max
1	Investitionssumme	€	-30%	30%	59.382 €	41.567 €	77.196 €
2	Abdeckungsgrad	%	-50 %	+25 %	80%	40%	100%

Als Startwerte der Zielgrößen für Anwendungsfall 1 wurden die Basisergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse genutzt:

- Amortisationsdauer (T_a) von 3,8 Jahren

- Wärmepreis von 2,45 ct/kWh (netto)

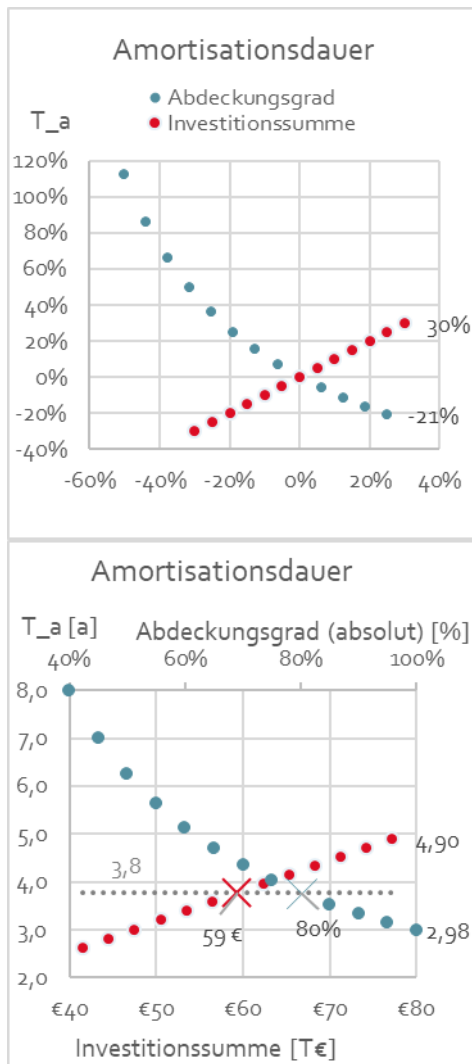


Abbildung 22: Sensitivitätsanalyse Fall 1 – Amortisationsdauer (relativ und absolut)

In der Sensitivitätsanalyse wird ersichtlich, dass ein linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der Investitionssumme und der Amortisationsdauer besteht. Steigt die Investitionssumme auf Grund von Unvorhergesehenem um 30 % auf 77.196 €, so steigt auch die Amortisationsdauer um 30 % auf 4,9 Jahre und umgekehrt. Beim Abdeckungsgrad ist das Verhältnis umgekehrt. Steigt der Abdeckungsgrad um 25 % (von 80 % absolut auf 100 % absolut), dann reduziert sich die Amortisationsdauer um 21 % von 3,8 Jahren auf 3 Jahre.

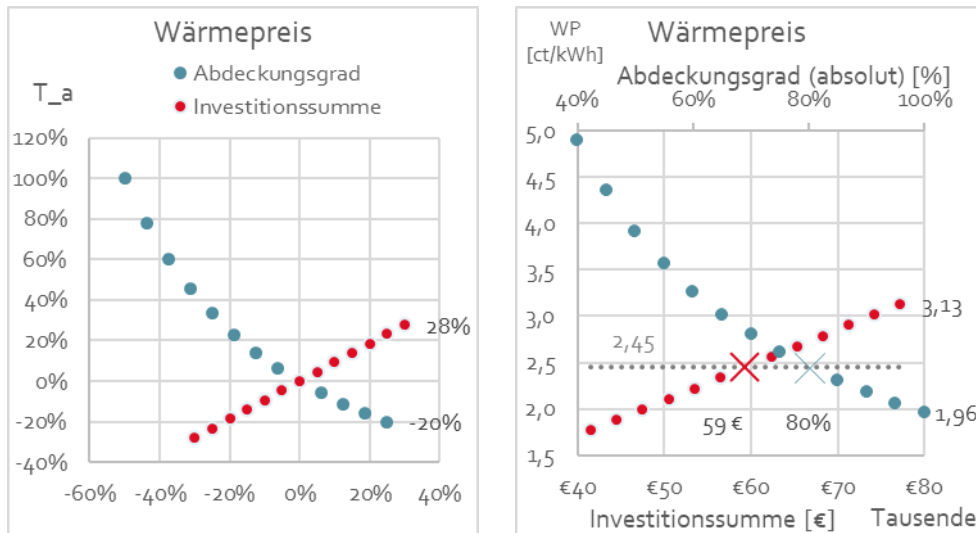


Abbildung 23: Sensitivitätsanalyse Fall 1 – Wärmepreis (relativ und absolut)

Hinsichtlich der untersuchten Zielgröße des Wärmepreises ist ein ähnlicher Einfluss erkennbar. Steigt die Investitionssumme um 30 %, so steigt der resultierende Wärmepreis hier lediglich um 28 % von 2,45 ct/kWh auf 3,13 ct/kWh. Der Einfluss der Investitionssumme auf den Wärmepreis ist somit etwas schwächer als bei der Amortisationsdauer. Steigt der Abdeckungsgrad um 25 %, so sinkt der Wärmepreis um 20 % von 2,45 ct/kWh auf 1,96 ct/kWh. Auch hier ist der Einfluss des Abdeckungsgrades auf den Wärmepreis minimal schwächer als bei der Amortisationsdauer.

Anwendungsfall 9: KWK-Stromerzeugung (mit KWK-Förderung)⁶

- ➔ Gekoppelte Bereitstellung von Strom und Wärme
- ➔ Heizwärme dh. HW wird zurückgeführt und auf 65°C auftemperiert (geschlossenes System)
- ➔ Stromerzeugung erfolgt in einer Gegendruckdampfturbine

Die Einflussgrößen wurden ausgehend vom Ausgangsszenario wie folgt variiert:

Tabelle 29: Sensitivitätsanalyse Fall 9 - Einflussgrößen

Nr.	Größe	Einheit	Var min	Var max	Startwert	Betrag Min	Betrag Max
1	Investitionssumme	€	-30%	30%	867.755 €	607.428 €	1.128.081 €
2	Abdeckungsgrad	%	-50 %	+25 %	80%	40%	100%

⁶ Da sich die Förderfähigkeit nach dem KWKG relativ eindeutig klären lässt, ist die Förderhöhe auch entsprechend klar definiert. Deshalb wurde für die Sensitivitätsanalyse hier das Förder-Szenario als Ausgangsbasis gewählt.

Als Startwerte der Zielgrößen für Anwendungsfall 9 wurden die Basisergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse genutzt:

- Amortisationsdauer von 2,55 Jahren
- Wärmepreis von 1,11 ct/kWh (netto)

.....
Arbeitspaket 2: Ist-Analyse
Erschließungsmöglichkeiten
.....

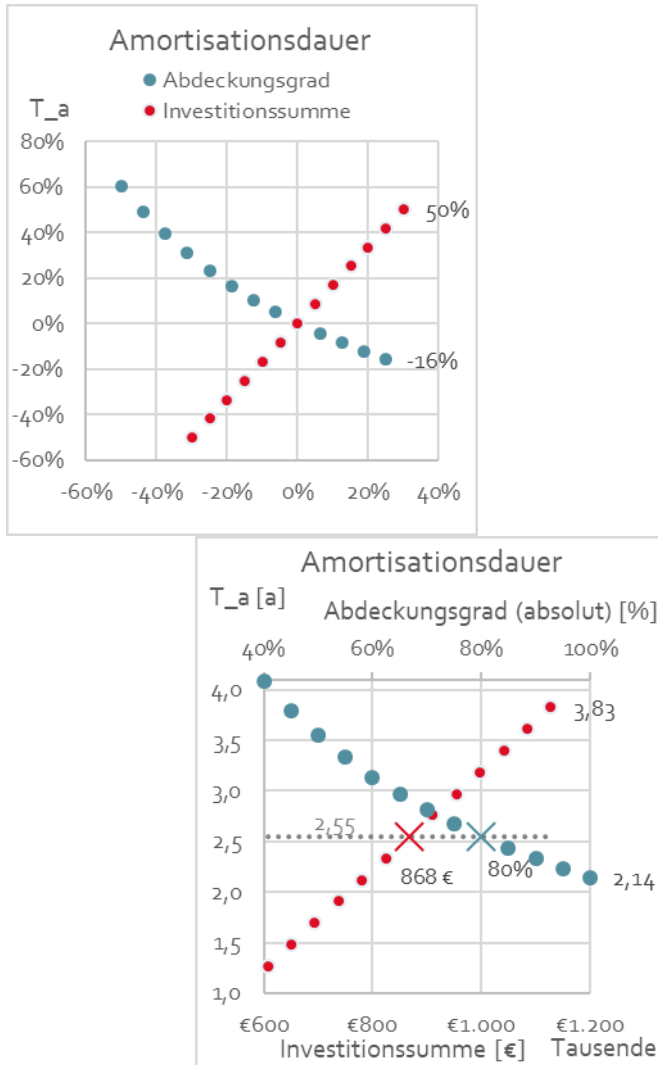


Abbildung 24: Sensitivitätsanalyse Fall 9 – Amortisationsdauer (relativ und absolut)

Die Sensitivitätsanalyse zeigt für den Anwendungsfall 9 einen stärkeren linearen Zusammenhang zwischen Investitionssumme und Amortisationsdauer als in Fall 1. Ein Anstieg der Investitionssumme um 30 % bewirkt hier sogar einen Anstieg der Amortisationsdauer um 50 % auf 3,8 Jahre. Der Einfluss des Abdeckungsgrades hingegen ist geringer als in Fall 1. Steigt der Abdeckungsgrad um 25 %, so sinkt die Amortisationsdauer dabei lediglich um 16 % auf 2,14 Jahre.

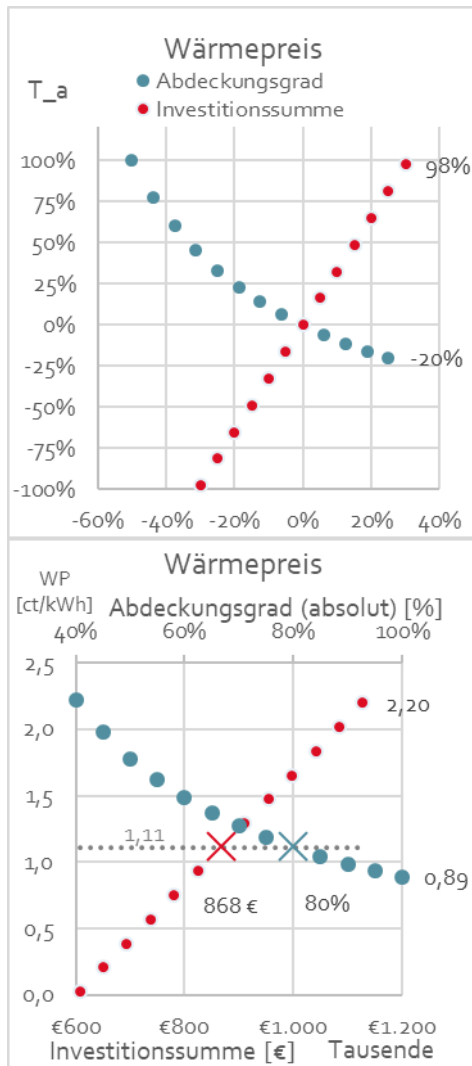


Abbildung 25: Sensitivitätsanalyse Fall 9 – Wärmepreis (relativ und absolut)

Bei der Analyse des Wärmepreises ist ebenfalls der starke lineare Zusammenhang zur Investitionssumme auffällig. Steigt die Investitionssumme um 30 %, so kommt es annähernd zu einer Verdopplung des resultierenden Wärmepreises auf 2,20 ct/kWh. Dieser Effekt ist deutlich stärker ausgeprägt als in Fall 1, wo es lediglich zu einer Steigerung des Wärmepreises von 28 % kam.

Die Änderung des Abdeckungsgrades hingegen hat den gleichen Effekt auf den Wärmepreis wie in Anwendungsfall 1. Steigt der Abdeckungsgrad um 25 %, so sinkt der resultierende Wärmepreis ebenfalls um 20 % von 1,11 ct/kWh auf 0,89 ct/kWh.

Investitionssumme

Insgesamt konnte mit der Sensitivitätsanalyse sowohl für den einfachen Anwendungsfall 1 „Wärme“ als auch für den komplexeren Anwendungsfall 9 „KWK-Stromerzeugung“ ein linearer Zusammenhang zwischen der Höhe der Investitionskosten und der Amortisationsdauer sowie dem resultierenden Wärmepreis festgestellt werden. Auffällig war hierbei, dass im technisch komplexeren Fall 9 „KWK-Stromerzeugung“ die Investitionssumme einen stärkeren Einfluss hatte. So führt ein Anstieg der Investitionssumme um 30 % im Fall 1 nur zu einer Steigerung der Amortisationsdauer von 30 %; im Fall 9 jedoch zu 50 %. Noch deut-

licher wird der unterschiedliche Einfluss der Investitionssumme beim resultierenden Wärmepreis. Hier führt ein Anstieg der Investitionssumme um 30 % zu einer Steigerung des Wärmepreises von 28 % im Fall 1, jedoch zu 98 % in Fall 9.

Dies lässt sich unter anderem darauf zurückführen, dass im Fall 9 sowohl Strom als auch Wärme produziert werden. Für das Produkt Strom sind die Einsparungen (Bezugspreis Strom) und Erlöse (Einspeisung; KWK-Index) zum Teil exogen vorgegeben. Die gestiegene Investitionssumme und auch die Betriebskosten können demnach nur von dem Produkt Wärme kompensiert werden, was unter anderem zu dem starken Anstieg des resultierenden Wärmepreises führt.

Abdeckungsgrad

Der Einfluss des Abdeckungsgrades unterscheidet sich grundsätzlich vom dem der Investitionssumme. Ein Anstieg des Abdeckungsgrades verkürzt die Amortisationsdauer bzw. den Wärmepreis leicht; eine Reduzierung des Abdeckungsgrades steigert die Amortisationsdauer bzw. den Wärmepreis hingegen überproportional stark.

In Fall 1 beeinflusst der Abdeckungsgrad die Amortisationsdauer deutlich stärker als in Fall 9. So führt hier eine Steigerung des Abdeckungsgrades um 25 % zu einer Reduzierung der Amortisationsdauer in Fall 1 um 21 %, in Fall 9 nur um 16 %. Bei einer Reduzierung des Abdeckungsgrades um 50 % fällt der Unterschied zwischen den Anwendungsfällen noch deutlicher aus. So steigt die Amortisationsdauer in Fall 1 um 112 %, in Fall 9 nur um 60 %.

Der Wärmepreis hingegen wird durch den Abdeckungsgrad in beiden Fällen gleich stark beeinflusst. Eine Steigerung des Abdeckungsgrades um 25 % führt zu einer Reduzierung des Wärmepreises um 20 %. Eine Senkung des Abdeckungsgrades um 50 % hingegen führt in beiden Fällen zu einer Verdopplung des resultierenden Wärmepreises.

Eine detaillierte tabellarische Aufbereitung der Daten findet sich im Anhang.

2.5 Ableitung von Betreiber- und Geschäftsmodellen

- Konzeptionelle Reflektion und Definition von Geschäftsmodellen
- Ableitung von Weiterentwicklungsansätzen unter Berücksichtigung der jeweiligen Chancen und Risiken

2.5.1 Vorgehen

Ausgangspunkt für die nachfolgenden Betrachtungen stellt die Feststellung dar, dass vielfältige wirtschaftliche Potenziale für die Abwärmenutzung bestehen. Es gilt, Geschäftsmodelle zu identifizieren, um die wichtigsten Elemente der Geschäftstätigkeit eines Unternehmens vereinfacht abzubilden bzw. bei deren Kernfunktionen zu unterstützen. Abwärmequellen liegen bei Unternehmen vor, die Güter erzeugen bzw. Leistungen bereitstellen, die mitunter geringe Überschneidungen zur „Energieförderung“ aufweisen. Sie haben somit zunächst keine unternehmerische Veranlassung, einen Dritten mit Energie zu versorgen und müssen auf mögliche Vorteile hingewiesen werden, die attraktiv genug erscheinen.

2.5.2 Definition von Geschäftsmodelle für Abwärme

Als ein Geschäftsmodell ist eine Abbildung einer Struktur einer Unternehmung zu verstehen und beschreibt zudem deren Wertschöpfung und Erlösmodell. In der Literatur existiert eine Vielzahl von Definitionen für Geschäftsmodelle bzw. deren Dimensionen (vgl. Scheer et al. 2003).

Die Aufrechterhaltung der Kernfunktion des Unternehmens ist daher von übergeordneter Bedeutung. Die Steigerung unternehmensinterner Wertschöpfung durch die Abwärmenutzung steht in Konkurrenz zu einer Vielzahl weiterer Optionen. Zusätzliche Erlöse zu generieren hat den branchenspezifischen Renditeerwartungen zu genügen.

Die Steigerung der Wertschöpfung setzt bei außerbetrieblichen Anwendungsfällen vertragliche Beziehungen zwischen unterschiedlichen Unternehmen voraus. Dabei ist zu beachten, dass nicht nur vertragliche Beziehung zwischen den abwärmeemittierenden Unternehmen und dem Energieverbraucher bestehen, sondern verschiedene Rollen existieren, die vertraglich zu regeln sind. Die Rollenbeschreibung kann sich hierbei klassischerweise an den Wertschöpfungsstufen in der Energieversorgung orientieren.

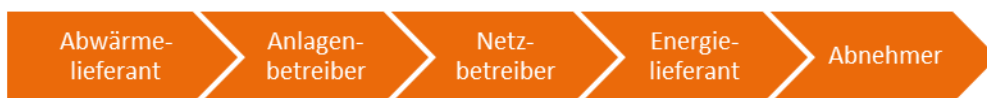


Abbildung 26 – Wertschöpfungsstufen der Energielieferung

Zu beachten ist, dass die Durchdringung einerseits maßgeblich die Wertschöpfungstiefe beeinflusst. Andererseits können Wertschöpfungsstufen gezielt ausgegliedert werden, um unternehmensinterne Zielsetzungen zu erreichen (z.B. Effizienzsteigerungen).

Demnach sind Geschäftsmodelle erforderlich, um die wirtschaftlichen Potenziale zu heben und klimapolitische und gesellschaftliche Zielsetzung zu erfüllen. Grundlage für die Analyse der Geschäftsmodelle stellt ein strukturierter Ansatz dar, der ein Geschäftsmodell in drei wesentliche Elemente gliedert: Produkt-/Marktkombination, Wertschöpfungsarchitektur und Ertragsmodell (vgl. u.a. Bieger et al. 2002).

Hinsichtlich der Produkt- und Marktkombination wird durch die Nutzung von Abwärme u.a. die Güter- mit der Energieerzeugung verknüpft. Eine zentrale für die außerbetriebliche Abwärmenutzung zur Wärmebereitstellung kommt dabei den Wärmenetzbetreibern zu. Diese ermöglichen erst die Wertschöpfung und übernehmen zumeist die Leistungsbereitstellung. Die Risiken aus den somit verknüpften Märkten treten damit in Wechselwirkung miteinander. Zur Stärkung der Kernfunktion der Abwärme emittierenden Unternehmen sind durch die Akteure die Risiken so zu verteilen, dass deren individuelle Anforderungen erfüllt werden.

Das technische Anlagendesign nach dem „plugin“-Prinzip bietet für standardisierbare Anwendungen Möglichkeiten zur Risikovermeidung. Ziel ist hier die Eingriffe in den Produktionsprozess zu minimieren und gleichzeitig die Werterhaltung der Anlagentechnik zur Abwärmenutzung sicherzustellen.

Zur flexiblen Umsetzung von technischen Konzepten bedarf es weiterhin Geschäftsmodelle, die eine vertragsrechtliche Sicherheit und damit Planbarkeit ermöglichen. Auf der anderen Seite sind benötigte Freiheitsgrade des der Abwärmequelle vorgelagerten Produktionsprozesses für etwa Instandsetzungsmaßnahmen oder verfahrenstechnische Veränderungen zu erhalten. Hierbei wird auf die inner- und außerbetrieblichen Abwärmenutzungskonzepte aus Teil 2.1 zurückgegriffen, um Geschäftsmodelle zu identifizieren.

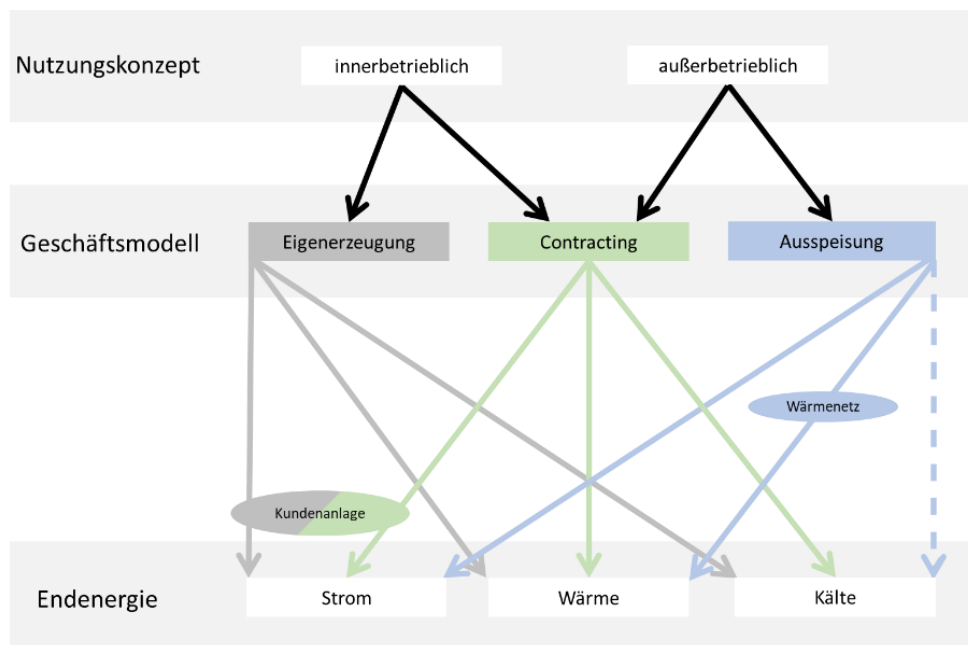


Abbildung 27: Geschäftsmodelle zur Abwärmenutzung

Aus rechtlichen Anforderungen setzen innerbetriebliche Anwendungsfälle zur Strombereitstellung das Vorhandensein einer Kundenanlage voraus. Hierbei beschränkt sich die (innerbetriebliche) Eigenerzeugung nicht lediglich auf die Strombereitstellung, sondern kann auch weiter auf die innerbetriebliche Wärme- und Kältebereitstellung gefasst werden. Da jedoch mit der Strombereitstellung aufgrund der EEG-Umlagereduktion (40% statt 100%) hohe wirtschaftliche Vorteile verbunden sind, wird dies zumeist hiermit gleichgesetzt.

Ebenfalls die Stromverwendung innerhalb der Kundenanlage ohne die EEG-Umlagereduktion bietet hohe wirtschaftliche Anreize. Dem stehen jedoch für die Strombereitstellung eine komplexe Anlagentechnik und ein damit verbundener hoher Invest gegenüber. Um nun die Kernfunktion der beteiligten Unternehmen zu unterstützen, können die in Teil 2.4 dargestellten wirtschaftlichen Potenziale durch externe Partner gehoben werden.

Unter Contractingmodellen werden verschiedene Markt- und Produktkombinationen erfasst. Contracting bietet Möglichkeiten zur vielseitigen Versorgung mit Produkten wie Strom, Wärme, Kälte oder Druckluft und kann sowohl außer- wie auch innerbetrieblich eingeordnet werden. Im innerbetrieblichen Contracting nimmt der Contractor die sonst ungenutzt an die Umgebung abgegebene Abwärme vom emittierenden Unternehmen auf, wandelt diese in die benötigte Endenergie und gibt diese an das emittierende Unternehmen zurück. Bei der außerbetrieblichen Abwärmenutzung erfolgt davon abweichend die Endenergieabgabe an die Contractingnehmer.

Erfolgt dahingegen im Gegensatz zum Contracting die Versorgung einer unbestimmten Anzahl Dritter, so erfolgt die Ausspeisung der erzeugten Strom-, Wärme- oder Kältemengen. Der Anlagenbetreiber zur Abwärmenutzung tritt sodann in Interaktion mit einem Netzbetreiber. Während die Anschlussmöglichkeiten an ein Stromnetz zumeist gegeben sind und die Vorgaben im Unbundling die Zielsetzung eines diskriminierungsfreien Stromnetzanschlusses von Anlagen verfolgen, ist eine gesonderte Stellung von Wärme- und Kältenetzen festzustellen.

2.5.3 Eigenversorgungsmodelle

Dazu kann der Stromverbraucher im einfachsten Falle selbst die gesamte Wertschöpfung der Erzeugungsanlage abbilden. In der Regel werden hier aber verschiedene Dienstleistungen von externen Anbietern zugekauft, beispielsweise die Wartung und Instandhaltung der Anlage im Sinne eines Betriebsführungscontractings. Eine weitere Ausprägung der Eigenversorgungsmodelle ist das sogenannte Pachtmodell. Hierbei übernimmt ein Contractor einen großen Teil der Wertschöpfungskette. Über einen Pachtvertrag wird jedoch die Betriebseigenschaft der Anlage auf den Energieverbraucher übertragen, um eine Eigenversorgung zu gewährleisten.

In größeren Gewerbebetrieben kommen Erzeugungsanlagen in einem ähnlichen Modell zur Anwendung. Auch hier wird die Abbildung einer Eigenversorgung angestrebt, wobei die EEG-Umlage dadurch nicht komplett, sondern nur teilweise eingespart werden kann. Die Finanzierung, Installation sowie der Betrieb der Anlage verbleiben beim Stromverbraucher. Bei größeren Anlagen kommt hier teilweise das Betriebsführungscontracting zur Anwendung, da Gewerbebetriebe sich häufig auf ihr Kerngeschäft konzentrieren möchten und daher zumindest die Wartung der Anlagen an Contractoren auslagern. Dieses Modell ist besonders in Gewerbeobjekten mit nur einem Verbraucher attraktiv, da nur ein einziger Verbraucher (im Sinne einer Gesellschaft) eine Eigenversorgung realisieren kann. Werden weitere Verbraucher am Standort mitversorgt, ergibt sich zwingend eine Lieferung von Strom und damit die EEG-Umlagepflicht sowie auch zusätzliche Pflichten eines Energieversorgers für den BHKW Betreiber. Um diesen Pflichten bei der niedrigeren Einsparung zu entgehen, tendieren die Betriebe in diesen Fällen eher zum Energieliefercontracting. Eine weitere typische Geschäftsmodellausprägung ist die Eigenversorgung im Rahmen des Pachtmodells.

2.5.4 Rollenbeschreibung in Contractingmodellen

Generell wird unter Contracting eine Auslagerung der Energieversorgung bzw. einzelner Teildienstleistungen der Versorgung an einen Dienstleister verstanden. Der Dienstleister übernimmt dabei in der Maximalausprägung alle anfallenden Tätigkeiten rund um den Betrieb der Erzeugungsanlagen und liefert seinen Kunden die benötigte Endenergie. Durch diese Erlöse müssen alle anfallenden Kostenpositionen gedeckt, sowie eine Marge erzielt werden. Generell gibt es jedoch verschiedene Ausprägungen in Bezug auf die angebotene Leistungstiefe sowie auch auf das Vergütungsmodell.

Tabelle 30: Ausprägungen von Contractingmodellen

	Energieliefer- Contracting	Energieeinspar- contracting	Finanzierungs- contracting	Betriebsfüh- rungscontracting
Definition	Contractor liefert Endenergie und trägt Verantwortung & Risiko für technische Anlage	Effizienzverbesserung & garantierte Energieeinsparung durch Contractor	Contractor finanziert & plant die technischen Anlagen. Betreiber ist Contractingnehmer	Contractingnehmer finanziert in seinem Eigentum verbliebene Anlage bei Neubetrieb oder Optimierung durch Contractor
Gängige Anwendungsbereiche	Bestands- & Neubau; Gewerbe; Industrie; Wohnungsbau; Sanierung/ Ersatzinvestitionen technischer Anlagen	Bestand; große Gebäudekomplexe; kommunaler Bereich, Gewerbe und Industrie	Technische Anlagen für Bestands- und Neubauten im gewerblichen und industriellen Bereich	Bestands- und Neubau; gewerblicher Bereich
Übergeordnete Ziele	Technische, ökologische und wirtschaftliche Optimierung der Versorgung	Energieeinsparung	Optimierung von Investitionsstrukturen	Betriebskostenoptimierung

Zu beachten ist in den verschiedenen Ausprägungen jeweils die Betreibereigenschaft, da es hier die zuvor angesprochene Überschneidung zu den Eigenversorgungsmodellen gibt.

Im Energieliefer-Contracting sowie im Energieeinspar-Contracting hat der Contractor die Betreibereigenschaft inne. Der Contractingnehmer bezieht Endenergie, welche vom Contractor geliefert wird. Wie oben ausgeführt, handelt es sich hierbei strom- und auch wärmeseitig immer um ein Lieferverhältnis.

Im Finanzierungscontracting sowie im technischen Anlagenmanagement verbleibt die Betreibereigenschaft jeweils beim Contractingnehmer. Dadurch liegt zwar ein Contracting-Verhältnis vor, im Hinblick auf die hier gewählte Unterteilung der Geschäftsmodelle zählen diese Ausprägungen jedoch zu den Eigenversorgungsmodellen und werden im nächsten Kapitel behandelt.

Nach der Rückmeldung aus der Branche ist das Energieliefercontracting von besonderer Relevanz, wohingegen das Finanzierungs- wie auch Betriebsführungscontracting aufgrund der geringen Wertschöpfungstiefe eher eine nachrangige Rolle einnehmen.

Ein Contracting-Modell wird in der Regel dann in Betracht gezogen, wenn am Standort mehrere Gewerbe angesiedelt sind, die Stromverbräuche in ähnlicher Höhe aufweisen. Hier könnte ohnehin nur einer der Verbraucher eine Eigenversorgung realisieren, sodass auf den Großteil des erzeugten Stromes die gesamte EEG-Umlage abzuführen ist und daher die Entlastung des Letztverbrauchers von der Betreibereigenschaft und den damit verbunde-

nen Pflichten die Einsparung aufwiegt. In diesem Modell übernimmt nun der Contractor regelmäßig die gesamte Leistungstiefe von Planung und Finanzierung über Installation, Betrieb, Wartung und Instandhaltung, Messung, Lieferung und Abrechnung der Strom- und Wärmemengen.

Zwischen den einzelnen Ausgestaltungsmöglichkeiten existieren wesentliche Abhängigkeiten. So ist beispielsweise die Art der Betriebsweise maßgeblich für das Produkt. Dabei ist zum Beispiel für die Erbringung von Systemdienstleistungen zwingend eine netzgeführte Betriebsweise notwendig.

2.5.5 Ausspeisung von Endenergie aus Abwärme

Für die außerbetrieblichen Anwendungsfälle zur Strombereitstellung stellen für Contractingmodelle Lock-In-Effekte aufgrund niedriger Strompreise für das produzierende Gewerbe und Industrie wirtschaftliche Hürden dar. Bei einer Stromvermarktung begrenzt das Strommarktumfeld im Großhandel die Umsetzung von Abwärmenutzungskonzepten bzw. erfordert großtechnische Anwendungen mit entsprechenden Skaleneffekten (vgl. Teil 2.4).

Für Ausspeisung von Wärme- und Kälte sind zunächst die Anschlussmöglichkeiten an bestehende Netze zu bewerten. Da hier nicht wie im Strombereich auf die im Unbundling beschriebenen rechtlichen Vorgaben zur Regelung der Anschlussmöglichkeiten zurückgegriffen werden kann, sind vorrangig wirtschaftliche Aspekte herauszustellen. Dabei sollte wie in der in Teil 2.4 verwandten Methodik die Einspeisung geringere Preise ausweisen, als die jeweilige Referenztechnologie, die verdrängt wird. In vielen Fällen erfolgt in bestehenden Netzen dessen Betrieb gemeinsam mit den angeschlossenen Erzeugungsanlagen. Hierdurch kann ein Interessenskonflikt vor dem Hintergrund der langen Investitionszyklen in der Energiewirtschaft erwachsen.

Mit dem Anschluss der Abwärmequelle an ein Wärme- oder Kältenetz sinken die Auslastung der bestehenden Erzeugungsanlagen und damit deren Deckungsbeitrag zur Abdeckung von Fixkosten für Anlagenpark und Netz. Dies ist in der Preisfindung zu berücksichtigen, verdeutlicht aber die Herausforderung bei der Bewertung einer Abwärmeeinspeisung. Der Netzbetreiber übernimmt die Aufgabe der Versorgungssicherheit der angeschlossenen Kunden. Mit der Abwärmenutzung steigt die Volatilität der Einspeisung ins Netz und entsprechende Back-Up- oder Speichertechnologie ist erforderlich, die zu Folgekosten führen. Andererseits kann ein weiterer Einspeiser dem Redundanzaspekt auch zuträglich sein.

Im Falle neuer Netze kommt es in vielen Versorgungsunternehmen bei der Umsetzung von Versorgungskonzepten häufig zu internen Auseinandersetzungen aufgrund von „Kannibalisierung“ verschiedener Geschäftsbereiche. Dies ist insbesondere bei vertikal integrierten Unternehmen der Fall, die Strom-, Gas und Fernwärme vertreiben, den jeweiligen Netzbetrieb abbilden und ggf. zusätzlich eigene Erzeugungsanlagen betreiben. Hier ergibt sich regelmäßig die Situation, dass durch die Erzeugung und lokale Belieferung der Endkunden der Absatz der zentral erzeugten Produkte Fernwärme und Strom und damit auch die Auslastung der Erzeugungsanlagen gemindert wird. Die auf Objektebene durchaus gegebene Wirtschaftlichkeit des Geschäftsmodells fällt dann regelmäßig in sich zusammen, wenn das Gesamtunternehmen in die Betrachtung gezogen wird. Ist die Motivation eine Dekarbonisierung des Wärmenetzes, ist die Ausgangslage für die Bewertung der Abwärmeeinbindung jedoch eine andere.

Chancen

Als Erfolgsfaktoren in der Umsetzung von Geschäftsmodellen zur innerbetrieblichen Abwärmenutzung konnte vor allem die effiziente Abwicklung der Vielzahl der notwendigen Prozesse analysiert werden. Die wirtschaftliche Umsetzung der Geschäftsmodelle mit großer Leistungstiefe durch Dienstleister setzt außerdem eine hohe, im eigenen Unternehmen darstellbare Leistungstiefe voraus. Je mehr Leistungsbestandteile an dritte Unternehmen ausgelagert werden müssen, desto kleiner werden die eigenen Margen und desto weniger wirtschaftlich das Gesamtprojekt. Aufgrund spezieller Vorgaben für Wärme- und Strompreise im Contracting-Modell muss hier außerdem die Wirtschaftlichkeit immer auf Objektebene betrachtet werden.

Risiken

Ein Hemmnis der innerbetrieblichen Anwendungsfälle stellt die hohe Komplexität der Modelle dar. Der Contractor hat eine Vielzahl von Geschäftsprozessen sowie auch immer mehr bürokratische Vorgaben rechtssicher abzubilden. Wie zuvor erläutert steigt oder sinkt die Gesamtmenge mit der intern abzubildenden Leistungstiefe. Je mehr der dargestellten Leistungen der Contractor intern abbilden kann, desto wirtschaftlicher wird das Gesamtprojekt. Bei geringer Leistungstiefe besteht die Gefahr, dass der Contractor zu einem reinen „Projektmanager“ wird, der lediglich andere Dienstleister koordiniert. Bei der Eigenversorgung sind eine Vielzahl von zusätzlichen rechtlichen Anforderungen zu berücksichtigen.

Auch der rechtliche Rahmen mit einer Vielzahl an verschiedenen, unter Beachtung der Vorgaben der Gesetzesgrundlagen, zu schließenden Verträgen, wirkt bisher abschreckend auf potentielle Umsetzer des Geschäftsmodells. Weiterhin sind die zuvor dargestellten verschiedenen Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit potenziellen Partnern in der Immobilienwirtschaft immer schwerer vermittelbar.

2.6 Ergebnisse für Arbeitspaket 2

In dem Arbeitspaket werden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale zur Abwärmenutzung umfänglich untersucht. Dabei wird festgestellt, dass die Investition in die Anlagentechnik, die zur Erschließung einer Abwärmequelle direkt erforderlich ist, selbst ohne Berücksichtigung einer Investitionsförderung durch die KfW von 30% (bei KMU 40%) hohe wirtschaftliche Potenziale aufweist.

Die Konzepte zur Wärmeerzeugung sind dabei in vielen Fällen, vorbehaltlich einer Einzelfallbewertung, als konkurrenzfähig gegenüber der bisherigen Bereitstellung anzusehen. Bei den Stromanwendungen ist herauszustellen, dass die komplexe Anlagentechnik eine hohe Auslastung erfordert. Eine Stromeinspeisung in das Netz der allgemeinen Versorgung und Stromvermarktung zu Großmarktpreisen ist für kleintechnische Konzepte nicht wirtschaftlich. Daher setzt die Stromerzeugung aus Abwärme zumeist eine innerbetriebliche Nutzung voraus. Regulatorische Befreiungs- bzw. Reduktionstatbestände führen zu Lock-In-Effekten, da die Abwärmeverstromung mitunter nicht konkurrenzfähig zu alternativen Stromversorungskonzepten ist. Hierbei ist herauszustellen, dass insbesondere Branchen mit einem hohen Anteil der Abwärmepotential signifikant von Minderungs- oder Befreiungstatbeständen profitieren. Daher eignen sich Abwärmenutzungsmodelle zur Stromerzeugung in der Regel mehr für Unternehmen, die keiner Privilegierung unterliegen. Unter dem aktuellen politischen Regime ist Abwärmeverstromung aus Techno-ökonomischer Sicht herausfordernd, verglichen zu anderen Nutzungsoptionen, wie etwa zur Wärmebereitstellung.

Hieraus wird deutlich, dass obwohl wirtschaftliche Potenziale vorliegen, auch Hemmnisse bestehen, die nicht unmittelbar quantitativ zu bewerten sind. Es werden daher Geschäftsmodelle beschrieben, die die Umsetzung von Nutzungskonzepten unterstützen können. Für diese Modelle ist die mitunter hohe rechtliche Komplexität zu betonen.

Weiterhin ist neben der Komplexität des Energierechts auch die schnelle Veränderbarkeit des regulatorischen Rahmens und die damit verbundene schlechte Planbarkeit der Wirtschaftlichkeit der vorgestellten Geschäftsmodelle ein zentrales Hemmnis in der Umsetzung. Hier spielen auch die politischen Signale eine Rolle, da derzeit der Eindruck gewonnen werden kann, dass dezentrale gegenüber zentralen Versorgungskonzepten etwa bei der Ausgestaltung von Förderregimes zurückstehen. Dies beschränkt Möglichkeiten zur profitablen Umsetzung von dezentralen Konzepten und könnte bei der Novellierung anstehender Förderregime mit Bedacht werden.

Dennoch werden wirtschaftliche Potenziale für die Abwärmenutzung aufgezeigt. Die Herausforderung besteht daher darin die Integration in eine bestehende Energieinfrastruktur anzureizen, damit ein steigender Anteil der Abwärme genutzt werden kann. Dies erfordert einen die Wertschöpfungsstufen übergreifenden Ansatz, der den jeweiligen wirtschaftlichen Anforderungen der zu beteiligenden Akteure entspricht.

2.7 Literaturverzeichnis für Arbeitspaket 2

Bieger, T.; Bickhoff, N.; Caspers, R.; Knyphausen-Audseß, D.; Reding, K. (2002): Zukünftige Geschäftsmodelle - Konzept und Anwendung in der Netzökonomie.

EEX (2018): KWK-Index, online abrufbar unter <https://www.eex.com/de/marktdaten/strom/spotmarkt/kwk-index/kwk-index-download> (06.11.2018).

Gabler (2018a): Amortisationsrechnung, online abrufbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/amortisationsrechnung-28201/version-251836> (06.11.2018).

Gabler (2018b): Kapitalwert, online abrufbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/kapitalwert-39806/version-263207> (06.11.2018).

Hirzel, S.; Sonntag, B.; Rhode, C. (2013): Industrielle Abwärmenutzung, online abrufbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2013/Kurzstudie_Abwaermenutzung.pdf (08.11.2018).

Kaltschmitt, M.W.; Streicher, W.; Wiese, A. (2013): Erneuerbare Energie: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekte.

Leipziger Institut für Energie GmbH (2018): Preisbericht für den Energiemarkt in Baden-Württemberg 2017.

Lucas, K.; Gebhardt, M.; Kohl, H.; Steinrötter, T. (2002): Preisatlas - Ableitung von Kostenfunktionen für Komponenten der rationellen Energienutzung.

Müller, C. (2008): Leistungszahlen für Kälte-, Klima- und Wärmepumpensysteme, online abrufbar unter <http://www.reftec.ch/downloads/Leistungszahlen.pdf> (08.11.2018).

Sächsische Energieagentur (2012): Technologien der Abwärmenutzung, online abrufbar unter <http://www.energieeffizienz-handwerk.de/files/620/399845.pdf> (08.11.2018).

Sächsische Energieagentur (2016): Technologien der Abwärmenutzung, online abrufbar

unter
[http://www.saena.de/download/Broschueren/BU_Technologien_der_Abwaerme-
nutzung.pdf](http://www.saena.de/download/Broschueren/BU_Technologien_der_Abwaerme-
nutzung.pdf) (08.11.2018).

Arbeitspaket 2: Ist-Analyse
Erschließungsmöglichkeiten

Scheer, C.; Deelmann, T.; Loos, P. (2003): Geschäftsmodelle und internetbasierte Geschäftsmodelle – Begriffsbestimmung und Teilnehmermodell, online abrufbar unter <http://wi.bwl.uni-mainz.de/publikationen/isym012.pdf> (06.11.2018).

Statista (2018): Prognose zu den Brennstoffpreisen für Energieträger frei Kraftwerk in den Jahren 2008 bis 2050, online abrufbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168030/umfrage/prognose-zu-brennstoffpreisen-fuer-energetraeger-frei-kraftwerk/> (07.11.2018).

Verein Deutscher Ingenieure (2013): VDI-Wärmeatlas.

Wietschel, M.; Arens, M.; Dötsch, C.; Herkel, S. (2010): Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung: Technologienbericht.

3 Arbeitspaket 3: Politik- und Rechtsrahmen

Arbeitspaket 3 widmet sich den politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen der Abwärmenutzung. Hierzu werden in einem ersten Schritt politische Konzepte und Strategien in Bezug auf die Abwärmenutzung untersucht, um den Status quo der politischen Debatte abzubilden.

Im Rahmen der Untersuchung zu den rechtlichen Rahmenbedingungen wird der gesamte relevante Rechtsbestand analysiert und im Hinblick auf Hemmnisse sowie Anreize bei der Abwärmenutzung eingeordnet. Dabei finden Normen und rechtliche Festlegungen aus den Bereichen des Planungs- und Genehmigungsrechts und den weiten Rechtsbereichen des Energie- und Energiewirtschaftsrechts Eingang in die Untersuchung. Ergänzt wird die Untersuchung um bestehende Fördermöglichkeiten für die Abwärmenutzung.

3.1 Politische Konzepte und Strategien

- Die Nutzung von Abwärme tritt sowohl in Strategiepapieren der EU, als auch auf Bundes- und Länderebene immer mehr in den Vordergrund.
- Abwärmenutzung wird als Potential gesehen, die Abhängigkeit der Wärmeversorgung durch fossile Energien zu reduzieren und eine flexiblere und lokale Wärmeversorgung aus alternativen Wärmequellen auszubauen.

3.1.1 Auf EU-Ebene

Auf EU-Ebene findet sich die Notwendigkeit für eine ausgebaute Wärme- und Kälteinfrastruktur in ihrem 2016 veröffentlichten Winterpaket „Saubere Luft für alle Europäer“⁷. Neben Vorgaben zur Strom- und Gasversorgung werden hier auch Regelungen zur Wärme- und Kälteerzeugung dargestellt. Nach der Kommissionsmitteilung fällt auf die Wärme- und Kälteerzeugung für Gebäude und Industrie etwa die Hälfte der in der EU verbrauchten Energie. Dazu werden heute noch bis zu 75% fossile Brennstoffe eingesetzt.⁸ Deshalb soll die Strategie eine effizientere und nachhaltigere Wärme- und Kälteerzeugung herbeiführen. Diese Veränderungen und eine flexiblere Ausgestaltung des Stromversorgungssystems sollen wiederum CO₂-Emissionen verringern.

Insbesondere in industriellen Prozessen und Infrastrukturen fällt oftmals ungenutzte Abwärme und Abkälte an, die in nahegelegenen Gebäuden genutzt werden könnten. Industrielle Abwärme, die als Nebenprodukt anfällt, könnte deshalb zur Heizung von naheliegenden Gebäuden genutzt werden. Gleiches gilt für Abkälte, die wiederum als Kühlmittel Verwendung finden könnte.

⁷ EU Kommission, Mitteilung „Saubere Energie für alle Europäer“, 30.11.2016, COM(2016) 860 final, S. 10.

⁸ EU Kommission, Pressemitteilung „Auf dem Weg zur Energieunion: Kommission legt Paket zur nachhaltigen Sicherung der Energieversorgung vor“, 16.2.2016, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-307_de.htm. Im Internet zuletzt abgerufen am 25.10.2018.

Für Abwärme schlägt das Factsheet zur effizienten und nachhaltigen Wärme- und Kälteversorgung drei generelle Nutzungsbereiche vor:⁹

Die direkte Abwärmeeinspeisung über das Fernwärmenetz, die Kälteerzeugung aus Abwärme (bspw. mit adsorptiven Kälteanlagen) und Bereitstellung dieser Kälte für ein Fernkältenetz, zudem die Weiterentwicklung der Wärme- und Kälteinfrastruktur durch nationale und lokale Behörden.

Neben der allgemeinen KWK-Förderung sollen auch innovative Technologien stärker in den Vordergrund gerückt werden. Die Kommission erwähnt dazu explizit Förderungsmaßnahmen für KWK-Anlagen, die durch erneuerbare Energien oder Abwärme betrieben werden.¹⁰

Generell fordert die Kommission die Mitgliedsstaaten auf, Lösungen für energetische Verbesserungen von besonders Mietwohnungen in Privateigentum zu finden.¹¹ Wie schon im Bereich der Strom- und Gasversorgung soll der Verbraucher stärker zu einer effizienteren Ressourcennutzung motiviert werden und Unternehmen angehalten werden, die Empfehlungen von Energieaudits umzusetzen. Für besonders durch Energiearmut gefährdete Verbraucher sollen die Mitgliedsstaaten Finanzmittel für eine zusätzliche Unterstützung bereitstellen.¹²

3.1.2 In Deutschland

Auch auf nationaler Ebene bestehen Bestrebungen, die Weiterentwicklung der Abwärmennutzung zu fördern. So wird im Klimaschutzplan 2050 aus dem Jahr 2016 festgehalten, dass Abwärmemengen künftig konsequent und strategisch, sowohl in der Industrie als auch in Wohngebieten genutzt werden sollen. Dabei sind alle Nutzungsoptionen in Betracht gezogen werden, einschließlich der Verstromung und der Auskopplung in Wärmenetze.¹³ Auch die Energieeffizienzstrategie Gebäude erkennt die Potenziale der Abwärmennutzung, sieht hierbei jedoch den Fokus eher in der Wärme, die bei der Stromerzeugung ohnehin entsteht und stellt so den KWK-Prozess in den Mittelpunkt.¹⁴

⁹ EU Kommission, Factsheet „Übergang zu einer intelligenten, effizienten und nachhaltigen Wärme- und Kälteerzeugung“, 16.2.2016, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-311_de.htm.

¹⁰ EU Kommission, Mitteilung „Eine EU-Strategie für die Wärme- und Kälteerzeugung“, 16.2.2016, COM(2016) 51 final, S. 15.

¹¹ Z. B. sollen Gebäuderenovierungen erleichtert werden, siehe EU Kommission, Factsheet „Übergang zu einer intelligenten, effizienten und nachhaltigen Wärme- und Kälteerzeugung“, 16.2.2016, http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-311_de.htm.

¹² EU Kommission, Mitteilung „Eine EU-Strategie für die Wärme- und Kälteerzeugung“, 16.2.2016, COM(2016) 51 final, S. 12 ff.

¹³ BMUB, Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, November 2016, S. 60.

¹⁴ BMWi, Energieeffizienzstrategie Gebäude – Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, 18. November 2015, S. 26.

Weitere wichtigste Einflüsse in diesem Bereich finden sich in der kürzlich geänderten Richtlinie für die Förderung der Abwärmevermeidung und Abwärmenutzung in gewerblichen Unternehmen, als auch im Nationalen Aktionsplan für Energieeffizienz (NAPE) von 2014 und weiteren Publikationen wie dem Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 und dem Energiekonzept von 2010. Ein wichtiges Steuerungsinstrument für die Energieeffizienzpolitik in Deutschland ist der NAPE. Er bestimmt die Zielsetzungen für die Effizienzpolitik: die Förderung von Energieeffizienz im Gebäudebereich; die Entwicklung der Energieeffizienz als Rendite als Geschäftsmodell; die Erhöhung der Eigenverantwortlichkeit für Energieeffizienz.

Förderungen sind im Rahmen des KfW-Energieeffizienzprogramms für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in der Form eines zinsgünstigen Darlehens möglich (mehr dazu unter 3.3).

Das Konzept der „offensiven Abwärmenutzung“ soll inner- und außerbetriebliche Maßnahmen zur Abwärmevermeidung, Abwärmenutzung und zur Verstromung von Abwärme fördern. Dazu sollen bisher ungenutzte Energiesparpotentiale erschlossen werden. Die Bundesregierung soll Maßnahmen zur Abwärmevermeidung treffen und Abwärmenutzung stärker in den Vordergrund stellen. Besonders Energieberatung, aber auch vereinfachte Zuschussforderung sollen Unternehmen bei dieser Umwandlung unterstützen.

Die geänderte Richtlinie für die Förderung der Abwärmevermeidung und Abwärmenutzung in gewerblichen Unternehmen¹⁵ aus dem Jahr 2017 ist eines der wichtigsten Förderungsprogramme für Abwärmenutzung auf Bundesebene. Mit einer technologieoffenen Förderung der Vermeidung und Nutzung von Abwärme gewerblicher Unternehmen sollen finanzielle Anreize für Investoren gesetzt und dadurch Einsparungen von CO₂-Emissionen erreicht werden. Dazu sollen im Jahr 2020 zusätzliche CO₂-Einsparungen von rund 1 Mio. Tonnen erzielt werden. Die Richtlinie fördert dazu Investitionen in die Modernisierung, Erweiterung und den Neubau von Anlagen oder Verbindungsleitungen zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme. Fördertatbestände sind:

- Innerbetriebliche Vermeidung und Nutzung von Abwärme,
- Außerbetriebliche Nutzung von Abwärme,
- Verstromung von Abwärme und
- Abwärmekonzepte, sowie Umsetzungsbegleitung und Controlling, allerdings nur bei Projektumsetzung und nicht im Vorfeld zur Entscheidungsfindung

Besonders die Förderung von Abwärmeverstromung stellt eine Neuerung dar. Die Förderung kann als Tilgungszuschuss oder Investitionszuschuss gewährt werden. Die Richtlinie schließt die Kumulierung mit anderen Förderprogrammen aus bundes- oder landeshaushaltlichen Mitteln aus. Das darauf aufbauende Förderprogramm „KfW Effizienzprogramm Abwärme“ wird unter 3.3.1 weitergehend erläutert.

¹⁵ BMWi, Änderung der Richtlinie für die Förderung der Abwärmevermeidung und Abwärmenutzung in gewerblichen Unternehmen, 25.08.2017, im Internet abrufbar unter: https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abwaermerichtlinie.pdf?__blob=publicationFile&v=16 zuletzt abgerufen am 25.10.2018.

3.1.3 In Baden-Württemberg

Auch auf der Landesebene bestehen Strategien zur Förderung von Abwärme. Sowohl das Energiekonzept Baden-Württemberg 2020 aus dem Jahr 2007¹⁶, als auch das Landeskonzept KWK Baden-Württemberg aus dem Jahr 2015¹⁷ gehen auf die Förderung von Abwärme ein.

Im Energiekonzept Baden-Württemberg 2020 wird aufgegriffen, dass eine nachhaltige Energieversorgung nur gelingen kann, wenn weniger Energie effizienter verbraucht wird. Im Rahmen von Förderung von Wärmenetzen, werden auch Nutzungspotentiale für Abwärmenutzung gefördert, wie im Förderprogramm „Heizen und Wärmenetze mit regenerativen Energien“ und im „Entwicklungsprogramm Ländlicher Raum“.

Das Landeskonzept KWK Baden-Württemberg stellt fest, dass 2013 rund 7,3 TWh/a KWK-Strom erzeugt wurde, was 12% der baden-württembergischen Bruttostromerzeugung darstellt. In einem Zeitraum von 2003-2013 ist damit kein klarer Aufwärtstrend ableitbar. Bis 2020 soll der Anteil von 12 auf 20% erhöht werden und die Stromproduktion aus KWK ca. 13 TWh/a betragen. Im Landeskonzept KWK wurden 17 konkrete Maßnahmen auf den Weg gebracht. Neben mehreren Aktivitäten im Bereich Information, Beratung und Qualifizierung wurden Förderbausteine installiert und ein Kompetenzzentrum KWK eingerichtet.

Um ein stärkeres Bewusstsein für nutzbare Potentiale zu schaffen, sollen im Energieatlas Abwärmepotentiale kenntlich gemacht werden, die ungenutzte Wärmepotentiale aus industrieller Abwärme systematisch erfassen und prüfen, ob die Nutzung der Wärme durch Dritte möglich erscheint. Ebenso soll Abwärmenutzung in landeseigenen Förderprogrammen für Wärmenetze unterstützt werden. Im Integrierten Energie- und Klimaschutz Konzept Baden-Württemberg, IEKK, sind explizit zwei Abwärmemaßnahmen benannt nämlich M59 Potentialanalyse für Industrieabwärme sowie M60 Marktmodelle zur Einspeisung von Abwärme in Wärmenetze. Seit 2018 wird im Programm Klimaschutz-Plus die Erstberatung Abwärmenutzung mit 50% bis maximal 6.000 Euro bezuschusst.

¹⁶https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/Altdateien/202/Energiekonzept_BW_2020.446953.pdf.

¹⁷https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/mum/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Landeskonzept_KWK_BW.pdf.

3.2 Rechtliche Rahmenbedingungen der Abwärmenutzung

3.2.1 Planungs- und Genehmigungsrecht

- Im Rahmen des baurechtsbezogenen Planungsrechts kann die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie besonders berücksichtigt werden. Spezielle Bezüge zu Abwärme sind der Bauleitplanung jedoch nicht zu entnehmen.
- Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung kann Abwärme als ein Baustein in eine Gesamtwärmeplanung integriert werden, dazu sind den Kommunen jedoch planungsrelevante geeignete Daten zur Verfügung zu stellen
- Betreiber von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen müssen u.a. der Pflichten zu einer sparsamen effizienten Energieverwendung nachkommen. Verbindliche Vorgaben in Bezug auf Mindesteffizienzstandards oder die Abwärmenutzung sind aus dem Rechtsbestand jedoch nicht herzuleiten.
- Bestimmte Großanlagen sind zu einem Kosten-Nutzen-Vergleich und zu einer Wirtschaftlichkeitsanalyse in Bezug auf eine Abwärmenutzung verpflichtet (KNV-V). In der Praxis hat diese Verpflichtung jedoch nur geringe Bedeutung.

Ziel dieses Abschnittes ist es, Hemmnisse in Bezug auf die Abwärmenutzung im Bereich der Planung, Anlagengenehmigung und der Infrastruktur zu ermitteln.

3.2.1.1 Baurechtsbezogenes Planungsrecht

Die (Ab-)Wärmeplanung erfolgt aufgrund ihres lokalen Bezugs eher auf nachgelagerter Planungsebene¹⁸. Entsprechend verdichtet sich die vorliegende Darstellung auf die Vorgaben der Bauleitplanung (Flächennutzungsplan und Bebauungsplan).

Nach § 1 Abs. 5 BauGB sollen die Bauleitpläne eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen miteinander in Einklang bringen, und eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung unter Berücksichtigung der Wohnbedürfnisse der Bevölkerung gewährleisten.¹⁹

Übergreifend sind bei der Aufstellung der Bauleitpläne nach § 1 Abs. 6 Nr. 7 lit. f BauGB unter anderem die Belange des Umweltschutzes und die Nutzung erneuerbarer Energien sowie die sparsame und effiziente Nutzung von Energie besonders zu berücksichtigen.

Konkrete Vorgabe zu einer Abwärmenutzung sind den rechtlichen Normen, welche die Bauleitplanung zum Gegenstand haben, nicht zu entnehmen. Es sind jedoch, das macht § 1 Abs. 5 BauGB deutlich, globale Klimaschutzaspekte in den Bauleitplänen zu berücksichtigen.

¹⁸ Dem vorgelagert sind insbesondere das Raumordnungsrecht und das Recht der Regionalplanung

¹⁹ Goppel/Runkel, in: Spannowsky/Runkel/Goppel, ROG, 1. Auflage 2010, § 4 Rn. 32.

gen.²⁰ Belange des Klimaschutzes und der Energieeinsparung werden im Bauplanungsrecht an verschiedenen Stellen direkt oder mittelbar adressiert, vgl. bspw. § 5 Abs. 2 Nr. 2b und c BauGB oder § 9 Abs. 1 Nr. 12, 13, 21 und 23 BauGB

3.2.1.2 Kommunale Wärmeplanung

- Die kommunale (Ab-)Wärmeplanung ist Gegenstand der kommunalen Planungshoheit (Art. 28 GG)
- Eine Abwärmeplanung auf kommunaler Ebene sollte in eine Gesamtwärmeplanung eingebettet werden
- Den Kommunen fehlen jedoch oftmals planungsrelevante Daten. Andere Bundesländer haben diesen Mangel erkannt und den Kommunen bestimmte Auskunftsansprüche zur Seite gestellt

In letzter Zeit wird in der Fachbranche verstärkt das Instrument der „kommunalen Wärmeplanung“ diskutiert. Durch Planung können frühzeitig und lenkend stadtplanerische Aspekte, Besonderheiten sowie individuelle Herausforderungen adressiert werden und steuernd Einfluss auch auf die Energieversorgung der Gemeinde genommen werden. Die Wärmeversorgung zeichnet sich im Gegensatz bspw. zur Stromversorgung dadurch aus, dass sie regelmäßig auf begrenztem Gebiet erfolgt und die Wärme entweder dezentral im jeweiligen Gebäude erzeugt oder durch Wärmenetze, die aufgrund von Leitungsverlusten in ihrer Ausdehnung begrenzt sind, verteilt wird.

Aufgrund dieser flächenmäßigen Begrenzung des Wirkungsbereichs bietet die Wärmeplanung eine optimale Möglichkeit für Kommunen ihre Wärmeversorgung langfristig zu planen.

Eine kommunale Wärmeplanung, wie sie vorliegend verstanden wird, sollte die Wärmeversorgung umfassend in den Blick nehmen. Es gilt die spezifischen Erzeugungsoptionen, die verschiedenen Verbraucher(gruppen) und ggf. die Verteilung in den Blick zu nehmen. Entsprechend ist die kommunale Wärmeplanung kein Instrument, das ausschließlich Abwärme in den Fokus nehmen sollte. Durch gezielte Planung kann aber beispielsweise der optimale Standort eines abwärmeerzeugenden Unternehmen bereits frühzeitig gefunden und in die Gesamtwärmeplanung einer Kommune integriert werden. Wie ein kommunaler Wärmeplan aussehen kann und was bei der Aufstellung grundsätzlich zu beachten ist hat die Agentur für Erneuerbare Energien 2016 in einer Broschüre zusammengestellt.²¹

Der Rechtsbestand adressiert die kommunale Wärmeplanung bislang kaum. Insbesondere eine Verpflichtung zur Aufstellung kommunaler Wärmepläne existiert – jedenfalls in Baden-

²⁰ Begründung Gesetzesentwurf Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes bei der Entwicklung in den Städten und Gemeinden BT Drs. 344/11 S. 10; Mitschang: Die Umsetzung klimaschützender und energieeinsparungsbezogener Anforderungen in der Bauleitplanung und im Besonderen Städtebaurecht – Sachstand und Perspektiven, ZfBR 2010, 534 (534 f.)

²¹ Abrufbar unter: https://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/531.79_Renews_Spezial_Waermeplanung_Nov2016.pdf. Einen weiteren Leitfaden hat die Böll Stiftung in Zusammenarbeit mit dem ifeu Institut in Heidelberg herausgegeben, abrufbar unter: https://www.boell.de/sites/default/files/waermewende-in-kommunen_leitfaden.pdf?dimension1=division_oen beide zuletzt abgerufen am 25.10.2018.

Württemberg - bislang nicht. Sie soll jedoch bei der aktuellen Novellierung des Klimaschutzgesetzes für große Kreisstädte verpflichtend aufgenommen werden. Eine bestehende Förderung zur kommunalen Wärmeplanung im Rahmen des Programms Energieeffiziente Wärmenetze wird bisher kaum in Anspruch genommen. Unbestritten ist jedoch, dass die Kommunen das Recht haben, auf ihrem Gebiet entsprechende Pläne aufzustellen. Denn aus Art. 28 Abs. 2 GG ergeben sich für die Kommunen eine Reihe von Hoheitsrechten, unter Ihnen auch die Planungshoheit. Die Planungshoheit bringt zum Ausdruck, dass die Gemeinde wesentliche Entscheidungen über die zukünftige Gestaltung des Gemeindegebiets treffen darf.²²

Die Kompetenz der Kommunen zum Erlass entsprechender Wärmepläne stellt somit grundsätzlich kein Hemmnis dar. Hemmend könnte sich aber auswirken, dass den Kommunen entsprechende Planungsdaten fehlen. Grundlage einer jeden Planung ist die Kenntnis über relevante Daten.

So ist für die Planung erforderlich, dass die Kommune gebündeltes Wissen generiert in Bezug auf bspw. Umfang, Alter und Standorte von Wärmeverbrauchern und -erzeugern, eingesetzte Brennstoffe, energierelevante Daten von Wärmenetzen, die nicht in kommunaler Hand sind (Alter, Art, Leitungslänge, Temperaturniveau, Volumenströme, eingesetzte Brennstoffe, Primärenergiefaktor etc.). Schließlich können auch Informationen zu Standort, Temperaturniveau und Volumenstrom von Abwärmequellen zu einer umfassenden Wärmeplanung beitragen.

In anderen Bundesländern besteht vereinzelt ebenfalls die Tendenz, die Aspekte der kommunalen Wärmeplanung stärker gesetzlich zu verankern. So hat beispielsweise das Land Schleswig-Holstein die Herausforderung der fehlenden Planungsdaten erkannt und den Kommunen zur Erstellung eines Wärmeplans in § 7 EWKG-SH²³ einen Auskunftsanspruch zur Seite gestellt, der es den Kommunen ermöglicht, von privaten Unternehmen, öffentlichen Stellen und bevollmächtigten Schornsteinfegern die für eine strategische Wärmeplanung relevanten Daten zu erhalten.

Auch Thüringen geht mit dem Gesetzentwurf²⁴ zum Thüringer Klimagesetz den Weg einer Stärkung der kommunalen Wärmeplanung und legt mit dem Instrument des intendierten Ermessens („soll“-Vorschrift) nach § 8 Abs. 3 ThürKlG-E fest, dass eine Wärmeanalyse als Mindestanforderung eine grobe Einschätzung der im jeweiligen Gemeindegebiet anfallenden Wärmeenergiebedarfe und -quellen, einschließlich Abwärme, beinhalten soll. Auch werden nach § 8 Abs. 4 ThürKlG-E Energie-, Gewerbe-, Industrie- und Landwirtschaftsunternehmen sowie öffentliche Stellen verpflichtet, den Gemeinden und Landkreisen zur Erstellung der Klimastrategien sowie Wärmeanalysen und -konzepte nach den Absätzen 2 und 3 auf Anforderung erforderliche und verfügbare Energiedaten zu übermitteln.

²² Mehde, in: Maunz/Dürig, Kommentar zum GG, 81. EL Sept. 2017, Art. 28 Rn. 59.

²³ EWKG: Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein, abrufbar unter: <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=EWKSG+SH+%C2%A7+1&psml=bssshoprod.psml&max=true>

²⁴ Thüringer Landtag Drs. 6/4919.

- Anlagen zur Abwärmenutzung, welche bestehende genehmigungsbedürftige Anlagen (bspw. Schmelzöfen) ergänzen, müssen der zuständigen Behörde regelmäßig nach § 15 BImSchG angezeigt werden. Die Frage der konkreten Genehmigungsbedürftigkeit hängt maßgeblich vom Einzelfall ab. Insgesamt dürften die Anforderungen jedoch gering sein, da Emissionen verhindert und nicht erzeugt werden.
- Betreiber von genehmigungsbedürftigen Anlagen sind grundsätzlich verpflichtet, immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass Energie sparsam und effizient verwendet wird. Diese Anforderung ist im untergesetzlichen Regelwerk jedoch kaum konkretisiert. Anlagen, welche dem TEHG unterfallen, dürfen nicht mit zusätzlichen Effizienzpflichten belegt werden.
- Betreiber nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen unterfallen grundsätzlich nicht der Pflicht zu sparsamen und effizienten Energieverwendung.
- Bestimmte Großanlagen sind zu einem Kosten-Nutzen-Vergleich und zu einer Wirtschaftlichkeitsanalyse in Bezug auf eine Abwärmenutzung verpflichtet (KNV-V). Praktisch betrifft diese Verpflichtung jedoch nur wenige Anlagen und sie kann leicht erfüllt bzw. umgangen werden.

Das vorangegangene Kapitel hatte die Planung zum Gegenstand, also insbesondere die längerfristige Raumnutzung. Der folgende Abschnitt widmet sich dagegen dem Genehmigungsrecht, das der Planung folgt und insbesondere raumgestalterische Aspekte und solche der Gefahrenabwehr oder zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen zum Gegenstand hat.

Das immissionsschutzbezogene Genehmigungsrecht ist grundsätzlich anlagenbezogen und es wird von hoheitlicher Stelle überprüft, ob die Errichtung bzw. Modifizierung einer Anlage mit den Planungsgrundsätzen und den allgemeinen rechtlichen Anforderungen im Einklang steht.

Die vorliegende Studie untersucht Abwärmenutzungspotenziale in Baden-Württembergischen Unternehmen. Entsprechend geht es regelmäßig um die Genehmigungsfähigkeit von Gebäuden bzw. immissionsschutzrechtlichen Anlagen. Sowohl das Baurecht, als auch das Immissionsschutzrecht kennen den Begriff der „Anlage“, sodass in Bezug auf die Genehmigungen eine gewisse Überschneidung gegeben ist.²⁵ Dieses Nebeneinander von verschiedenen Genehmigungsverfahren wird maßgeblich geregelt durch die Konzentrationswirkung des § 13 BImSchG. Durch die Konzentrationswirkung nimmt das immissionsschutzrechtliche Prüfprogramm das Baurecht und die anderen genehmigungsrelevanten Vorschriften in sich auf, wie aus § 6 Abs. 1 Nr. 2 BImSchG ersichtlich wird.²⁶ Entsprechend ist in einer Genehmigung nach dem BImSchG regelmäßig auch eine Genehmigung nach dem Baurecht enthalten. Handelt es sich nicht um eine genehmigungspflichtige Anlage nach

²⁵ Überschneidungen bestehen auch im Hinblick auf weitere genehmigungsrelevante Normen wie bspw. das Abfallrecht, Bodenschutzrecht oder Wasserrecht.

²⁶ Jarass, in: BImSchG, Kommentar, 12. Auflage 2017 § 6 Rn. 23 ff.

dem BImSchG, wird ggf. eine baurechtliche Genehmigung nach der Landesbauordnung (LBO) erforderlich.

Es ist davon auszugehen, dass keine besonderen baurechtlichen Hemmnisse bzw. Aspekte bei Abwärmenutzungskonzepten zu beachten sind. Insoweit konzentriert sich die weitere Betrachtung auf das Immissionsschutzrecht.

3.2.1.3.1 Genehmigungsveraussetzungen für eine Genehmigung nach dem BImSchG

Nach § 1 BImSchG ist Zweck des Bundesimmissionsschutzgesetzes und damit auch Maßstab für die Genehmigungsveraussetzungen, Menschen, Tiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen und dem Entstehen schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.

Im BImSchG wird zwischen genehmigungsbedürftigen- und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen unterschieden. Ob eine genehmigungsbedürftige Anlage vorliegt, bestimmt sich abschließend danach, ob diese Anlage einem der in Anhang 1 zur 4. BImSchV aufgelisteten Anlagentypen zuzuordnen ist, § 4 BImSchG, § 1 Abs. 1 S. 1 der 4. BImSchV.

Erste relevante Frage ist daher, ob eine in Frage stehende Anlage in der 4. BImSchV aufgelistet und damit genehmigungspflichtig ist.

Dabei bietet sich eine Differenzierung an. Geht es um die Erzeugung von Wärme selbst, ist eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung erforderlich, wenn es sich um eine Anlage zur Erzeugung von Strom, Dampf, Warmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas durch den Einsatz von Brennstoffen in einer Verbrennungseinrichtung mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW oder mehr handelt (Nr. 1.1 der Anlage 1 zur 4. BImSchV). Die 4. BImSchV zählt in Anlage 1 unter der Nummern 1 noch weitere Anlagen zur Wärmeerzeugung auf und unterstellt sie der Genehmigungspflicht. Diesen Anlagen ist gemein, dass sie die Wärme über Verbrennung erzeugen und regelmäßig gewisse Leistungsgrößen erreichen müssen. Die konkrete Frage der Genehmigungspflichtigkeit einer Abwärmenutzungsanlage hängt mithin vom Einzelfall und der jeweiligen Leistungsgröße ab. Eine Anlage zum Auskoppeln der Abwärme kann als Kernbestand oder Nebeneinrichtung Bestandteil der genehmigungsbedürftigen Anlage sein.

Nimmt man die Anlagen in den Blick, bei denen Abwärme anfällt, beispielsweise Anlagen zum Schmelzen von Stahl, ergibt sich ein anderes Bild. Auch dabei hängt die Frage der Genehmigungspflichtigkeit zwar vom Einzelfall ab, solche Anlagen liegen in der Regel im Anwendungsbereich der 4. BImSchV, da hier die vom BImSchG geschützten Güter stärker betroffen sind. Werden solche Anlagen erbaut oder geändert, und beispielsweise um Anlagenkomponenten zur Abwärmenutzung ergänzt, ist dies nach § 15 Abs. 1 BImSchG in jedem Fall der zuständigen Behörde anzuzeigen. Eine Änderungsgenehmigung wird nach § 16 Abs. 1 S. 1 BImSchG erforderlich, wenn es sich um eine wesentliche Änderung handelt. Dagegen ist eine Genehmigung nach § 16 Abs. 1 S. 2 BImSchG nicht erforderlich, wenn durch die Änderung hervorgerufene nachteilige Auswirkungen offensichtlich gering sind und die Einhaltung der Betreiberpflichten gewährleistet ist. Entsprechend kann im Einzelfall eine Änderungsgenehmigung nicht erforderlich werden, wenn die zusätzliche Anlagenkomponente der Verbesserung der Abwärmenutzung dient.

3.2.1.3.2 Betreiberpflichten nach dem BImSchG

Handelt es sich bei einer „abwärmeerzeugenden“ Anlage (Bspw. Metallschmelze etc.) um eine genehmigungspflichtige Anlage nach § 4 BImSchG i.V.m. Anlage 1 der 4. BImSchV, wird der Betreiber dieser Anlage mit gewissen Pflichten nach § 5 BImSchG belegt. Die Einhaltung dieser Betreiberpflichten ist gem. § 6 Abs. 1 BImSchG Voraussetzung für die Genehmi-

gungserteilung. Gleichzeitig handelt es sich bei den Betreiberpflichten um sog. Dauerplichten. Die Pflichten müssen folglich nicht nur zum Zeitpunkt der Genehmigungserteilung eingehalten werden, sondern während des gesamten Betriebszeitraums. Im Immissionschutzrecht gilt auch nur ein eingeschränkter Bestandschutz. Der Anlagenbetreiber hat grundsätzlich auf Entwicklungen des Stands der Technik zu reagieren. Die für Abwärmenutzungskonzepte relevanten Betreiberpflichten werden im Folgenden näher beleuchtet

Schutz- bzw. Abwehrpflicht, § 5 Abs. 1 Nr. 1 BImSchG

Nach § 5 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG sind genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben, dass schädliche Umwelteinwirkungen und sonstige Gefahren, erhebliche Nachteile und erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft nicht hervorgerufen werden können.

Die gesetzlichen Schutz- und Abwehrpflichten sind relativ unbestimmt und werden durch Rechtsverordnungen auf Grundlage des § 7 Abs. 1 BImSchG sowie Verwaltungsvorschriften auf Grundlage des § 48 BImSchG konkretisiert. Zu den relevanten Verwaltungsvorschriften gehören beispielsweise die Technische Anleitung Luft (TA-Luft) und die Technische Anleitung Lärm (TA-Lärm).

Beispielsweise werden in der TA-Luft Berechnungsverfahren und Grenzwerte für Inhaltsstoffe in Abgasen geregelt und festgesetzt. Die Schutz- und Abwehrpflicht lässt sich also regelmäßig anhand von festgelegten Immissions(grenz)werten prüfen.

Sofern beispielsweise zur Verhinderung des Entweichens schädlicher Stoffe in die Umwelt gewisse Abgastemperaturen vorgeschrieben werden, kann dies unter Umständen zu Hemmnissen bei der Abwärmenutzung führen. Bei einer infragestehenden Reduzierung der Vorgaben zur erforderlichen Mindestabgastemperatur und damit einem Hemmnisabbau bzgl. der Abwärmungsmöglichkeiten ist jedoch der Schutzzweck der Regelung, nämlich die Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkungen zu berücksichtigen und in Verhältnis zu den Vorteilen einer Abwärmenutzung zu setzen. Sofern Gesundheitsschäden zu befürchten sind, ist das hohe Gut der Gesundheit hervorzuheben, wodurch eine Rechtfertigung in diesen Bereichen stark eingeschränkt ist.

Pflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung, § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG:

§ 5 Abs 1 Nr. 4 BImSchG enthält eine umfassende, aber recht unscharfe²⁷ Pflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung. Ziel der Vorschrift ist, den Primärenergieverbrauch zu senken und so zum Klimaschutz beizutragen.

Erfasst werden von der Vorschrift alle Energieträger wie Kohle, Erdgas und Erdöl aber auch Sekundärenergieträger wie elektrischer Strom, Heißwasser, Wasserdampf und Abwärme.²⁸ Zunächst verpflichtet die Vorschrift zu einer sparsamen Verwendung von Energie, um die eingesetzte Energie von vornherein zu reduzieren. Schwerpunkt der Norm ist allerdings der Effizienzaspekt.²⁹ Die Vorschrift will darauf hinwirken, dass Prozesse mit einem möglichst hohen energetischen Wirkungsgrad ablaufen, Energieverluste vermieden werden und so bei unverändertem oder erhöhtem Produktionsertrag idealerweise weniger Energie einge-

²⁷ Rebentisch, in: Dolde (Hg.) Umweltrecht im Wandel, 2001, S. 419 (430).

²⁸ Jarass, in: BImSchG, Kommentar, 12. Auflage 2017, § 5 Rn. 98.

²⁹ Jarass, in: BImSchG, Kommentar, 12. Auflage 2017, § 5 Rn. 100; Rebentisch in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL 2017, Einführung Rn. 59 ff.

setzt werden muss. Relevanter Teilbereich der effizienten Energieverwendung kann dabei die Abwärmenutzung sein.³⁰

Inwiefern die Vorschrift verpflichtenden Charakter hat, ist umstritten. So nimmt *Jarass*³¹ an, dass der Vorschrift aufgrund der geringen Bestimmtheit wohl erst dann ein verpflichtender Charakter zukommt, wenn Rechts- oder Verwaltungsvorschriften die Regelung näher konkretisieren.³² *Wustlich* nimmt hingegen an, dass eine optimale Nutzung der Abwärme von der Behörde im Genehmigungsverfahren konkretisiert und festgesetzt werden kann.³³ Hierzu dienen insbesondere Nebenbestimmungen nach §§ 12 und 17 BImSchG.

Grundsätzlich kann die Behörde an Nebenbestimmungen alles anordnen, was erforderlich ist, um die Genehmigungsvoraussetzungen des § 6 BImSchG sicherzustellen, also insbesondere auch zur Erfüllung der Energieeffizienzpflichten nach § 6 Abs. 1 Nr. 1, Alt. 1 i.V.m. § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG. Neben Grenzwerten können auch bestimmte Maßnahmen festgelegt werden.³⁴ Die Grenze des Rechts zu Nebenbestimmungen wird durch Verfassungsgrundsätze vorgegeben. Die Behörde muss verhältnismäßige Nebenbestimmungen erlassen, also insbesondere das mildeste Mittel wählen, das unter Abwägung aller Interessen auch angemessen ist. Im Rahmen der Verhältnismäßigkeit muss sie auf das Eigentums- und das Berufungsgrundrechts, Art. 14 GG bzw. Art. 12 GG, Rücksicht nehmen. Eine weitere Einschränkung erfährt die Behörde durch die Selbstbindung, also die Pflicht zur Gleichbehandlung i.S.d. Art. 3 GG, bei rechtmäßiger, ständiger Verwaltungspraxis.

Aus dem erörterten ergibt sich, dass die Betreiberpflicht des § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG die Abwärmenutzung adressiert und bestimmte Maßnahmen über Nebenbestimmungen zur immissionsschutzrechtlichen Genehmigung von der zuständigen Genehmigungsbehörde auch konkretisiert werden können. Verbindliche, objektive und jedermann betreffende Vorgaben in Bezug auf Mindesteffizienzstandards oder die Abwärmenutzung sind aus dem Rechtsbestand jedoch nicht herzuleiten. Anders als im Fall der Luftverunreinigung (TA-Luft) oder der Lärmemissionen (TA-Lärm) fehlt es im Bereich der Effizienz bzw. der Abwärmenutzung bislang an normkonkretisierenden Verwaltungsvorschriften, die verbindliche und überprüfbare Schwellen- oder Grenzwerte vorgeben.

Zu berücksichtigen gilt es, dass nach § 5 Abs. 2 BImSchG an genehmigungsbedürftige Anlagen, die dem Anwendungsbereich des Treibhausgasemissionshandelsgesetzes (TEHG) unterliegen, zur Erfüllung der Pflicht zur effizienten Verwendung von Energie in Bezug auf die Emissionen von Kohlendioxid, die auf Verbrennungs- oder anderen Prozessen der Anlage beruhen, keine Anforderungen gestellt werden dürfen, die über die Pflichten hinausgehen, welche das TEHG begründet.

Dadurch wird klargestellt, dass bzgl. Anlagen, die dem Emissionshandel unterliegen, der Emissionszertifikathandel das einzige und erschöpfende Instrument für die Begrenzung der Emissionen darstellt.

³⁰ Rebutisch, in: Dolde (Hg.) Umweltrecht im Wandel, 2001, S. 419 (431); Rebutisch in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL 2017, Einführung Rn. 52.

³¹ Jarass, in: BImSchG, Kommentar, 12. Auflage 2017, § 5 Rn. 104.

³² In Hinsicht auf diesen Aspekt nicht ganz eindeutig, aber wohl eher Jarass Ansicht: Rebutisch, in: Dolde (Hg.) Umweltrecht im Wandel, 2001, S. 419 (430 f.); Rebutisch in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL 2017, Einführung Rn. 51 ff.

³³ Wustlich in: Müller/Oschmann/Wustlich, Kommentar zum EEWärmeG, 1. Auflage 2010, § 7 Rn. 47.

³⁴ Jarass, BImSchG, Kommentar, 9. Auflage 2012, § 12 Rn. 10.

Sind Anlagen nicht einem der Anlagentypen der 4. BImSchV zuzuordnen, handelt es sich um sog. nicht genehmigungsbedürftige Anlagen. Diese bedürfen keiner immissionsschutzrechtlichen Genehmigung, und die Betreiberpflichten des § 5 BImSchG sind auf sie nicht anwendbar. Für diese Anlagen gelten vielmehr die weniger strengen Betreiberpflichten nach § 22 BImSchG, die allein die Gefahrenabwehr betreffen (Verhinderung schädlicher Umwelteinwirkung) und keine Vorsorgepflicht statuieren.³⁵ Entsprechend gilt für diese Anlagen nicht die Verpflichtung, Energie sparsam und effizient zu verwenden.

3.2.1.3.3 KNV-V

Die KWK-Kosten-Nutzen-Vergleich-Verordnung (KNV-V) soll hocheffiziente KWK-Anlagen fördern, das Potential von Abwärme aus Feuerungsanlagen im Planungsprozess sichtbar machen sowie den Aus- und Neubau von Fernwärme- und Fernkältenetzen forcieren.³⁶ Die Verordnung dient der Umsetzung von Artikel 14 der Energie-Effizienz-Richtlinie 2012/27/EU des EU-Parlaments in innerstaatliches Recht und ist eine Weiterentwicklung des Effizienzgebots aus § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG.³⁷

Der Anwendungsbereich erstreckt sich auf vier Vorhabentypen.³⁸ Wird eine Feuerungsanlage mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW oder eine sonstige Anlage, bei der Abwärme mit einem nutzbaren Temperaturniveau entsteht, neu gebaut oder erheblich modernisiert, ist beim Vorliegen zusätzlicher Voraussetzungen ein Kosten-Nutzen-Vergleich nach §§ 3-5 KNV-V sowie eine Wirtschaftlichkeitsanalyse nach § 6 KNV-V durchzuführen, um die Anlagen möglichst effizient aber doch wirtschaftlich auszulegen. Dies gilt nach § 1 Nr. 2 KNV-V auch für die Planfeststellung eines Fernwärme- oder Fernkältenetzes. Die Ergebnisse dieser von den Anlagenbetreibern durchzuführenden Wirtschaftlichkeitsanalyse sowie des Kosten-Nutzen-Vergleichs sind bei der immissionsschutzrechtlichen Genehmigung zu berücksichtigen, § 8 Abs. 1 KNV-V.³⁹ Zuständig für die Überprüfung der Wirtschaftlichkeitsanalyse ist gem. § 31a KWKG das BAFA.

Der Ansatz der KNV-V ist grundsätzlich als positiv im Hinblick auf die Abwärmenutzung und eine Effizienzsteigerung zu bewerten. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeitsanalyse der KNV-V lässt sich für Baden-Württemberg jedoch konstatieren, dass nach Abfrage durch das Umweltministerium bei den zuständigen Regierungspräsidien und Immissionsschutzbehörden eine solche jedenfalls in den Jahren 2016 und 2017 nicht vorgelegt wurde.

Jedenfalls im Hinblick auf die Zahl der anzuwendenden Fälle geht auch der Verordnungsgeber von einer eher moderaten Zielgruppe aus. So geht die Bundesregierung in der Verord-

³⁵ Jarass, in: BImSchG, Kommentar, 12. Auflage 2017, § 22 Rn. 22.

³⁶ Verordnungsbegründung der Bundesregierung, BR Drs. 538/14 S. 2, 17.

³⁷ Lippert/Lülsdorf, in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL Okt. 2017, Einführung, Rn. 27 ff.

³⁸ § 1 KNV-V umreißt den Anwendungsbereich der Verordnung. Eine Kosten-Nutzen-Analyse ist durchzuführen, wenn

1. die Genehmigung für die Errichtung oder erhebliche Modernisierung
 - a. einer Feuerungsanlage zur Erzeugung von Strom mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW,
 - b. einer sonstigen Anlage, bei der Abwärme mit einem nutzbaren Temperaturniveau entsteht, mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW,
 - c. einer Feuerungsanlage zur Erzeugung von Wärme mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW in einem bestehenden Fernwärme- oder Fernkältenetz,beantragt wird und wenn
2. ein neues Fernwärme- oder Fernkältenetz planfestgestellt wird.

³⁹ Lippert/Lülsdorf, in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL Okt. 2017, Einführung, Rn 31.

nungsbegründung davon aus, dass deutschlandweit jährlich etwa 60 Fälle unter die Verordnung fallen und formuliert gleichzeitig, dass diese Annahmen sehr konservativ ermittelt wurden und die 60 Fälle im Hinblick auf den Erfüllungsaufwand für die Wirtschaft ein „Worst-Case-Szenario“ darstellen.⁴⁰ Hinzu kommt, dass Nachweis und Wirtschaftlichkeitsvergleich nur unter gewissen Umständen zu erbringen sind, bzw. auch relativ leicht eine Befreiung erreicht werden kann. Unter anderem entfällt die Vorlagepflicht nach § 3 Abs. 5 KNV-V, wenn die zur Verfügung stehende Abwärme weniger als 10 MW, oder die Wärmefachfrage weniger als 10 MW beträgt.

3.2.2 Energie- und Energiewirtschaftsrecht

Im Folgenden werden die Rahmenbedingungen aus dem Energie- und Energiewirtschaftsrecht dargestellt. Entsprechend wird zunächst aufgezeigt, wie Abwärme vom Rechtsbestand definiert wird, welche Rolle Abwärme im Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg spielt und es werden die wichtigsten Rechtsnormen dargestellt, die Bezüge zu den verschiedenen Abwärmenutzungsoptionen (Verstromung, innerbetriebliche und außerbetriebliche Nutzung) aufweisen.

3.2.2.1 Begriffsbestimmung Abwärme

Auffällig bei der Recherche zur Thematik der Abwärme war, dass die Begrifflichkeit „Abwärme“ nicht allgemeingültig definiert bzw. bestimmt ist. Teilweise wird in Gesetzen, Verordnungen, Förderprogrammen oder politischen Konzepten der Begriff definiert, teilweise wird er ohne eine Begriffsbestimmung verwendet. Auch wird der Begriff „Abwärmenutzung“ teilweise definiert und es wird teilweise der Begriff nicht isoliert betrachtet, sondern es muss sich, wie im Fall des KWKG um „industrielle Abwärme“ handeln. So wird im EEWärmeG des Bundes Abwärme definiert und ausdrücklich nicht als erneuerbare Energie bzw. Umweltenergie anerkannt. Im EWärmeG-BaWü wird Abwärme dagegen nicht definiert, aber klargestellt, dass Umweltwärme die Abwärme mit einschließt und als erneuerbare Energie anerkannt wird, sofern sie durch Wärmepumpen genutzt wird.

Bei der Recherche ist auch aufgefallen, dass zwischen Bund und dem Land Baden-Württemberg eine unterschiedliche Einordnung der Abwärme erfolgt.

EEWärmeG (Bund)	<p>§ 2 Abs. 1 Nr. 2: „Erneuerbare Energien im Sinne dieses Gesetzes sind [...] die der Luft oder dem Wasser entnommene und technisch nutzbar gemachte Wärme mit Ausnahme von Abwärme (Umweltwärme), [...]“</p> <p>§ 2 Abs. 2 Nr. 1: „Abwärme [ist] die Wärme, die aus technischen Prozessen und baulichen Anlagen stammenden Abluft- und Abwasserströmen entnommen wird“</p>
EWärmeG-BaWü	<p>§ 5 Abs. 2: „Die Nutzung von Umweltwärme einschließlich Abwärme durch Wärmepumpen wird als Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt, wenn...“</p>
Gesetzesbegründung	<p>Zu § 17 Abs. 3 (S. 51): „Abwärmenutzung ist die Nutzung von bisher</p>

⁴⁰ Verordnungsbegründung der Bundesregierung, BR Drs. 538/14 S. 24.

zum EWärmeG-BaWü	nicht genutzter Abwärme aus anderen Prozessen als dem Wärmeerzeugungsprozess für das Gebäude selbst zum Zwecke der (anteiligen) Deckung des Wärmeenergiebedarfs des Gebäudes“
GEG-E ⁴¹	§ 3 Abs. 1 Nr. 1: „Im Sinne dieses Gesetzes ist „Abwärme“ die Wärme oder Kälte , die aus technischen Prozessen und aus baulichen Anlagen stammenden Abluft- oder Abwasserströmen entnommen wird“
KWKG	§ 2 Nr. 9 „industrielle Abwärme“ [ist] nicht genutzte Wärme aus industriellen Produktionsanlagen oder -prozessen in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes“
KlimSchG-BaWü	Abwärme wird weder definiert, noch adressiert
IEKK BaWü	S. 87: „Abwärme bezeichnet hier den Teil der Energie, der im Unternehmen nicht genutzt wird und damit als Wärmeüberschuss durch Abluft oder Kühlwasser über gerichtete Wärmeströme oder diffuse Quellen „entsorgt“ werden muss.“
Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 (Förderprogramm) ⁴²	Merkblatt zu den technischen Anforderungen an ein Wärmenetzsysteme 4.0, S. 5: „Abwärme im Sinne dieser Förderbekanntmachung ist Wärme, die ansonsten ungenutzten Wärmequellen [...], beispielsweise Abluft- und Abwasserströmen oder sonstigen Medien, entnommen wird.“

3.2.2.2 Abwärme im Klimaschutzgesetz BaWü

Die Nutzung anfallender Abwärme dient insbesondere dem Klimaschutz und soll im Wege der Substitution anderer (fossiler) Wärmeerzeugung dazu beitragen, umweltschädliche Treibhausgasemissionen mindern. Eine zentrale baden-württembergische Rechtsvorschrift, welche den Klimaschutz adressiert, stellt das Klimaschutzgesetz-BaWü dar. In § 5 KSG-BaWü wird der Klimaschutzgrundsatz festgelegt, nach dem bei der Verwirklichung der Klimaschutzziele der Energieeinsparung, der effizienten Bereitstellung, Umwandlung, Nutzung und Speicherung von Energie sowie dem Ausbau erneuerbarer Energien besondere Bedeutung zukommt. Eine Definition oder Erwähnung von Abwärme fehlt im KSG-BaWü bislang, obwohl deren Einsparung und Nutzung grundsätzlich zur Substitution (fossiler) Wärmeerzeugung und damit zum Klimaschutz beitragen kann.

Abwärmennutzungsoption: Verstromung von Abwärme

⁴¹ Gesetzentwurf der Bundesregierung zu einem Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude, mit Bearbeitungsstand vom 1. November 2018 (keine Rechtskraft).

⁴² In anderen im Rahmen der Studie betrachteten Förderprogrammen wird der Begriff „Abwärme“ nicht definiert. Teilweise erfolgen Beschreibungen der geförderten Maßnahmen, teilweise steht der Begriff „Abwärme“ für sich selbst. Vgl. dazu die Tabelle im Anhang.

- Im KWK-Prozess wird die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme aus Abwärme gefördert. Grundfall der Fördersystematik ist die Einspeisung des Stroms in das Netz der allgemeinen Versorgung. Unter bestimmten Voraussetzungen wird aber auch die Nutzung des Stroms außerhalb des Netzes der allgemeinen Versorgung gefördert (bspw. Zur Eigenversorgung, in Kundenanlagen oder geschlossenen Verteilnetzen)
- Bei der neuen Förderkategorie der „innovativen KWK-Systeme“ kann Abwärme KWK als klassische KWK-Anlage, nicht jedoch als „innovative/erneuerbare“ Wärmeerzeugungskomponente eingesetzt werden
- Bei Eigenverbrauchskonstellationen des selbst erzeugten Abwärme-KWK-Stroms bestand lange Zeit Rechtsunsicherheit, ob die volle EEG-Umlage zu entrichten ist oder eine Verringerung auf 40 % mit den Wettbewerbsregeln der EU vereinbar ist. Mit dem Energiesammelgesetz vom 30.11.2018 wurde beschlossen, dass ein Großteil der KWK-Anlagebetreiber von der 40 %igen Reduzierung profitieren, jedenfalls, soweit sie Vollbenutzungstundenzahlen von 3.500 Stunden oder weniger aufweisen. Dies gilt sowohl für direkte Eigenversorgungskonstellationen i.S.d. § 3 Nr. 19 EEG 2017 als auch bei Eigenversorgung in Kundenanlagen.
- Mangels Netznutzung sind bei der Eigenversorgung keine Netzentgelte zu entrichten. Bei Kundenanlagen sind die Netznutzungsentgelte regelmäßig in der Gesamtmiete enthalten und hängen vom konkreten Einzelfall ab.
- Stromsteuer ist bei Eigenversorgungskonstellationen grundsätzlich zu entrichten. Soweit Strom in Anlagen mit bis zu zwei MW_{el} vom Anlagenbetreiber als Eigenerzeuger im räumlichen Zusammenhang zum Selbstverbrauch entnommen wird, kommt eine Stromsteuerbefreiung in Betracht.
- Die aus dem Abwärme-KWK-Prozess ausgekoppelte Wärme wird rechtlich behandelt wie jede andere KWK-Wärme und kann die Quotenverpflichtungen aus EE-WärmeG, EWärmeG-BW erfüllen. Primärenergetisch wird der Wärme der Primärenergiefaktor von 2,8 für den erzeugten Strom gutgeschrieben (Verdrängungsstrommix)

Einen wichtigen Anwendungsfall für die energetische Nutzung von Abwärme in Unternehmen stellt die Verstromung dar. Dabei wird, aufgrund der im Folgenden darzustellenden Fördersystematik, Abwärme im KWK-Prozess verstromt. Es wird also aus der Abwärme sowohl Strom, als auch Wärme produziert. Da im Rahmen dieser Studie die Hebung von Abwärmepotenzialen im Fokus steht, beschränkt sich die rechtliche Betrachtung auf Anlagen, welche neu gebaut werden und damit dem aktuellen Rechtregime unterfallen. Für Bestandsanlagen gelten – je nach Inbetriebnahmedatum – ggf. abweichende Regelungen.

Für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme bestehen Förderungsmöglichkeiten nach dem KWKG. Wird der erzeugte Strom selbst verbraucht, steht die Belastung des Letztverbrauchs mit der EEG-Umlage und weiteren Letztverbraucherabgaben im Raum. Entsprechend werden im Folgenden zunächst die förderseitigen und im Anschluss die umlageseitigen Aspekte der Abwärme-Verstromung dargestellt.

3.2.2.2.1 Förderseitige Aspekte der Abwärmeverstromung (KWKG)

Nach § 1 Abs. 2 Nr. 1 KWKG regelt das KWKG die Abnahme von KWK-Strom aus KWK-Anlagen, der auf Basis von unter anderem Abwärme gewonnen wird. Bezogen auf die so erzeugten Strommengen trifft den Netzbetreiber eine vorrangige Anschluss- und Abnahmepflicht nach § 3 Abs. 1 KWKG. Weiterhin haben die KWK-Anlagenbetreiber gegenüber dem Netzbetreiber einen Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags für den KWK-Strom gem. § 6 KWKG. Die rechtlichen Voraussetzungen dieses Zuschlagsanspruchs werden im Folgenden näher dargestellt. Die Zuschlagszahlung wird in Ct/kWh Strom gewährt. Grundsätzlich Voraussetzung für die Zuschlagszahlung ist, dass die KWK-Anlage hocheffizient i.S.d. § 2 Nr. 8 KWKG, also insbesondere den Vorgaben der RL 2012/27/EU entspricht.

Hinsichtlich der Zuschlagshöhe differenziert das KWKG in mehrfacher Hinsicht. Zunächst wird in § 5 Abs. 1 KWKG systematisch festgelegt, dass für neue und modernisierte KWK-Anlagen mit Leistungen bis einschließlich 1 MW oder mehr als 50 MW sowie für nachgerüstete KWK-Anlagen jeder Leistungsklasse sich die Zuschlagshöhe gesetzlich ergibt. In engen Grenzen sind hier Eigenversorgungskonstellationen gestattet. Für KWK-Anlagen mit Leistungen von mehr als 1 MW bis einschließlich 50 MW wird die Zuschlagshöhe über ein Ausschreibungssystem ermittelt. Für diese KWK-Anlagen in der Ausschreibung ist nach § 8a Abs. 2 Nr. 2 KWKG Pflicht, dass sie den gesamten Strom in ein Netz der allgemeinen Versorgung einspeisen. Eigenversorgungskonstellationen sind damit ausgeschlossen.

Bei den Anlagen, bei denen der Zuschlag gesetzlich festgelegt wird, wird nach § 7 KWKG weiterhin nach Leistungsklassen differenziert. Kleine Anlagen erhalten grundsätzlich höhere Zuschlagssätze. Größerer Anlagen erhalten grundsätzlich geringere Zuschlagssätze.

Die Darstellung der Voraussetzungen für die KWK-Förderung beschränkt sich auf neue, modernisierte oder nachgerüstete KWK-Anlagen, da Gegenstand der Studie die Hebung bislang ungenutzter Abwärmepotenziale ist. Für KWK-Bestandsanlagen gelten Besonderheiten nach § 13 KWKG.

Für die Verstromung von Abwärme bestehen noch weitere Fördermöglichkeiten, die jedoch nicht an die Erzeugung von Strom unmittelbar knüpfen, sondern beispielsweise investive Förderungen in Anlagentechnik gewähren. Im Hinblick auf diese Fördermöglichkeiten wird auf 3.3 verweisen.

Im Folgenden werden die verschiedenen Ausprägungsmerkmale der KWK-Förderung dargestellt.

3.2.2.2.1.1 Nutzung des KWK-Stroms außerhalb des Netzes der allgemeinen Versorgung (Kundenanlage/geschlossenes Verteilernetz/Eigenversorgung)

Einen betriebswirtschaftlich relevanten Fall der Abwärmeverstromung stellt die Nutzung des aus Abwärme erzeugten Stroms außerhalb des Netzes der allgemeinen Versorgung dar. Der erzeugte Strom wird dabei nicht in das Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist, sondern entweder selbst verbraucht, an Letztverbraucher in einer Kundenanlage oder einem geschlossenen Verteilernetz geliefert oder es liegen Besonderheiten beim Betreiber der Anlage vor. Die Fälle, in denen ein KWK-Zuschlag für Strom gewährt wird, der nicht in das Netz eingespeist wird, regelt § 6 Abs. 3 KWKG abschließend.

Gem. § 6 Abs. 1 und 2 KWKG müssen zunächst die allgemeinen anlagenbezogenen Voraussetzungen, insbesondere eine Inbetriebnahme bis 31.12.2025 die Verstromung u.a. auf Basis von Abwärme erfolgen, die KWK-Anlagen müssen hocheffizient sein und sie dürfen keine bestehende Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen verdrängen, steuerbar i. S. d. § 9 EEG sein, sofern sie über eine Leistung von mehr als 100 kW verfügen und es muss eine Zulassung durch das BAFA vorliegen. Ergänzend müssen die Voraussetzungen der verschiedenen Anwendungsfälle nach § 6 Abs. 3 KWKG eingehalten werden, wenn der Strom nicht

in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird. Diese finden sich in den nachfolgenden Tabellen.

KWK-Stromerzeugung in Kleinanlagen (Eigenversorgung bis 100 kW)

Grundsätzlich gilt seit der Novellierung des KWKG der Grundsatz, dass für selbst verbrauchten KWK-Strom kein Zuschlag mehr gewährt wird. Das sog. Eigenstromprivileg wurde weitestgehend aufgehoben⁴³. Eine Ausnahme trifft jedoch gem. § 6 Abs. 3 S. 1 Nr. 1 KWKG auf KWK-Anlagen zu, die über eine elektrische KWK-Leistung von bis zu 100 kW verfügen. Diese Anlagen erhalten auch einen KWK-Zuschlag, wenn sie den Strom selbst verbrauchen oder den Strom an Dritte außerhalb des Netzes liefern.

Die Zuschlagshöhe richtet sich nach § 7 Abs. 3 Nr. 1 KWKG.

KWK-Anlagen in Contracting-Situationen zur Drittbelieferung in Kundenanlagen oder geschlossenen Verteilernetzen

Anspruch auf KWK-Zuschlag haben auch KWK-Anlagenbetreiber, die KWK-Strom an Letztverbraucher in einer Kundenanlage oder in einem geschlossenen Verteilernetz liefern, soweit für diesen Strom die volle EEG-Umlage entrichtet wird.

Die Ausnahme wurde für Energiedienstleister bzw. Contractoren geschaffen, die den Strom zwar außerhalb des Netzes der allgemeinen Versorgung an Letztverbraucher liefern, aber innerhalb einer Kundenanlage nach § 3 Nr. 24 a bzw. b EnWG oder eines geschlossenen Verteilernetzes nach § 110 EnWG (Bspw. Industrieparks oder Wohnquartiere). Der Anspruch auf KWK-Zuschlag besteht jedoch nur, soweit für den KWK-Strom die volle EEG-Umlage entrichtet wird. In diesen Fällen unterstellt der Gesetzgeber, dass wegen der zu entrichtenden EEG-Umlage die Förderung erforderlich ist, um einen wirtschaftlichen Betrieb der KWK-Anlage zu gewährleisten.⁴⁴

Die Zuschlagshöhe richtet sich nach § 7 Abs. 3 Nr. 2 KWKG.

⁴³ Peiffer, in: Assmann/Peiffer, Kommentar zum KWKG, 1. Aufl. 2018, § 6 Rn. 47.

⁴⁴ BT-Drs. 18/6910, S. 64.

Eigenversorgungskonstellationen bei stromkostenintensiven Unternehmen

Eigenversorgungskonstellationen haben betriebswirtschaftlich den Hintergrund, dass der Netzbezug von Strom durch die eigene Stromerzeugung ersetzt wird. Entsprechend lohnt sich eine Eigenversorgung, wenn die Kosten hierfür geringer sind, als die Stromkosten aus dem Netz. Da stromkostenintensive Unternehmen regelmäßig von der besonderen Ausgleichsregelung nach § 63 ff. EEG profitieren, sind die Kosten für den Strombezug aus dem Netz regelmäßig bereits reduziert und vergleichsweise gering. Um dennoch gezielt den KWK-Ausbau im Sektor der energieintensiven Unternehmen voranzubringen, können gem. § 6 Abs. 3 S. 1 Nr. 3 KWG diese stromkostenintensiven Unternehmen auch dann eine KWK-Förderung in Anspruch nehmen, wenn sie den erzeugten Strom selbst verbrauchen.⁴⁵

Voraussetzung für die Zuschlagszahlung ist nach § 6 Abs. 3 S. 2 und 3 KWKG, dass der KWK-Anlagenbetreiber ein stromkostenintensives Unternehmen ist, also ein Begrenzungsbescheid des BAFA vorliegt und die KWK-Anlage zur selben Abnahmestelle gehört, auf die sich der Begrenzungsbescheid bezieht.

Die Zuschlagshöhe richtet sich nach § 7 Abs. 3 Nr. 3 KWKG.

Perspektivisch: Eigenversorgung bei bestimmten Unternehmen

§ 6 Abs. 3 S. 1 Nr. 4 KWKG sieht vor, dass auch KWK-Anlagenbetreiber eine KWK-Förderung erhalten können, wenn sie einer Branche nach Anlage 4 des EEG zuzuordnen ist. Voraussetzung ist jedoch, dass eine Verordnung nach § 33 Abs. 2 Nr. 1 KWKG erlassen worden ist, was bislang nicht erfolgt oder absehbar ist.

3.2.2.2.1.2 Einspeisung des Stroms in das Netz der allgemeinen Versorgung

Relevant für die Geschäftsmodellentwicklung ist neben dem Eigenverbrauch des aus Abwärme erzeugten Stroms oder der weiteren dargestellten Verwendungsformen nach § 6 Abs. 3 KWKG insbesondere auch die Einspeisung des KWK-Stroms in das Netz der allgemeinen Versorgung. Auch bei der Netzeinspeisung fokussiert sich die Betrachtung auf neue, modernisierte oder nachgerüstete KWK-Anlagen. Zuschlagszahlungen für KWK-Bestandsanlagen richten sich nach § 13 KWKG.

Auch bei der Einspeisung in ein Netz der allgemeinen Versorgung sind die allgemeinen anlagenbezogenen Zuschlagsvoraussetzungen nach § 6 Abs. 1 und 2 KWKG einzuhalten. Weitere Voraussetzungen sind bei Anlagen, die den Strom in ein Netz der allgemeinen Versorgung einspeisen nicht zu erfüllen, um in den Genuss des KWK-Zuschlags zu kommen.

Die Zuschlagshöhe für eingespeisten Strom richtet sich nach § 7 Abs. 1 KWKG, ggf. ergänzend nach § 7 Abs. 2 und 5 KWKG. In § 7 KWKG werden gesetzlich festgesetzte Vergütungssätze normiert. Entsprechend gilt die Norm nicht für Anlagen, bei denen die Zuschlagshöhe wettbewerblich über Ausschreibungen ermittelt wird. Dies sind vornehmlich Anlagen mit einer installierten Leistung über 1 MW und bis zu 50 MW, § 5 Abs. 1 Nr. 2 i. V. m. § 8a

⁴⁵ Peiffer, in: Assmann/Peiffer, Kommentar zum KWKG, 1. Aufl. 2018, § 6 Rn. 56.

KWKG. Bei Zuschlägen deren Höhe über Ausschreibungen ermittelt wird, ist das maximale Ausschreibungsvolumen zu berücksichtigen. Dieses beträgt im Jahr 2017 100 MW und in den Jahren 2018 bis einschließlich 2021 gem. § 8c KWKG jeweils 200 MW. Die Zuschlagshöhe in den Ausschreibungen ist auf 7,00 ct./kWh begrenzt. In der Gebotsrunde mit Gebots-termin des 3.12.2018 wurde ein durchschnittlicher, mengengewichteter Zuschlagswert von 4,77 ct./kWh erzielt.⁴⁶

Die konkrete Höhe des gesetzlich festgelegten Zuschlags hängt ausschließlich von der Größe der installierten elektrischen KWK-Leistung der Anlage ab. Gem. § 7 Abs. 1 KWKG gelten für die jeweiligen Leistungsanteile folgende Zuschläge: 8 ct./kWh (Leistungsanteil 0 bis 50 kW); 6 ct./kWh (Leistungsanteil 50 bis 100 kW); 5 ct./kWh (Leistungsanteil 100 bis 250 kW); 4,4 ct./kWh (Leistungsanteil 250 kW bis 2 MW); 3,1 ct./kWh (Leistungsanteil über 2 MW)

Zu beachten gilt es, dass das Gesetz für die Berechnung der analagenspezifischen KWK-Zuschläge auf verschiedene KWK-Leistungsanteile abstellt, auf die die gesamte KWK-Leistung aufzuteilen ist. Beispielhaft nimmt eine 200 kW -Anlage mit jeweils 50 kW am Leistungsanteil 0 bis 50 kW und am Leistungsanteil 50 bis 100 kW und mit 100 kW am Leistungsanteil 100 bis 250 kW teil.⁴⁷

Ergänzend zum allgemeinen KWK-Zuschlag kann nach § 7 Abs. 2 KWKG ein zusätzlicher Bonus von 0,6 ct./kWh für den Leistungsanteil in Anspruch genommen werden, der die elektrische KWK-Leistung einer bestehenden KWK-Anlage ersetzt, die Strom auf Basis von Stein oder Braunkohle gewinnt (sog. Stilllegungsbonus).

Ebenfalls ergänzend zum allgemeinen KWK-Zuschlag kommt nach § 7 Abs. 5 KWKG ein TEHG-Bonus von 0,3 ct./kWh für KWK-Anlagen in Betracht, die den Pflichten des TEHG unterliegen. Dies betrifft im Grundsatz nur KWK-Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW, vgl. Anhang 1 Teil 2 zum TEHG. Ggf. sind für die Berechnung der Schwellenwerte mehrere Anlagen nach § 2 Abs. 3 TEHG zusammenzufassen.

Die Dauer der Zuschlagszahlungen richtet sich nach § 8 KWKG. Nach § 8 Abs. 1 KWKG wird für neue Anlagen mit einem Leistungsspektrum bis 50 kW der Zuschlag für 60.000 Vollbenutzungsstunden ab Aufnahme des Dauerbetriebs der Anlage gezahlt. Für neue Anlagen über 50 kW Leistung wird der Zuschlag für 30.000 Vollbenutzungsstunden ab Aufnahme des Dauerbetriebs gezahlt. Für modernisierte KWK-Anlagen wird auf den Zeitpunkt der Wiederaufnahme des Dauerbetriebs abgestellt und der Zuschlag zwischen 15.000 und 30.000 Vollbenutzungsstunden in Abhängigkeit des Zeitpunkts und der Kosten der Modernisierung gezahlt, § 8 Abs. 3 KWKG.

Für nachgerüstete KWK-Anlagen wird nach § 8 Abs. 4 KWKG ebenfalls auf den Zeitpunkt der Wiederaufnahme des Dauerbetriebs abgestellt und der Zuschlag zwischen 10.000 und 30.000 Vollbenutzungsstunden in Abhängigkeit eines Kostenvergleichs zu einer Neuerrichtung einer KWK-Anlage gezahlt.

Zu berücksichtigen ist weiterhin, dass durch das Energiesammelgesetz in § 7 Abs. 6 KWKG ein Kumulierungsverbot der KWK-Zuschläge mit Investitionszuschüssen ins Gesetz integriert worden ist. Hintergrund ist auch hier die Verhinderung von Überförderung. Für KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 20 kW gibt es jedoch Ausnahmen von diesem Kumulierungsverbot.

⁴⁶https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/KWK/Gebotstermin_03_12_2018/gebotsstermin_03_12_2018_node.html.

⁴⁷ Vgl. zum Beispiel: Peiffer, in: Assmann/Peiffer, Kommentar zum KWKG, 1. Aufl. 2018, § 7 Rn. 3.

3.2.2.2.1.3 Innovative KWK-Systeme

Mit der KWKG-Novelle 2017 wurde eine neue Förderkategorie in das KWKG eingefügt, die innovative KWK-Systeme fördert, § 8b KWKG. Innovative KWK-Systeme sind nach § 2 Nr. 9a KWKG besonders energieeffiziente und treibhausgasarme Systeme, in denen KWK-Anlagen in Verbindung mit hohen Anteilen von Wärme aus erneuerbaren Energien KWK-Strom und Wärme bedarfsgerecht erzeugen und umwandeln. Die Anlagen gehen im Hinblick auf Effizienz und Treibhausgasvermeidungspotenzial über die Standards regulärer KWK-Anlagen hinaus und sollen daher besonders gefördert werden.⁴⁸

Die genauen Anforderungen an ein innovatives KWK-System ergeben sich aus der KWK-Ausschreibungsverordnung (KWKAusV). Die Höhe der finanziellen Förderung wird im Wege der Ausschreibung festgelegt. Die maximale Förderhöhe beträgt nach § 5 Nr. 2 KWKAusV 12 ct./kWh. Um an der Förderkategorie der innovativen KWK-Systeme teilnehmen zu können, muss ein System vorhanden sein, das eine reguläre KWK-Anlage mit einer Technologie zur Bereitstellung von Wärme auf Basis erneuerbarer Energien oder Umweltwärme kombiniert. An die reguläre KWK-Anlage werden im Vergleich zur sonstigen KWK-Förderung keine besonderen Anforderungen gestellt, sie muss insbesondere hocheffizient sein. Entsprechend können hier auch KWK-Anlagen genutzt werden, die Strom und Wärme auf Basis von Abwärme erzeugen.

An die zusätzliche Wärmeerzeugungskomponente werden insbesondere zwei Voraussetzungen geknüpft. Sie muss Wärme aus erneuerbarer *Energie oder Umweltwärme* erzeugen und dabei nach § 2 Nr. 12 KWKAusV eine Jahresarbeitszahl von mindestens 1,25 erreichen. Durch diese Vorgabe der Jahresarbeitszahl soll ausgeschlossen werden, dass eine reine Verfeuerung der erneuerbaren Energie erfolgt. Selbst wenn Abwärme, bspw. über besonders effiziente Wärmepumpen, die erforderliche Jahresarbeitszahl erreichen könnte, scheitert die Verwendung von Abwärme daran, dass es sich dabei nicht um erneuerbare Wärme oder Umweltwärme handelt. Nach der Verordnungsbegründung sei dies auch sachgerecht, da es sich bei der Nutzung von Abwärme zwar um eine wichtige Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz handelt, eine Förderung im Rahmen innovativer KWK-Systeme jedoch mit dem Ziel vereinbar sein muss, Erfahrungen mit der Integration besonders innovativer klimafreundlicher und insbesondere kohlendioxidfreier Wärmequellen zu sammeln. Die Nutzung von Abwärme habe dagegen einen relativ geringen Innovationsgrad.⁴⁹

Entsprechend kann Abwärme zu innovativen KWK-Systemen nur bei der regulären KWK-Anlage eingesetzt werden, nicht jedoch bei der (innovativen) Wärmeerzeugungskomponente.

Wie bereits erläutert ist die Zuschlagshöhe in den innovativen KWK-Ausschreibungen auf 12,00 ct./kWh begrenzt. In der Gebotsrunde mit Gebotstermin des 3.12.2018 wurde ein durchschnittlicher, mengengewichteter Zuschlagswert von 11,31 ct./kWh erzielt.⁵⁰

⁴⁸ BR-Drs. 619/16, S 76f.

⁴⁹ BT Drs. 18/12375, S. 68.

⁵⁰https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/KWK/InnovativeKWK_03_12_2018/InnovativeKWK_node.html.

3.2.2.2.1.4 Nutzung der ausgekoppelten Wärme

Bei der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme, die grundsätzliche Voraussetzung für den KWK-Zuschlag nach dem KWKG ist, werden Strom und Wärme aus Abwärme erzeugt. Besonderheit der KWKG-Förderung ist, dass nur die Stromerzeugung Gegenstand der Förderung ist. Nur für die eingespeiste bzw. anderweitig förderfähig genutzte Kilowattstunde Strom werden Zuschläge gezahlt. Die ausgekoppelte Wärme wird nicht besonders nach dem KWKG vergütet. Sie kann aber natürlich selbst genutzt oder an Dritte verkauft werden und so weitere wirtschaftliche Vorteile generieren. Regelmäßig kommt in Betracht, die Wärme innerbetrieblich zu nutzen und damit andere Wärmeerzeugung zu verdrängen oder die Wärme außerbetrieblich zu veräußern und entweder per Direktleitung an den Kunden zu leiten oder in ein Wärmenetz einzuspeisen. Ordnungsrechtliche Vorgaben zur Qualität der zur Gebäudeerwärmung eingesetzten Wärme können den Wert der Wärme beeinflussen.

Zur Klarstellung: Hier geht es nicht um den Wert der Abwärme, sondern vielmehr um den Wert, der aus dem abwärmebasierten KWK-Prozess ausgekoppelten Wärme.

Die aus KWK erzeugte Wärme ist geeignet, die ordnungsrechtlichen Anforderungen aus dem EEWärmeG zu erfüllen. So gilt für *Neubauten* die Pflicht nach § 3 EEWärmeG, den Wärme- oder Kälteenergiebedarf durch erneuerbare Energien zu decken nach § 7 Nr. 1 b) EEWärmeG auch als erfüllt, wenn der Verpflichtete den Bedarf zu mindestens 50 % aus KWK-Anlagen nach Nr. VI der Anlage zum EEWärmeG deckt. Entsprechend muss die KWK-Anlage insbesondere hocheffizient⁵¹ sein. Wird die KWK-Wärme in ein Wärmenetz eingespeist, ist § 7 Abs. 1 Nr. 3 i. V. m. Nr. VIII der Anlage zum EEWärmeG maßgeblich. Entsprechend gilt auch hier die Nutzungspflicht als erfüllt, wenn mindestens 50 % der in dem Wärmenetz insgesamt verteilten Wärme aus KWK-Anlagen stammt. Das EEWärmeG differenziert im Hinblick auf die Nutzungspflicht nicht zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Entsprechend gelten die Ausführungen für die innerbetriebliche Nutzung (Nichtwohngebäude) und die außerbetriebliche Nutzung (Wohn- oder Nichtwohngebäude).

KWK-Wärme kann auch die Nutzungspflicht für baden-württembergische *Bestandsgebäude*⁵² nach § 4 EEWärmeG-BW erfüllen. Nach § 4 Abs. 1 EEWärmeG-BW muss nach Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizanlage das versorgte Gebäude zu mindestens 15 % des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Das EEWärmeG differenziert zwar zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden, verweist aber bei der KWK-Erfüllungsoption von Nichtwohngebäuden auf die Regelungen der Wohngebäude.

Nach § 10 Abs. 1 EEWärmeG-BW kann die Pflicht auch dadurch erfüllt werden, dass der Wärmeenergiebedarf von *Wohngebäuden* ganz oder teilweise durch hocheffiziente KWK-Anlagen gedeckt wird, die eine elektrische Leistung von bis zu 20 kW haben, einen Gesamtwirkungsgrad von 80 % aufweisen und mindestens 15 kWh elektrische Nettoarbeit pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr erzeugen (Nr. 1). Bei KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung über 20 kW muss der Wärmeenergiebedarf überwiegend, also zu mindestens 50% mit Wärme aus hocheffizienter KWK erzeugt werden und die KWK-Anlage muss

⁵¹Hocheffizient im Sinne der Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004 über die Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt und zur Änderung der Richtlinie 92/94/EWG (ABl. EU Nr. L 52 S. 50). KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung unter einem Megawatt sind hocheffizient, wenn sie Primärenergieeinsparungen im Sinne von Anhang III der Richtlinie 2004/8/EG erbringen.

⁵² Gem. § 4 Abs. 1 gilt dies beim Austausch oder dem nachträglichen Einbau einer Heizungsanlage.

einen Gesamtwirkungsgrad von mindestens 80 % aufweisen. Bei der Ersatzmaßnahme des Wärmenetzanschlusses muss der Wärmeenergiebedarf zu mindestens 50 % aus hocheffizienter KWK erfolgen. Eine weitere Erfüllungsoption ist die Beheizung mittels Wärmenetzen, die gem. § 10 Abs. 2 EWärmeG-BW zu mindestens 50 % aus hocheffizient erzeugter KWK-Wärme oder Abwärme bzw. zu mindestens 15% aus erneuerbaren Energien gespeist werden (oder einer Kombination daraus).

Für Nichtwohngebäude gilt die KWK-Ersatzmaßnahme nach § 10 EWärmeG-BW gem. § 17 Abs. 1 EWärmeG-BW entsprechend. Entscheidend ist dann nicht die Wohnfläche, sondern die Nettogrundfläche.

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt mit Mitteln des Ordnungsrechts Energieeinsparungen für Wohn- und Nichtwohngebäude vor. Der Energieeinsatz für Produktionsprozesse in Gebäuden ist nach § 1 Abs. 2 S. 2 EnEV jedoch ausdrücklich nicht vom Anwendungsbereich umfasst. In §§ 3 und 4 gibt die EnEV für Neubauten vor, dass sie so auszuführen sind, dass der Jahres-Primärenergiebedarf insbesondere für Warmwasser und Heizung den Wert des Jahres-Primärenergiebedarfs eines normierten Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Zur Bestimmung des Primärenergiebedarfs dient der Primärenergiefaktor. Er ist der Quotient aus Primärenergie und Endenergie und ist ein maßgeblicher Indikator dafür, wie effizient Wärme aus Primärenergie gewonnen wird. Je kleiner der Primärenergiefaktor ist, desto umweltschonender und effizienter ist der Energieeinsatz und -aufwand von der Quelle bis zum Endverbraucher.

Bei der Ermittlung des Primärenergiefaktors für KWK-Wärme gilt die Besonderheit, dass der im KWK-Prozess erzeugte Strom der Wärme mit einem Primärenergiefaktor von 2,8 gutgeschrieben wird (Verdrängungsstrommix). § 22 GEG-Entwurf sieht eine Umstellung auf die Carnot-Methode bis zum 31.12.2024 vor.

3.2.2.2.2 Umlageseitige Aspekte der Abwärmeverstromung (Eigenversorgung)

Im Vergleich zu einem Netzbezug von Strom lohnt sich die Eigenversorgung aus eigenerzeugtem Strom insbesondere, wenn und soweit die Eigenversorgung günstiger ist als der Bezug des Stroms aus dem Netz der allgemeinen Versorgung. Kostenvorteile ergeben sich insbesondere daraus, dass bei Eigenversorgungskonstellationen gewisse Letztverbraucherabgaben, die die Strombezugskosten erhöhen können, nicht oder in reduzierter Höhe zu entrichten sind.

Im Folgenden werden die rechtlichen Verpflichtungen zur Zahlung der wichtigsten Letztverbraucherabgaben (EE-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuern) in Bezug auf die direkte Nutzung des eigenerzeugten Stroms und die indirekte Nutzung über die Belieferung im Rahmen einer Kundenanlage beleuchtet.

3.2.2.2.2.1 EEG-Umlage

Die EEG-Umlage beträgt im Jahr 2018 6,79 ct./kWh⁵³ und hat damit erhebliche Auswirkungen auf die Geschäftsmodellentwicklung.

Gemäß § 61 Abs. 1 Nr. 1 EEG 2017 sind die Netzbetreiber berechtigt und verpflichtet, von den Letztverbrauchern die EEG-Umlage für die Eigenversorgung zu verlangen. Entsprechend gilt der Grundsatz, dass auf den eigenverbrauchten Strom die (volle) EEG-Umlage zu ent-

⁵³ https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2017/16102017_EEG-Umlage.html.

richten ist. Gem. § 61 Abs. 2 EEG 2017 gibt es jedoch Verringerungstatbestände oder solche, die ein (vollständiges) Entfallen der EEG-Umlageverpflichtung zur Folge haben.

Auch bei einer Kundenanlage i.S.d. § 2 Nr. 24a und b EnWG entsteht die Pflicht zur Zahlung der EEG-Umlage grundsätzlich, da nach § 60 Abs. 1 EEG 2017 *Elektrizitätsversorgungsunternehmen* verpflichtet werden und diese nach § 3 Nr. 20 EEG 2017 als jede natürliche oder juristische Person, die Elektrizität an Letztverbraucher liefert, definiert wird. Der Begriff des Elektrizitätsversorgungsunternehmens ist weit gefasst, so dass die Zahlung auch von Betreibern von Kundenanlagen verlangt werden kann, die Letztverbraucher mit Elektrizität beliefern.⁵⁴

§ 61a EEG 2017 hält einige Tatbestände bereit, die bei Eigenversorgungskonstellationen zu einem Entfallen der EEG-Umlage führen. Diese Tatbestände haben die Eigenversorgung allgemein zum Gegenstand und adressieren KWK-Anlagen oder die Abwärmverstromung nicht im Speziellen. Entsprechend werden diese Tatbestände verdichtet dargestellt.

Eigenversorgung ist nach § 3 Nr. 19 EEG 2017 der Verbrauch von Strom, den eine natürliche oder juristische Person im unmittelbaren räumlichen Zusammenhang mit der Stromerzeugungsanlage selbst verbraucht, wenn der Strom nicht durch ein Netz durchgeleitet wird und diese Person die Stromerzeugungsanlage selbst betreibt.

Die EEG-Umlage entfällt nach § 61a Nr. 1 EEG 2017 soweit der Strom zum Kraftwerkseigenverbrauch eingesetzt wird. Nach § 61a Nr. 2 EEG 2017, wenn die Stromerzeugungsanlage des Eigenversorgers weder unmittelbar noch mittelbar an ein Netz angeschlossen ist und es sich demnach um eine völlig autarke Stromerzeugungsanlage handelt (Insellösung). Nach § 61a Nr. 3 EEG 2017 bei vollständiger Eigenversorgung mit Strom aus erneuerbaren Energien und nach § 61a Nr. 4 EEG 2017 wenn Strom aus Stromerzeugungsanlagen mit einer installierten Leistung von höchstens 10 kW erzeugt wird, für höchstens 10 MWh selbst verbrauchten Stroms pro Kalenderjahr (Bagatellfälle)

Eine für ab dem 01. August 2014 errichtete KWK-Anlagen besonders relevante Privilegierungsmöglichkeit gewährte § 61b Nr. 2 EEG 2017 alte Fassung. Vorweggeschickt sei, dass für diese Privilegierung keine beihilferechtliche Genehmigung der EU-Kommission vorlag. Folge des Fehlens der entsprechenden beihilferechtlichen Genehmigung war erhebliche Rechtsunsicherheit dahingehend, ob KWK-Anlagenbetreiber in Eigenversorgungskonstellationen von einer 40 %igen EEG-Umlagebefreiung profitieren können oder nicht. Im Jahr 2018 erfolgten Verhandlungen zwischen EU und der Bundesregierung durch welche eine beihilfewidrige Überförderung von KWK-Anlagen ausgeschlossen werden sollte. Das Ergebnis dieser Verhandlungen mündete im Energiesammelgesetz⁵⁵, welches am 30.11.2018 im Bundestag verabschiedet wurde und die EEG-Umlageprivilegierung für hocheffiziente KWK-Anlagen nunmehr in § 61c EEG regelt.

Nach § 61c EEG 2017 verringert sich bei Eigenversorgern die EEG-Umlage auf 40 %, wenn der Strom in einer KWK-Anlage erzeugt worden ist, die ausschließlich Strom auf Basis von gasförmigen Brennstoffen erzeugt, hocheffizient ist und gewisse in § 61c Abs. 1 Nr. 3 EEG angelegte Nutzungsgrade erreicht. Bei Anlagen mit einer Leistung von mehr als 1 MW bis einschließlich 10 MW entfällt die Privilegierung jedoch, soweit die KWK-Anlage in einem Kalenderjahr eine Auslastung von mehr als 3.500 Vollbenutzungsstunden zur Eigenversorgung aufweist. Nach Art. 15 Abs. 3 Energiesammelgesetz treten diese Änderungen rückwir-

⁵⁴ Danner/Theobald/Lietz EEG 2017 § 60 Rn. 11.

⁵⁵ BT-Drs. 19/6155.

kend zum 1. Januar 2018 in Kraft. Nach eigenen Aussagen des BMWi erhalten durch diese Neuregelung 98 % der KWK-Anlagen ihre bis Ende 2017 geltende Privilegierung (40 % der EEG-Umlage) wieder.⁵⁶

Für KWK-Bestandsanlagen, also solche die vor dem 1. August 2014 in Betrieb genommen wurden, und ältere KWK-Bestandsanlagen, also solche die vor dem 1. September 2011 in Betrieb genommen worden sind, ist die Rechtslage klarer. Hier richtet sich die Bewertung nach §§ 61e und 61f EEG 2017 und regelmäßig verringert sich die EEG-Umlage auf null Prozent.

Bei Kundenanlagen zur betrieblichen Eigenversorgung gelten die privilegierenden Regelungen zur Eigenversorgung entsprechend, sofern Betreiberidentität und der geforderte unmittelbare räumliche Zusammenhang vorliegt.

Ist die EEG-Umlage bei stromkostenintensiven Unternehmen nach § 63 ff. EEG begrenzt, stellt sich die Frage, ob von dieser wettbewerblich begründeten Privilegierung auch diejenigen Strommengen profitieren können, die im KWK-Prozess eigenerzeugt und im Anschluss eigenverbraucht werden. Für diese Unternehmen greift eine grundsätzlich stärkere EEG-Umlagebegrenzung als bei einer Privilegierung für die Eigenversorgung in Unternehmen, die nicht stromkostenintensiv sind.

Die besondere Ausgleichsregelung ist nach § 63 EEG abnahmestellenbezogen. Eine Abnahmestelle ist nach § 64 Abs. 6 Nr. 1 EEG die Summe aller räumlich und physikalisch zusammenhängenden elektrischen Einrichtungen, einschließlich der Eigenversorgungsanlagen eines Unternehmens, die sich auf einem abgeschlossenen Betriebsgelände befinden und über einen oder mehrere Entnahmestellen mit dem Netz verbunden sind; Sie muss über eigene Stromzähler an allen Entnahmepunkten und Eigenversorgungsanlagen verfügen.

Wird der Strom daher in einem Unternehmen, das einer privilegierten Branche nach Anlage 4 zum EEG zuzuordnen ist, innerbetrieblich genutzt, können die eigenversorgten Strommengen grundsätzlich ebenfalls vom Privileg der besonderen Ausgleichsregelung profitieren. Die Eigenversorgungsanlage muss sich dann aber auf dem abgeschlossenen Betriebsgelände befinden und über einen eigenen Stromzähler verfügen.

3.2.2.2.2 Netzentgelte

Grundsätzlich sind die Netzentgelte von den Letztverbrauchern, die Strom aus dem Netz beziehen, zu tragen. Wird Strom nicht aus einem Netz bezogen, entsteht auch keine Netzentgeltzahlungspflicht.

Entsprechend fallen für Strommengen aus der direkten Eigenversorgung i.S.d. § 3 Nr. 19 EEG 2017 mangels Netznutzung keine Netzentgelte an.

Für die Nutzung der Netzinfrastruktur von Kundenanlagen nach § 3 Nr. 24a oder b EnWG, die weitestgehend dem Regulierungsrahmen des EnWG entzogen sind, dürfen keine gesonderten Netzentgelte nach der StromNEV erhoben werden, da Strom in Kundenanlagen nach § 3 Nr. 24d EnWG grundsätzlich unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden muss. Die entsprechenden Kosten für den Netzbetrieb werden regelmäßig im Rahmen eines Gesamtmiet- oder Gesamtpachtvertrags eingepreist. Insofern ist die Höhe eines Entgelts regulatorisch nicht festgelegt, sondern hängt vielmehr vom Einzelfall ab.

⁵⁶ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20181130-altmaier-energiesammelgesetz-wichtiger-baustein-fuer-energiewende.html>.

3.2.2.2.3 Stromsteuer

Bei Konstellationen der direkten Eigenversorgung i.S.d. § 3 Nr. 19 EEG 2017 entsteht die Stromsteuer gem. § 5 Abs. 1 StromStG mit der Entnahme von Strom zum Selbstverbrauch im Steuergebiet. Der Strom muss nicht aus dem Versorgungsnetz entnommen werden, eine Entnahme aus einem Netz, das der Eigenversorgung dient, genügt.⁵⁷ Für Eigenversorgungskonstellationen kommt eine Stromsteuerbefreiung nach § 9 Abs. 1 Nr. 3 lit. a StromStG in Betracht. Danach ist Strom, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 2 MW erzeugt wird, steuerfrei, wenn er vom Betreiber der Anlage als Eigenerzeuger im räumlichen Zusammenhang mit der Anlage zum Selbstverbrauch entnommen wird.

In Bezug auf Kundenanlagen entsteht die Stromsteuer bei Eigenerzeugern grundsätzlich gem. § 5 Abs. 1 S. 2 StromStG mit der Entnahme von Strom zum Selbstverbrauch im Steuergebiet.

Steuerschuldner ist nach § 5 Abs. 2 StromStG in diesen Fällen der Eigenerzeuger.

Wird Strom in einer Kundenanlage nicht selbst verbraucht, sondern an einen Dritten geliefert und durch diesen verbraucht, entsteht die Steuer nach § 5 Abs. 1 S. 1 StromStG dadurch, dass vom im Steuergebiet ansässigen Versorger geleisteter Strom durch Letztverbraucher im Steuergebiet aus dem Versorgungsnetz entnommen wird. Steuerschuldner ist nach § 5 Abs. 2 StromStG dann grundsätzlich der Versorger, welcher gemäß der Begriffsbestimmung in § 2 Nr. 1 StromStG derjenige ist, der Strom leistet. Das „Leisten“ des Stroms ist umfangreicher zu verstehen als das „Liefiern“.⁵⁸ Grundsätzlich ist daher der Anlagenbetreiber der Abwärmeverstromungsanlage, der den Strom der Kundenanlage liefert, als Versorger einzustufen, mit der Folge, dass er Steuerschuldner ist.

Eine „partielle Versorgereigenschaft“⁵⁹ sieht der 2018 neu geschaffene § 1a Abs. 6 StromStV vor. Danach gilt nur als partieller Versorger, wer zusätzlich zu dem selbst bezogenen Strom auch in einer kleinen Anlage bis 2 MW elektrischer Leistung selbst erzeugten Strom innerhalb der Kundenanlage an Dritte leistet. Der Leistende wird dann nur für den selbst erzeugten Strom Versorger. Entsprechend schafft diese Norm steuerliche Vorteile in Bezug auf bezogenen Strom, nicht aber auf selbst erzeugten.

§ 9 Abs. 1 Nr. 3 lit. b StromStG sieht eine Stromsteuerbefreiung für Strom vor, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu zwei MW erzeugt wird und von demjenigen, der die Anlage betreibt, an Letztverbraucher geleistet wird, die den Strom im räumlichen Zusammenhang zu der Anlage entnehmen. Hiervon können Abwärmeverstromungsanlagen ggf. profitieren, sofern sie die Voraussetzungen erfüllen. Der räumliche Zusammenhang umfasst gem. § 12b StromStV Entnahmestellen in einem Radius von bis zu 4,5 Kilometer um die jeweilige Stromerzeugungseinheit.

Profitiert ein Unternehmen vom sog. „Stromsteuerspitzenausgleich“ nach § 10 StromStG unterfällt die eigenerzeugte und zur Eigenversorgung verwendete Strommenge grundsätzlich auch dieser Regelung, soweit der Strom für betriebliche Zwecke eingesetzt wurde.

⁵⁷ Möhlenkamp/Milewski/Milewski StromStG § 5 Rn. 22.

⁵⁸ Möhlenkamp/Milewski/Milewski StromStG § 2 Rn. 6.

⁵⁹ Begriff entnommen aus: Liebheit/Schiebold/Veh: Entwicklungen im Energie- und Stromsteuerrecht in 2017(EnWZ 2018, 167, 171).

Unter betriebliche Zwecke fällt beispielsweise die Stromnutzung für die Haupttätigkeit des Unternehmens, aber auch sog. Hilfs- und Nebentätigkeiten, wie bspw. zur Verwaltung.⁶⁰

3.2.2.3 Abwärmenutzungsoption: Innerbetriebliche Nutzung der Abwärme

- Verbote oder andere regulatorische Einschränkungen bei der innerbetrieblichen Abwärmenutzung bestehen nicht
- Eine Pflicht zur Wärmerückgewinnung ergibt sich aus § 15 Abs. 5 EnEV, allerdings nur in Bezug auf bestimmte Klimaanlage und raumlufttechnische Anlagen
- Abwärme kann grundsätzlich die ordnungsrechtlichen Vorgaben der EnEV, des EEWärmeG (Bund) für Neubauten und des EWärmeG-BaWü für Bestandsgebäude erfüllen
- Die konkrete primärenergetische Bewertung von Abwärme im Rahmen der EnEV hängt vom Einzelfall und davon ab, aus welchen Prozessen die Abwärme stammt und welche Primärenergie zur Erzeugung der Wärme eingesetzt wird.
- Abwärme gilt zwar nicht als erneuerbare Energie i.S.d. EEWärmeG, ihre Nutzung kann aber als Ersatzmaßnahme geltend gemacht werden.

Der Rechtsrahmen für die innerbetriebliche Nutzung von Abwärme ist überschaubar. Aus rechtlichen Gesichtspunkten ergeben sich keine Verbote oder Einschränkungen in Bezug auf die innerbetriebliche Abwärmenutzung. Eng begrenzt gibt es aber teilweise eine Pflicht zur (Ab-)Wärmenutzung.

Der betriebswirtschaftliche Anreiz einer innerbetrieblichen Abwärmenutzung liegt insbesondere in der Substitution sonstiger, möglicherweise fossiler, Wärmequellen. Relevanz haben insbesondere die ordnungsrechtlichen Instrumente der Gesetze und Verordnungen, die Vorgaben hinsichtlich des Primärenergiebedarfs von Gebäuden treffen (EnEV) oder gewisse Quotenerfüllungspflichten in Bezug auf die Nutzung erneuerbarer Energien vorgeben (EEWärmeG und EWärmeG-BaWü).

Im Folgenden gilt es daher herauszuarbeiten, wie die Abwärme primärenergetisch im Rahmen des EnEG / der EnEV i. V. m. deren Anlagen bewertet wird und inwieweit die Nutzungspflichten bzw. Ersatzvornahmen des EEWärmeG und des EWärmeG-BaWü durch Abwärmenutzung erfüllt werden können. Derzeit ist die Zusammenführung der Vorgaben des EEWärmeG und der EnEV/EnEG in ein Gebäudeenergiegesetz (GEG) geplant. Auch diese Entwicklungen werden im Folgenden berücksichtigt. Zunächst wird aber auf Normen eingegangen, die unmittelbar zu einer Abwärmenutzung verpflichten und beispielsweise nicht durch andere Maßnahmen kompensiert werden können.

3.2.2.3.1 Verpflichtungen zur Abwärmenutzung

Im eng begrenzten Rahmen verpflichtet der bestehende Rechtsrahmen zu einer Abwärmenutzung bzw. zur Anlagenausstattung mit einer Wärmerückgewinnung.

⁶⁰ Schneider/Theobald, Recht der Energiewirtschaft 4. Auflage 2013, Stromsteuergesetz Rn. 134.

So gibt § 15 Abs. 1 der EnEV vor, dass beim Einbau von Klimaanlage mit einer Nennleistung für den Kältebedarf von mehr als 12 kW und raumluftechnischen Anlagen, die für einen Volumenstrom der Zuluft von wenigstens 4.000 m³/h ausgelegt sind, gewisse technische Vorgaben einzuhalten sind. § 15 Abs. 5 EnEV normiert weiterhin, dass wenn solche Anlagen in Gebäude eingebaut werden oder Zentralgeräte solcher Anlagen erneuert werden, diese mit einer Einrichtung zur Wärmerückgewinnung ausgestattet sein müssen, die mindestens der Klassifizierung H3 nach DIN EN 13053: 2007-11 entspricht.

Andere Anlagen werden von dieser Pflicht zur Wärmerückgewinnung nicht adressiert. Bemerkenswert ist, dass die derzeit gültigen Verpflichtungen zur Verwendung von Wärmerückgewinnungsanlagen bei der Novellierung der EnEV (im Zuge einer Zusammenlegung mit dem EEWärmeG zu einem Gebäudeenergiegesetz) entschärft werden (vgl. hierzu 3.2.2.3.5).

Weiterhin verpflichtet § 13 der 17. BImSchV Betreiber einer Abfallverbrennungs- oder Abfallmitverbrennungsanlage dazu, Wärme, die nicht an Dritte abgegeben werden kann, in Anlagen des Betreibers selbst zu nutzen, soweit dies nach Art und Standort der Anlage technisch möglich und zumutbar ist. Ab einem halben Megawatt elektrischer Klemmleistung hat der Betreiber aus der entstehenden Wärme elektrischen Strom zu erzeugen. Nach Ansicht von Wustlich⁶¹ handelt es sich bei der in Abfallverbrennungsanlagen entstehenden Wärme allerdings nicht um Abwärme, wofür auch der Wortlaut des § 13 spreche, der von „Wärme“ und nicht von „Abwärme“ spreche. Diese Ansicht überzeugt vor dem Hintergrund, dass Abfallverbrennungsanlagen in der Regel als KWK-Anlagen ausgeführt werden, die grundsätzlich zielgerichtet Wärme bereitstellen. Dafür spricht auch, dass das Bundesumweltministerium in einem Anwendungshinweis⁶² zum Vollzug des EEWärmeG mit speziellem Fokus auf der Nutzung von Wärme aus Müllverbrennungsanlagen feststellt, dass Wärme aus Abfallverbrennungsanlagen in der Regel keine Abwärme i.S.d. § 2 Abs. 2 Nr. 1 EEWärmeG darstellt und entsprechend nicht als Ersatzmaßnahme zur Erfüllung der Nutzungspflichten anerkannt wird.

3.2.2.3.2 Primärenergetische Bewertung von Abwärme (EnEV)

- Mit Mitteln des Ordnungsrechts verpflichtet die EnEV Gebäudeeigentümer, insbesondere von Neubauten dazu, ihren Primärenergiebedarf zu begrenzen. Zur energetischen Bewertung von Energieträgern dienen u.a. die Primärenergiefaktoren
- Mit welchem Primärenergiefaktor Abwärme bewertet wird, dürfte maßgeblich davon abhängen, aus welchen Prozessen die Abwärme stammt und welche Primärenergie zur Erzeugung der Wärme eingesetzt wird. Die Berechnung ist anhand des Einzelfalls vorzunehmen
- Es ist aber davon auszugehen, dass Abwärme im Rahmen der EnEV insgesamt mit einem geringen, folglich positiven Primärenergiefaktor belegt wird (zwischen 0,0 und 0,5)

⁶¹ Wustlich, in: Müller/Oschmann/Wustlich EEWärmeG, § 7 Rn. 49.

⁶² Abruflbar unter: https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/nutzung_von_waerme_aus_muellverbrennungsanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=3

§ 1 Abs. 1 des Energieeinspargesetzes (EnEG), lässt sich entnehmen, dass Gebäude so zu errichten sind, dass Energieverluste beim Heizen und Kühlen des Gebäudes unterbleiben. Das EnEG ermächtigt für diese Zielerreichung die Bundesregierung dazu, die Energieeinsparverordnung (EnEV) zu erlassen. § 1 S. 1 HS 2 der EnEV spezifiziert den Zweck des EnEG zudem dahingehend, dass ein nahezu klimaneutraler Gebäudebestand bis zum Jahr 2050 erreicht werden soll.

Nach § 1 Abs. 2 EnEV gilt die Verordnung für Gebäude, soweit sie unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden ebenso wie für Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl-, Raumluft und Beleuchtungstechnik sowie der Warmwasserversorgung für diese Gebäude. Der Energieeinsatz für Produktionsprozesse in Gebäuden ist hingegen nach § 1 Abs. 2 S. 2 EnEV nicht Gegenstand der Verordnung. In § 1 Abs. 3 EnEV findet sich weiterhin ein Ausnahmekatalog, der Gebäudetypen aufzählt, für welche die Verordnung nicht gilt.

Ein zentrales Instrument zur Zielerreichung der EnEV ist die Festlegung von Anforderungen an neu zu errichtende Wohn- und Nichtwohngebäude in Abschnitt 2. Bestandsgebäude werden von der EnEV nur schwach adressiert. Die Anforderungen bestehen darin, dass zu errichtende Gebäude so auszuführen sind, dass der Jahres-Primärenergiebedarf für insbesondere Heizung, Warmwasser, Lüftung und Kühlung den Wert des Jahrs-Primärenergiebedarfs eines festgelegten Referenzgebäudes gleicher Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung nicht überschreitet.

Bei Gebäuden kann grds. an zwei Stellschrauben gedreht werden, um dem vorgegebenen Primärenergiebedarf einzuhalten. Zum einen auf der Erzeugungsseite durch eine effiziente Heiztechnologie die nur geringe Primärenergiebedarfe aufweist und zum anderen kann durch Maßnahmen an der Gebäudehülle (z.B. besonders effiziente Dämmung) der Endenergiebedarf reduziert werden. Diese beiden Aspekte können sich in gewissen Grenzen auch gegenseitig substituieren. Wird eine besonders primärenergiearme Heiztechnologie verwendet, sind die Anforderungen an die Gebäudehülle grundsätzlich geringer. Bei einer stärkeren Dämmung und damit weniger Wärmeverlusten toleriert die EnEV in Grenzen auch eine primärenergetisch ungünstigere Heiztechnologie.

Um den Primärenergiebedarf zu bestimmen, wird den einzelnen Energiequellen mittels des Primärenergiefaktors (PEF) ein bestimmter Wert zugeteilt. Der Primärenergiefaktor ist der Quotient aus Primärenergie und Endenergie. Er dient der Bestimmung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs und ist ein maßgeblicher Indikator dafür, wie effizient z.B. Strom oder Wärme aus Primärenergie gewonnen werden.

Je kleiner der Primärenergiefaktor ist, desto umweltschonender und effizienter ist der Energieeinsatz und -aufwand von der Quelle bis zum Endverbraucher. Primärenergiefaktoren haben daher im Wärmemarkt Einfluss auf die Auswahl von Heiztechnologien und Energieträgern⁶³. Durch einen geringen PEF kommt einem (Heiz)Energieträger ein wirtschaftlicher Wert zu, da - in Grenzen - geringere Dämm-Anforderungen an die Gebäudehülle gestellt werden.

Die konkrete Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs hat nach Anlage 1 zur EnEV Ziff. 2.1.1. durch DIN V 18599 : 2011-12 und daran anknüpfende Berichtigungen zu erfolgen. Als Primärenergiefaktoren sind die Werte für den nicht erneuerbaren Anteil nach DIN V 18599-1 : 2011-12 zu verwenden.

Welchen Primärenergiefaktor Abwärme hat, dürfte maßgeblich davon abhängen, aus welchen Prozessen die Abwärme stammt und welche Primärenergie zur Erzeugung der Wärme

⁶³ BDEW Grundlagenpapier Primärenergiefaktoren, 22. April 2015, abrufbar unter:
<https://www.klimakoenner.de/docs/BDEW%20Grundlagenpapier%20Prim%C3%A4renergiefaktoren.pdf>

eingesetzt wird. Konkrete Berechnungen können im Rahmen der juristischen Analyse nicht erfolgen. Zur Einordnung der ungefähren primärenergetischen Bewertung von Abwärme dienen die folgenden recherchierten Werte:

In Tabelle A.1 der DIN V 18599-1 : 2011-12 wird für „Abwärme innerhalb des Gebäudes“ aus Prozessen⁶⁴ ein PEF für den nicht erneuerbaren Anteil von 0,0 festgelegt.

In der BMVBS-Online-Publikation Nr. 12/2012 mit dem Titel „Primärenergiefaktoren von biogenen Energieträgern, Abwärmequellen und Müllverbrennungsanlagen“⁶⁵ empfiehlt das BMVBS einen PEF von 0,20 für Abwärme aus gewerblichen Quellen bei ortsnahe Nutzung, wenn das Wärmenetz zu 100 % aus Abwärme gespeist wird. Bei Abwärme aus der Industrie differenziert das BMVBS zwischen Netzen, die zu 70 % (PEF: 0,50) und 100 % (PEF: 0,20) aus Abwärme gespeist werden⁶⁶.

Im Vergleich dazu liegt der PEF für den nicht erneuerbaren Anteil bei Nah-/Fernwärme aus KWK-Anlagen mit fossilem Brennstoff nach Tabelle A.1 der DIN V 18599-1: 2011-12 bei 0,7.

Entsprechend wird Abwärme derzeit mit einem positiven, da geringen PEF bewertet. Konkrete Festlegungen bedürfen jedoch Berechnungen anhand des Einzelfalls.

3.2.2.3.3 Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien im Neubau (EEWärmeG Bund)

- Das EEWärmeG verpflichtet insbesondere Eigentümer von Neubauten dazu, ihren Wärme- und Kälteenergiebedarf zu einem Mindestanteil aus erneuerbaren Energien zu decken
- Abwärme gilt nicht als erneuerbare Energie i.S.d. EEWärmeG, ihre Nutzung kann aber als Ersatzmaßnahme geltend gemacht werden
- Dabei sind bestimmte technische und effizienzbezogene Anforderungen an die Wärmepumpen und Wärmerückgewinnungsanlagen einzuhalten

Zum Zwecke des Klimaschutzes, der Schonung von Ressourcen und der Weiterentwicklung effizienter Technologien führt das EEWärmeG eine ordnungsrechtliche Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien in Neubauten ein.

Konkret verpflichtet das EEWärmeG in § 3 die Eigentümer von neu zu errichtenden Gebäuden, den Wärme- und Kältebedarf der Immobilien durch die anteilige Nutzung von erneuerbaren Energien nach Maßgabe der §§ 5 und 6 EEWärmeG zu decken. Bestandsgebäude werden, wie bei der EnEV, nur schwach adressiert. Welche Gebäude von der Nutzungspflicht nach § 3 erfasst werden, ist in § 4 EEWärmeG niedergelegt. Dies sind im Grundsatz

⁶⁴ Ziffer 3.1.32 der DIN V 18599-1 : 2011-12: Abwärme sind die aus Prozessen stammende Wärme- und Kältemengen, die innerhalb des bilanzierten Gebäudes einer Nutzung zugeführt werden und andernfalls ohne weitere Verwertung an die Umgebung abgegeben worden wäre, z.B. industrielle Abwärme einer Fertigung.

⁶⁵ Im Internet abrufbar unter: <http://www.irbnet.de/daten/baufo/20128035650/Abschlussbericht.pdf>

⁶⁶ Abrufbar unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Online/2012/DL_ON122012.pdf?blob=publicationFile&v=2; Siehe DIN V 18599-1 Punkt 3.1.32, S. 15, sowie Tabelle A.1, S. 67.

alle Gebäude mit einer Nutzfläche von mehr als 50 Quadratmetern, die unter Einsatz von Energie beheizt oder gekühlt werden. Auf diesen Grundsatz folgt eine Aufzählung von Gebäuden, für die die Verpflichtung nach § 3 EEWärmeG nicht gelten. In § 5 EEWärmeG werden die Quoten bzw. Anteile von zu nutzenden erneuerbaren Energien festgelegt. Nach § 7 EEWärmeG gilt die Verwendungspflicht aus § 3 EEWärmeG aber auch als erfüllt, wenn der Verpflichtete gewisse Ersatzmaßnahmen durchführt, die zwar nicht erneuerbarer Natur, aber jedenfalls auch ökologisch wertvoll sind.

Nach § 7 Abs. 1 Nr. 1a) EEWärmeG gilt die Nutzungspflicht als erfüllt, wenn der Verpflichtete den Wärme- und Kälteenergiebedarf zu mindestens 50 Prozent aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme deckt. Abwärme wird in § 2 Abs. 2 Nr. 1 EEWärmeG legaldefiniert als Wärme, die aus technischen Prozessen und baulichen Anlagen stammende Abluft- oder Abwasserströmen entnommen wird. Abwärme ist ausdrücklich keine erneuerbare Energie i.S.d. EEWärmeG, wie § 2 Abs. 1 Nr. 2 EEWärmeG festlegt, der Umweltwärme legaldefiniert und Abwärme hiervon ausschließt. Mit Ausnahme von Müllverbrennungsanlagen, die keine Abwärme i.S.d. EEWärmeG erzeugen⁶⁷, ist jede Abwärme produzierende Anlage geeignet, Abwärme für eine Ersatzmaßnahme nach § 7 Abs. 1 Nr. 1 lit a) EEWärmeG zu produzieren⁶⁸. Um Wirkungsgradverluste zu vermeiden, muss die Abwärme zudem unmittelbar den Wärme- bzw. Kälteenergiebedarf des Gebäudes decken und darf nicht etwa zunächst in Elektrizität umgewandelt werden, mit der dann wieder Wärme oder Kälte hergestellt wird (Unmittelbarkeitskriterium)⁶⁹.

Ergänzend zu dem in § 7 Abs. 1 Nr. 1 EEWärmeG geforderten Mindestanteil der Wärmedeckung von 50 % durch Energie aus Anlagen zur Abwärmenutzung werden in Nr. V der Anlage des EEWärmeG weitere technische- und ökologische Anforderungen an die Abwärmegewinnung gestellt, die variieren, je nach dem, mit welcher Technik die Abwärme nutzbar gemacht wird. Diese Voraussetzungen müssen kumulativ zu dem in § 7 Abs. 1 Nr. 1a) EEWärmeG genannten Mindestanteil von 50 % erfüllt sein⁷⁰.

Der Gesetzgeber differenziert zwischen den unterschiedlichen Abwärmenutzungstechnologien und knüpft verschiedene Vorgaben hinsichtlich Technologie und Effizienz an. Beispielsweise müssen eingesetzte Wärmepumpen bestimmte Effizienzstandards (z.B. „Blauer Engel“) einhalten und die nutzbare Wärmemenge mit einer bestimmten Jahresarbeitszahl bereitstellen.⁷¹

Sofern Abwärme durch raumluftechnische Anlagen mit Wärmerückgewinnung genutzt wird, fordert Nr. V der Anlage des EEWärmeG, dass der Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage mindestens 70 Prozent und die Leistungszahl, die aus dem Verhältnis von der aus der Wärmerückgewinnung stammenden und genutzten Wärme zum Stromeinsatz für den Betrieb der raumluftechnischen Anlage ermittelt wird, mindestens 10 betragen.

Die ordnungsrechtlichen Vorgaben des EEWärmeG können somit im Hinblick auf gewisse Quoten und effizienzbezogene Anforderungen durch die innerbetriebliche Nutzung von Abwärme erfüllt werden.

⁶⁷ Wustlich, in: Müller/Oschmann/Wustlich, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, 1. Auflage 2010, § 7 Rn. 35.

Ausnahme von diesem Grundsatz: Die MVA wird mit einer KWK-Anlage betrieben oder es werden erneuerbare Energien (biologisch abbaubarer Anteil von Abfällen) zur Befeuerung eingesetzt.

⁶⁸ Wustlich, in: Müller/Oschmann/Wustlich, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, 1. Auflage 2010, § 7 Rn. 51.

⁶⁹ Wustlich, in: Müller/Oschmann/Wustlich, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, 1. Auflage 2010, § 7 Rn. 54f.

⁷⁰ Wustlich, in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL Okt. 2017, EEWärmeG § 7 Rn. 7.

⁷¹ Detailliert: Wustlich, in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL Okt. 2017, EEWärmeG § 7 Rn. 11 – 15.

3.2.2.3.4 Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien im Bestand (EWärmeG BaWü)

- Das EWärmeG-BaWü verpflichtet Eigentümer von Bestandsgebäuden dazu, ihren Wärme- und Kälteenergiebedarf zu einem Mindestanteil von 15 % aus erneuerbaren zu decken.
- Abwärme wird bei Verwendung von Wärmepumpen mit bestimmter Effizienz als Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt.
- Auch kann Abwärme über Ersatzmaßnahmen, wie beispielsweise Wärmerückgewinnungsanlagen mit bestimmten Effizienzvorgaben oder ein mit Abwärme gespeistes Wärmenetz die vorgegebene Quote des EWärmeG-BaWü erfüllen.

Strukturell vergleichbar mit dem EEWärmeG des Bundes hat das Land Baden-Württemberg ein EWärmeG-BaWü erlassen, in welchem ebenfalls Verpflichtungen zur Nutzung erneuerbarer Energien zu Zwecken der Wärmeversorgung bei Gebäuden festgesetzt werden.

Kernunterschied ist insbesondere, dass im EWärmeG-BaWü Bestandsgebäude adressiert werden, während sich das EEWärmeG des Bundes insbesondere auf Neubauten fokussiert. Entsprechend umfasst der Geltungsbereich des EWärmeG-BaWü nach § 2 Abs. 1 alle am 1. Januar 2009 bereits errichteten Gebäude, soweit sie unter Einsatz von Energie beheizt werden.

In § 2 Abs. 2 EWärmeG-BaWü werden sodann Ausnahmen vom Anwendungsbereich getroffen, am relevantesten dürften hier Wohn- und Nichtwohngebäude mit einer Nettogrundfläche von weniger als 50 Quadratmetern sowie verschiedene Betriebsgebäude und Hallen sein, die der Aufzucht von Tieren dienen, nur für kurze Zeiträume- oder nur auf eine niedrige Temperatur beheizt werden.

Die Nutzungspflicht knüpft als pflichtauslösendes Element an einen Austausch oder nachträglichen Einbau einer Heizanlage an, § 4 Abs. 1 Hs. 1 i.V.m. § 3 Nr. 1 - 3 EWärmeG-BaWü. Ist dieses pflichtauslösende Element gegeben, wird der Gebäudeeigentümer verpflichtet, mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärmeenergiebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken oder den Wärmeenergiebedarf um mindestens 15 % zu reduzieren, § 4 Abs. 1 EWärmeG-BaWü.

Ansonsten ist die Grundstruktur des EWärmeG BaWü vergleichbar mit der des EEWärmeG – in beiden werden Gebäudeeigentümer mit ordnungsrechtlichen Instrumenten zur Nutzung erneuerbarer Energien verpflichtet, beide Gesetze sehen Ersatzmaßnahmen und Kombinationsmöglichkeiten vor⁷².

Ein Unterschied liegt darin, dass im EWärmeG-BaWü die Abwärmenutzung sich nicht nur auf Ersatzmaßnahmen beschränkt, sondern vielmehr die Abwärmenutzung nach § 5 Abs. 2 EWärmeG-BaWü als Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt wird, wenn bei elektrisch angetriebenen Wärmepumpen eine Jahresarbeitszahl von 3,5 und bei mit Brennstoffen betriebenen Wärmepumpen eine Jahresheizzahl von mindestens 1,2 erreicht wird.

Für die innerbetriebliche Abwärmenutzung von Relevanz ist auch § 17 EWärmeG-BaWü, der für Nichtwohngebäude Ersatzmaßnahmen vorsieht, die direkt Abwärme adressieren. So gilt

⁷² Wustlich, in: Müller/Oschmann/Wustlich, Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz, 1. Auflage 2010, § 3 Rn. 110.

die Nutzungspflicht durch den Einsatz einer Wärmerückgewinnungsanlage in Lüftungsanlagen als erfüllt, soweit die rückgewonnene Wärmemenge abzüglich des dreifachen Stromaufwands zum Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage (anrechenbare rückgewonnene Wärmemenge) mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärmeenergiebedarfs deckt und der Wärmerückgewinnungsgrad der Anlage mindestens 70 Prozent beträgt sowie die Leistungszahl, die aus dem Verhältnis von der aus der Wärmerückgewinnung stammenden und genutzten Wärme zum Stromeinsatz für den Betrieb der Wärmerückgewinnungsanlage ermittelt wird, mindestens 10 beträgt. Die Berechnung der anrechenbaren rückgewonnenen jährlichen Wärmemenge erfolgt nach § 17 Abs. 2 S. 2 EWärmeG-BaWü.

Nach § 17 Abs. 3 EWärmeG-BaWü kann die Nutzungspflicht auch durch die Nutzung von bisher ungenutzter Abwärme aus anderen Prozessen als dem Heizprozess selbst erfüllt werden, soweit die für die Deckung des Wärmeenergiebedarfs genutzte Abwärmemenge abzüglich des dreifachen Stromaufwands zum Betrieb der Abwärmenutzungsanlage (anrechenbare genutzte Abwärme) mindestens 15 Prozent des jährlichen Wärmeenergiebedarfs deckt. Diesbezüglich ist die anrechenbare genutzte Abwärmemenge nach den anerkannten Regeln der Technik zu berechnen.

Das EEWärmeG des Bundes und das EWärmeG des Landes Baden-Württemberg regeln wie dargestellt ähnliche Materien. Der Kernunterschied liegt in den adressierten bzw. verpflichteten Gebäuden. Dies ist auch zugleich grundsätzliches Abgrenzungskriterium der beiden Regelwerke. Das EEWärmeG verpflichtet im Wesentlichen bundesweit Neubauten, das EWärmeG im Wesentlichen landesweit Bestandsgebäude.

Im Folgenden wird geprüft, welche Optionen der Landesgesetzgeber hat, die Vorgaben aus dem EEWärmeG des Bundes zu modifizieren bzw. zu ergänzen oder ob der ordnungsrechtliche Rahmen in Bezug auf Verpflichtungen zu Nutzung erneuerbarer Energien mit der Schaffung des EWärmeG-BaWü ausgeschöpft ist. Diese Fragestellungen führen zu den kompetenzrechtlichen Normen aus dem Grundgesetz.

Nach dem in Art. 70 Abs. 1 GG festgelegten Grundsatz braucht der Bund für eine gesetzgeberische Tätigkeit eine ihm zugewiesene Kompetenznorm. Das Klimaschutzrecht und das Recht der erneuerbaren Energien sind nicht ausdrücklich im Kompetenzkatalog des Grundgesetzes geregelt und müssen im Wege der Auslegung einer Kompetenznorm zugeordnet werden.

In Betracht kommt das "Recht der Luftreinhaltung" in Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG sowie das "Recht der Wirtschaft" in Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG. Leitet man die Kompetenz über Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 i.V.m Art. 72 Abs. 1 GG ab, handelt es sich um eine sog. „Kernkompetenz“. Macht der Bund von dieser Gebrauch, geht damit eine Sperrwirkung für die Länder einher. Die Länder können auf diesem Gebiet dann nicht mehr gesetzgeberisch tätig werden.

Der Bund geht ausweislich der Gesetzesbegründung davon aus, dass seine Gesetzgebungskompetenz sich ausschließlich aus Art. 74 Abs. 1 Nr. 24 GG ergibt⁷³. Diese Sicht des Bundesgesetzgebers entspricht der herrschenden Meinung⁷⁴. Entsprechend ist davon auszugehen, dass der Bund für den Bereich der Neubauten abschließend von seiner Gesetzgebungskompetenz Gebrauch gemacht hat und eine Sperrwirkung für die Länder bezüglich dieses Regelungsbereichs eintritt.

⁷³ BT Drs. 16/8149 S. 12 f.

⁷⁴ BVerwG, NVwZ 2017, 61 (62 Rn. 26); Wustlich in: Müller/Oschmann/Wustlich, § 3 Rn. 18; Milkau: Bundeskompetenz für ein Umweltenergiegesetz – dargestellt am Beispiel des EEWärmeG, ZUR 2008, Heft 12 S. 561 (565f.).

Explizit hat der Bundesgesetzgeber die Möglichkeit für die Länder geschaffen, für bereits errichtete Gebäude, die keine Bestandsgebäude sind, eine Pflicht zur Nutzung von erneuerbaren Energien festzulegen, § 3 Abs. 4 Nr. 2 EEWärmeG. Auf Grundlage dieser klarstellenden Norm hat der Landesgesetzgeber von Baden-Württemberg das EWärmeG-BaWü erlassen. Da dieser Regelungsbereich demnach in die Landeskompetenz fällt, ist der Landesgesetzgeber bei der konkreten Ausgestaltung relativ frei und kann andere, ambitioniertere Ziele als der Bundesgesetzgeber verfolgen⁷⁵.

Auch steht es dem Landesgesetzgeber grundsätzlich frei, strengere Quoten für die Abwärmenutzung zu fordern als im EEWärmeG oder im derzeitigen EWärmeG-BaWü. Auch können grundsätzlich andere Anforderungen an die Effizienz der Wärmepumpen zur Temperaturenhöhenanhebung getroffen werden. Diesbezüglich kommt dem Landesgesetzgeber eine starke Einschätzungsprärogative zu. Eine Grenze dürfte jedoch da liegen, wo bestimmte Quoten oder Effizienzvorgaben mit dem Gesetzeszweck des Klimaschutzes nicht mehr in Einklang zu bringen sind. So spricht beispielsweise viel dafür, dass die Verpflichtungsquoten in Bezug auf erneuerbare Energien grundsätzlich geringer ausfallen muss als für Abwärme, die aus fossilen Quellen stammt. Auch gilt es beim Quotenverhältnis der unterschiedlichen Wärmequellen ein angemessenes Verhältnis untereinander zu wahren.

3.2.2.3.5 Zusammenführung von EnEG/EnEV und EEWärmeG zu einem Gebäudeenergiegesetz (GEG-E)

- EnEG, EnEV und EEWärmeG sollen zu einem Gebäudeenergieeinspargesetz (GEG-E) zusammengeführt und harmonisiert werden. Im November 2018 ist ein Gesetzentwurf zum GEG vorgestellt worden, der auf dem zunächst gescheiterten Referentenentwurf von Anfang 2017 aufbaut.
- Abwärme wird dabei rechtlich im Wesentlichen so behandelt wie nach derzeitiger Rechtslage. In Bezug auf Transparenzschaffung ist zu begrüßen, dass nach dem GEG-E die Bestimmung und Berechnung der Primärenergiefaktoren im Gesetz selbst erfolgen soll.
- Die verpflichtende Wärmerückgewinnung bei Klimaanlage oder raumluftechnischen Anlagen gilt nach dem Entwurf nicht mehr, wenn die rückgewonnene Wärme nicht genutzt werden kann oder das Zu- und Abluftsystem räumlich vollständig getrennt sind.

Vor dem Hintergrund der bestehenden und hier bereits behandelten Rechtssätze des EnEG, der EnEV und des EEWärmeG, die mit Regelungen zu energetischen Anforderungen Gebäude ähnliche Materien adressieren, ist derzeit ein Gebäudeenergiegesetz (GEG-E) in der politischen Diskussion. Die Zusammenlegung der jeweiligen Rechtssätze ist bereits in § 1 Abs. 1 S. 4 EnEV angelegt.

⁷⁵ Milkau: Bundeskompetenz für ein Umweltenergiegesetz – dargestellt am Beispiel des EEWärmeG, ZUR 2008, Heft 12 S. 561 (567).

Der Gesetzentwurf zum Gebäudeenergiegesetz (GEG-E) wurde zum 1. November 2018 vorgestellt⁷⁶. Dieser baut auf dem zunächst gescheiterten Referentenentwurf zum GEG vom 23.1.2017 auf.⁷⁷ Im Bereich der Abwärme finden sich kaum Unterschiede zwischen diesen beiden Entwürfen. Das GEG soll das Energieeinsparrecht für Gebäude neu strukturieren: Das EnEG, die EnEV und das EEWärmeG sollen ersetzt werden und ein neues, harmonisiertes und aufeinander abgestimmtes Regelwerk für die energetischen Anforderungen an Neu- und Bestandsgebäude sowie an den Einsatz erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteversorgung von Gebäuden geschaffen werden. Dadurch sollten Begriffsbestimmungen, divergierende Anforderungen an Anlagentechnik und unterschiedliche Behandlung von Strom aus erneuerbaren Energien vereinheitlicht werden⁷⁸.

Das GEG-E konnte vor der Bundestagswahl im September 2017 nicht in geltendes Recht umgesetzt werden. Der Koalitionsvertrag für die 19. Legislaturperiode von CDU/CSU/SPD sieht aber auf Seite 114 vor, dass ein Gebäudeenergiegesetz eingeführt werden soll, das die Anforderungen des EU-Rechts umsetzt⁷⁹. Gerade aufgrund der Notwendigkeit, EU-Richtlinien⁸⁰ (weiter) umzusetzen⁸¹, besteht ein Anreiz für den Gesetzgeber, dies sogleich in ein neues GEG einzuarbeiten.

Betrachtet man den Referentenentwurf zum GEG vom 23.01.2017 als eine Art Blaupause⁸² für einen erneuten Entwurf in der 18. Legislaturperiode ergeben sich im Hinblick auf die rechtliche Behandlung von Abwärme keine großen Neuerungen:

- In § 3 Abs. 1 Nr. 1 GEG-E wird Abwärme an erster Stelle definiert, diese Definition stimmt mit der in § 2 Abs. 2 Nr. 1 EEWärmeG überein.
- In § 3 Abs. 2 Nr. 1 werden erneuerbare Energien definiert. Abwärme wird auch hier aus der Definition genommen.
- Die weiteren Regelungen zu Abwärme, insbesondere die Festlegung des 50 %igen Mindestnutzungsanteils und die Anforderungen an die Wärmepumpen sowie Wärmerückgewinnungsanlagen entsprechen im Wesentlichen denen des EEWärmeG, vgl. §§ 43 und 45 GEG-E

⁷⁶ Gesetzentwurf der Bundesregierung zu einem Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude. Bearbeitungsstand: 01.11.2018

⁷⁷ Referentenentwurf des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) erarbeiteten Referentenentwurf, der am 23. Januar 2017 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde.

⁷⁸ Referentenentwurf zum GEG vom 23. 01. 2017, S. 98

⁷⁹ Koalitionsvertrag für die 19. Legislaturperiode, abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Anlagen/2018/03/2018-03-14-koalitionsvertrag.pdf?blob=publicationFile&v=5>

⁸⁰ EU-Gebäuderichtlinie (Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), ABl. L 153 vom 18.6.2010, S. 13, ABl. L 155 vom 22.6.2010, S. 61 sowie Erneuerbare Energien-Richtlinie (Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG).

⁸¹ Wustlich, in: Danner/Theobald, Energierecht, 95. EL Oktober 2017, Einführung in das EEWärmeG Rn. 60b.

⁸² Darauf könnte die Begründung im Koalitionsvertrag hindeuten, die mit der im GEG-E weitestgehend übereinstimmt.

- Im Hinblick auf Transparenz ist erfreulich, dass in § 22 GEG-E i. V. m. Anlage 4 zum GEG-E zur Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs zu verwendenden Primärenergiefaktoren gesetzlich festgelegt werden. Dadurch emanzipiert sich der Gesetzgeber von der DIN V 18599-1 und ist bestrebt, Primärenergiefaktoren für Bauherren und Eigentümer zukünftig transparent zu gestalten.

Die nach § 15 Abs. 5 EnEV getroffene Verpflichtung zur Abwärmenutzung in Bezug auf bestimmte Klimaanlageanlagen und raumlufttechnische Anlagen wird in § 68 GEG-E überführt, allerdings mit Einschränkungen versehen, die bislang nicht Gegenstand der EnEV waren. So gilt die Pflicht zur Wärmerückgewinnung nicht, wenn die rückgewonnene Wärme nicht genutzt werden kann oder das Zu- und Abluftsystem räumlich vollständig getrennt sind. Da diese beiden Konstellationen ausweislich der Entwurfsbegründung mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden sind, sollen sie künftig aus der Verpflichtung ausgenommen werden.⁸³ Konkretisierungen, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen damit die rückgewonnene Wärme nicht genutzt werden kann, werden vom Gesetzesentwurf nicht getroffen.

3.2.2.4 Abwärmenutzungsoption: Außerbetriebliche Nutzung der Abwärme

- Ein Zugangsanspruch zu einem Wärmenetz besteht für abwärme-„erzeugende“ Unternehmen nicht
- Die Höhe der Belastungen mit Letztverbraucherabgaben (insb. Netzentgelte, EEG-Umlage, Stromsteuer) bzgl. Wärmepumpenstrom hängt maßgeblich vom konkreten Einzelfall ab. Entscheidende Faktoren sind Netzbezug, Eigenversorgung sowie bestehende Privilegierungen für „Großverbraucher“
- Auch die über Wärmenetze verteilte Abwärme kann grundsätzlich die ordnungsrechtlichen Vorgaben der EnEV, des EEWärmeG (Bund) für Neubauten und des EEWärmeG-BaWü für Bestandsgebäude erfüllen

Kann anfallende Abwärme im abwärme-„erzeugenden“ Unternehmen nicht selbst verbraucht werden oder besteht keine technische oder wirtschaftliche Möglichkeit, die Abwärme zu verstromen, besteht die Möglichkeit der Belieferung Dritter mit der Abwärme. Denkbar ist eine Direktbelieferung über die Firmengrenze an ein angrenzendes Nachbarunternehmen. Regelmäßig dürfte diese Drittlieferung jedoch über den Verkauf der Abwärme und eine Einspeisung in ein Wärmenetz umgesetzt werden, denn diese Wärmenetze können bei richtiger Auslegung viele ökologische und ökonomische Vorteile gegenüber dezentraler Wärmeversorgung ausspielen. In Deutschland gibt es Stand 2016 1405 Wärmenetze, die vor allem durch KWK-Anlagen gespeist werden (83%), nur 2 % der eingespeisten Wärme ist industrielle Abwärme (AGFW-Zahlen).⁸⁴ Die Anzahl der Wärmenetze in Baden-Württemberg wird statistisch nicht ausreichend erfasst. Mittelbar lässt sich aber die Anzahl ungefähr ableiten. So wurden zum Stand 2015 587 Gemeinden identifiziert, die an ein

⁸³ Referentenentwurf des GEG vom 23. Januar 2017, S. 132 (zu § 68).

⁸⁴ Schäfer-Stradowsky/Doderer, in: Assmann/Peiffer, Kommentar zum KWKG, 1. Aufl. 2018, Vor §§ 18ff. Rn. 11; AGFW Hauptbericht 2016 Version 1 S. 27.

Wärmenetz angeschlossen sind.⁸⁵ Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Eingangsdaten dieser Anzahl nicht zwangsläufig mit den Erhebungsdaten des AGFW übereinstimmt und es auch mehrere Gemeinden geben kann, die an das gleiche Wärmenetz angeschlossen sind.

In Bezug auf den Verkauf und die Wärmenetzeinspeisung der Abwärme bestehen verschiedene rechtliche Hemmnisse bzw. Aspekte, die im Folgenden dargestellt werden.

3.2.2.4.1 Anschlussanspruch an Wärmenetze

Voraussetzung für eine (Ab)Wärmelieferung über ein Wärmenetz ist, dass das abwärme-„erzeugende“ Unternehmen technisch an das Wärmenetz angeschlossen ist. Im Bereich des Strom- und Gasmarkts haben Energieversorgungsnetzbetreiber nach § 17 Abs. 1 EnWG Erzeugungsanlagen zu technischen und wirtschaftlichen Bedingungen an ihr Netz anzuschließen, die angemessen, diskriminierungsfrei und transparent angewendet werden. Es besteht folglich ein grundsätzlicher Anspruch auf Zugang zum jeweiligen Netz. Für Anlagen, die Strom aus erneuerbarer Energie produzieren besteht sogar eine vorrangige Anschlussverpflichtung für den jeweiligen Netzbetreiber, § 8 Abs. 1 EEG.

Eine solche Anschlussregelung besteht für Wärmenetze nicht. Die regulatorische Behandlung der Wärmeinfrastruktur, der Wärmemarkt und die Größe der Transportinfrastruktur (Netzausdehnung) unterscheiden sich maßgeblich von denen des Strom- oder Gasmarkts. Auf Ebene der Europäischen Union ist derzeit jedoch ein diskriminierungsfreier Zugang zu Wärmenetzen mit Wärme aus erneuerbaren Energiequellen und Abwärme in der Diskussion.⁸⁶ Fern- bzw. Nahwärmenetze zeichnen sich im Gegensatz zum Gas- und Stromnetz insbesondere dadurch aus, dass sie ein lokales, in sich geschlossenes System aus Erzeugung und Netz bilden. Diese räumliche Begrenztheit hat technische und ökonomische Ursachen. Aufgrund der unvermeidbaren Temperaturverluste lässt sich Fernwärme nur über eine begrenzte Distanz wirtschaftlich sinnvoll transportieren. Auch sind die Ausbaurkosten für Fernwärmenetze sehr hoch, der Leitungsbau ist etwa achtmal, der Endkundenanschluss etwa zehnmal so teuer wie bei einem Gasnetz.⁸⁷ Technische Parameter wie Vor- und Rücklauf-temperatur und -druck sowie Volumenstrom in Wärmenetzen sind wenig normiert. Für jedes Netz bestehen spezielle Netzfahrpläne, die eine optimale d.h. effiziente und ressourcenschonende Fahrweise der Kraftwerke ermöglichen sollen. Technische Aspekte, wie netzspezifische Strömungsmengen, Temperatur und Druckprofile sind von Wärmenetz zu Wärmenetz unterschiedlich und müssen bei einer Einspeisung durch Dritte berücksichtigt werden.⁸⁸ Diese Aspekte sind bei dem von der EU intendierten diskriminierungsfreien Zugang zu Wärmenetzen für Wärmequellen aus erneuerbarer Energie und Abwärmequellen zu berücksichtigen.

⁸⁵ Stellungnahme des Umweltministeriums Baden-Württemberg, LT-Drs. 16/5234 Ziff. 1.

⁸⁶ Vgl. Art. 24 Abs. 3 des Entwurfs für die EE-Richtlinie, COM (2016) 7676 final

⁸⁷ Körber, *Drittzugang zu Fernwärmenetzen*, 1. Auflage 2011, S. 14 f.

⁸⁸ Körber, *Drittzugang zu Fernwärmenetzen*, 1. Auflage 2011, S. 15.

Einen grundsätzlichen Anspruch Dritte auf Wärmenetzzugang besteht folglich nicht. In Einzelfällen kann ein Zugangsanspruch aus dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) hergeleitet werden.⁸⁹

Im Rahmen der Studie befragte Unternehmen haben den fehlenden Zugangsanspruch zu Wärmenetzen regelmäßig nicht als Hemmnis für die Abwärmenutzung bezeichnet. Dies könnte mit dem Umstand zusammenhängen, dass Abwärme primärenergetisch positiv bewertet wird, geeignet ist, die Quoten des EEWärmeG zu erfüllen und Abwärme entsprechend günstig zu beziehen ist, sodass Wärmenetzbetreiber ein grundsätzliches Kooperationsinteresse mit Abwärme produzierenden Unternehmen haben könnten.

3.2.2.4.2 Stromseitige Behandlung von Wärmepumpen

Wird die Abwärme außerbetrieblich eingesetzt, besteht oftmals die Notwendigkeit, das Temperaturniveau der Abwärme zu erhöhen, um es an das erforderliche Temperaturniveau des Abwärmekunden oder des Wärmenetzbetreibers anzupassen. Gängiges Verfahren für diese Temperaturniveauerhöhung ist der Einsatz von Wärmepumpen. Für den Betrieb von Wärmepumpen wird zusätzliche elektrische Energie benötigt. Diese elektrische Energie ist zum einen im Hinblick auf die Stromgestehungskosten relevant, zum anderen aber auch im Hinblick auf die Letztverbraucherabgaben, die staatlicherseits vorgegeben sind (EEG-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuern etc.).

3.2.2.4.2.1 Wärmepumpen-Strombezug aus dem Netz der allgemeinen Versorgung

Wird für den Betrieb der Wärmepumpe Strom aus dem Netz der allgemeinen Versorgung genutzt, fallen, da es sich um Letztverbrauch nach § 3 Nr. 25 EnWG handelt, grundsätzlich alle Letztverbraucherabgaben an. Im Hinblick auf die Netzentgelte gibt es die Möglichkeit, dass Verteilernetzbetreiber und Betreiber der Wärmepumpe ein reduziertes Netzentgelt nach § 14a EnWG („steuerbare Verbrauchseinrichtungen“) vereinbaren. Voraussetzung dafür ist, dass die Wärmepumpe an das Niederspannungsnetz angeschlossen ist, die technische Möglichkeit zur Anlagensteuerung besteht und die Wärmepumpe über einen separaten Zählpunkt verfügt. Eine normkonkretisierende Verordnung, zu der § 14a S. 3 EnWG ermächtigt und in der die entsprechenden Verpflichtungen näher konkretisiert werden und insbesondere ein Rahmen für die Reduzierung der Netzentgelte und die vertragliche Ausgestaltung vorzusehen ist, steht bislang noch aus.

3.2.2.4.2.2 Wärmepumpen-Strombezug aus Eigenversorgung

Wird der Strom nicht aus dem Netz der allgemeinen Versorgung bezogen, sondern eigenerzeugt und eigenverbraucht, müssen die bereits erörterten Eigenversorgungsaspekte berücksichtigt werden. Entsprechend unterliegt die Frage, in welcher Höhe die EEG-Umlage zu entrichten ist, gewisser Rechtsunsicherheit. Netzentgelte sind grundsätzlich nicht zu entrichten und die Stromsteuer fällt zwar an, kann aber rückerstattet werden, wenn die Eigenversorgung im räumlichen Zusammenhang und mit Anlagen von weniger als 2 MW_{el} erfolgt. (vgl. vertiefend 3.2.2.2.2)

⁸⁹ Sektoruntersuchung Fernwärme des BKartA 2012, Rn. 226 ff.; Körber, Drittzugang zu Fernwärmenetzen, 1. Auflage 2011, S. 13.

3.2.2.4.2.3 Wärmepumpen-Strombezug aus dem Netz der allgemeinen Versorgung für „Großverbraucher“

Im Hinblick auf Unternehmen, die besonders viel Strom verbrauchen, existieren im Rechtsbestand verschiedene Privilegierungsmöglichkeiten bezogen auf die Letztverbraucherabgaben (bspw. die besondere Ausgleichsregelung, den Stromsteuerspitzenausgleich oder individuelle Netzentgelte für atypische Netznutzung oder besonders hohen und gleichmäßigen Stromverbrauch).

Dabei stellt sich die Frage, ob der Strom, der zum Betrieb der Wärmepumpe erforderlich ist, von den jeweiligen Privilegierungen umfasst und damit ebenfalls privilegiert ist. Eine ähnliche Frage wurde bereits unter 3.2.2.2.1 im Hinblick auf verstromte Abwärme und die innerbetriebliche Eigenversorgung mit diesem Strom aufgeworfen und weitestgehend beantwortet.

Die hier vorliegende Konstellation ist anders gestaltet. Es geht um Strommengen aus dem Netz der allgemeinen Versorgung zum Betrieb einer Wärmepumpe, welche das Temperaturniveau von zu veräußernder Abwärme erhöht. Entsprechend differenziert fällt auch die rechtliche Bewertung aus.

Sonderformen der Netznutzung (Netzentgelt):

Die Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV) sieht in § 19 Abs. 2 S. 1 StromNEV für Letztverbraucher, deren Höchstlastbeitrag vorhersehbar erheblich von der zeitgleichen Jahreshöchstlast aller Entnahmen aus dieser Netz- oder Umspannebene abweicht, vor, dass ein individuelles Netzentgelt anzubieten ist (atypische Netznutzung). Ein individuelles Netzentgelt ist auch anzubieten, wenn die Stromabnahme an einer Abnahmestelle pro Kalenderjahr sowohl die Benutzungsstundenanzahl von mindestens 7000 Stunden im Jahr erreicht als auch der Stromverbrauch an dieser Abnahmestelle pro Kalenderjahr 10 GWh übersteigt (gleichmäßig hoher Strombezug). Da diese Privilegierungen nur an die Letztverbrauchereigenschaft bzw. die Abnahmestelle nach § 2 Nr. 1 StromNEV abstellen und damit nicht eine Branchenzugehörigkeit oder den Zweck des Stromverbrauchs adressieren, sondern nur die Netzdienlichkeit eines Verbrauchers bzw. einer Abnahmestelle in den Blick nehmen, ist davon auszugehen, dass auch der Strom für den Betrieb einer Wärmepumpe von den individuellen Netzentgelten umfasst ist.

Besondere Ausgleichsregelung (EEG-Umlage):

Die EEG-Umlagenbegrenzung im Rahmen der besonderen Ausgleichsregelung dient dazu, stromkostenintensive Unternehmen nicht über Gebühr zu belasten, um ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten. Entsprechend ist bei dieser Letztverbraucherabgabe die Zugehörigkeit eines Unternehmens zu einer Branche entscheidend, die auch dem internationalen Wettbewerb ausgesetzt ist. Diese Branchen sind in Anlage 4 zum EEG abschließend aufgezählt. Die Wärmeerzeugung fällt nicht unter die privilegierten Branchen der Anlage 4. Entsprechend kommt eine Zuordnung des Wärmepumpenstroms zur BesAR nur in Betracht, wenn die Wärmeerzeugung kein eigenständiges Unternehmen darstellt, sondern mit dem Unternehmen des „Hauptprodukts“ identisch ist.

„Unternehmen“ ist nach § 3 Nr. 47 EEG jeder Rechtsträger, der einen nach Art und Umfang in kaufmännischer Weise eingerichteten Geschäftsbetrieb unter Beteiligung am allgemeinen wirtschaftlichen Verkehr nachhaltig mit eigener Gewinnerzielungsabsicht betreibt. Ein

Unternehmen ist dabei die kleinste rechtlich selbstständige Einheit, die unter einheitlicher und selbständiger Führung steht und die über die geforderte Eigenschaft verfügt.⁹⁰

Hinsichtlich des Unternehmensbegriffs ist zu differenzieren:

Innerbetriebliche Abwärmenutzung:

Wird das Temperaturniveau von Abwärme mittels Wärmepumpenstrom erhöht und diese Wärme innerbetrieblich genutzt, dürfte dieses Vorgehen regelmäßig keine rechtlich selbstständige Einheit auslösen, sondern vielmehr als Effizienzmaßnahme innerhalb des Unternehmens zählen. Entsprechend ist hier davon auszugehen, dass der Strom für den Betrieb der Wärmepumpe EEG-Umlagenprivilegiert ist.

Aus Sicht des Regelungszwecks der BesAR ist diese rechtliche Einordnung nachvollziehbar. Zwar können Unternehmen aus Branchen, die nicht unter Anlage 4 fallen, keine EEG-Umlagenreduzierung im Rahmen der BesAR geltend machen und sie sind somit benachteiligt, jedoch ist zu beachten, dass auch Effizienzmaßnahmen und damit die strombasierte Abwärmenutzung die Wettbewerbsfähigkeit des jeweiligen Unternehmens stützt, da die Wärmeerzeugung regelmäßig einen Zwischenschritt zur Herstellung des Hauptproduktes darstellt. Insofern kann eine Ungleichbehandlung zwischen Unternehmen, die Branchen nach Anlage 4 zuzuordnen sind, und anderen Unternehmen mit der internationalen Wettbewerbssituation gerechtfertigt werden.

Zu bemerken ist jedoch, dass auf nationaler Ebene mit dem EEWärmeG und dem EWärmeG-BaWü gebäudebezogene EE-Nutzungspflichten statuiert sind und mit Blick auf die Abwärmenutzung als Ersatzmaßnahme diese von Unternehmen die der BesAR unterliegen, wegen der reduzierten EEG-Umlage grundsätzlich günstiger umgesetzt werden können.

Außerbetriebliche Abwärmenutzung:

Bei einer außerbetrieblichen Abwärmenutzung, also regelmäßig der Temperaturniveauerhöhung der Abwärme mit dem Ziel des Verkaufs der Wärme, ist die rechtliche Einordnung komplexer.

Der Verkauf von Wärme kann grundsätzlich als rechtlich selbstständige Einheit betrachtet werden, da sich Organisation, Vertragspartner, Absatzwege und Abrechnungsprozesse bzgl. der Wärme regelmäßig vom „Hauptprodukt“ unterscheiden dürften. Rechtsprechung zur Frage, ob der Verkauf von Wärme dem Unternehmen des „Hauptprodukts“ zuzuordnen ist, ist – soweit ersichtlich – bislang nicht ergangen, entsprechend ist diese Einordnung mit einer gewissen Rechtsunsicherheit behaftet. Eindeutig dürfte die Zuordnung als eigenes Unternehmen aber ausfallen, wenn es sich beim Wärmeverkauf um einen selbständigen Unternehmensteil nach § 64 Abs. 5 EEG handelt. Dieser setzt jedoch voraus, dass der Teilbetrieb einen eigenen Standort hat und über eine eigene Abnahmestelle verfügt. Sofern diese Voraussetzungen gegeben sind, dürfte es sich regelmäßig beim Wärmeverkauf um ein eigenes Unternehmen handeln, das selbst die Voraussetzungen der BesAR erfüllen müsste.

Nach der Gesetzesbegründung dienen Sinn und Zweck des Unternehmensbegriffs dazu, Missbrauch zu vermeiden. Es soll verhindert werden, dass Unternehmenskonstrukte, die lediglich als unselbstständige verlängerte Werkbank oder in ähnlicher Form tätig werden, in den Genuss der BesAR kommen, obwohl sie selbst gar nicht am allgemeinen Geschäftsver-

⁹⁰ BT Drs. 18/1891 S. 201.

kehr teilnehmen und so auch nicht mit ihren Produkten selbst in einem internationalen Wettbewerbsverhältnis stehen.⁹¹

Auch Sinn und Zweck der BesAR selbst sprechen recht eindeutig dafür, dass die Wärmepumpenstrommengen nicht zu privilegieren sind. Denn der Wärmemarkt ist ersichtlich nicht dem internationalen Wettbewerb ausgesetzt, sondern vielmehr aufgrund von Leitungsverlusten lokal stark begrenzt.

Entsprechend ist davon auszugehen, dass die außerbetriebliche Abwärmenutzung in Form der Temperaturniveauerhöhung und des anschließenden Wärmeverkaufs nicht von den EEG-Umlagenreduzierten Strommengen umfasst ist.

Diese rechtliche Bewertung kann ein Hemmnis für die außerbetriebliche Abwärmenutzung darstellen. Denn die so mittels Wärmepumpen erzeugte Wärme aus Abwärme muss sich am Markt gegen Erdgas behaupten, das nicht mit der EEG-Umlage belastet ist. Im Hinblick auf die Höhe der EEG-Umlage von derzeit 6,79 ct/kWh ist dieses Hemmnis erheblich.

Stromsteuerspitzenausgleich (Stromsteuer):

Ähnlich verhält es sich auch bei Unternehmen des Produzierenden Gewerbes, die vom Stromsteuerspitzenausgleich nach § 10 StromStG profitieren. Voraussetzung ist hier nach § 10 Abs. 1 S. 1 StromStG, dass der Strom für betriebliche Zwecke entnommen wird. Unter „betriebliche Zwecke“ fällt vor allem die Haupttätigkeit eines Unternehmens, es sind aber auch Hilfs- und Nebentätigkeiten erfasst. Regelmäßig dürfte die Temperaturerhöhung und die anschließende Veräußerung der Abwärme kein betrieblicher Zweck darstellen. Etwas anderes könnte jedoch gelten, wenn man nicht auf das Produkt der Wärme abstellt, sondern vielmehr auf den Sinn und Zweck, der dahintersteht, nämlich die Nutzung ansonsten ungenutzter Abwärme. Diesbezüglich lässt sich argumentieren, dass die Abwärmenutzung nicht nur betrieblicher Zweck, sondern sogar betriebliche Pflicht eines Unternehmens nach § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG ist. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Abwärmenutzung nicht allein über den Verkauf der Abwärme umgesetzt werden kann, sondern diese bspw. auch innerbetrieblich oder zur Verstromung eingesetzt werden kann.

Entsprechend besteht bei Strommengen aus dem Netz der allgemeinen Versorgung, die zum Betrieb einer Wärmepumpe, welche das Abwärmetemperaturniveau für den Verkauf von Abwärme anhebt, eingesetzt werden, hemmende Rechtsunsicherheit.

3.2.2.4.3 Wert der Abwärme im Rahmen des EEWärmeG, des EWärmeG-BaWü und der EnEV

Steht der Verkauf und die Lieferung von Abwärme über ein Wärmenetz im Raum, gilt im Hinblick auf die energetische Bewertung der Abwärme im Wesentlichen das zur innerbetrieblichen Nutzung Gesagte (vgl. 3.2.2.3).

Das EEWärmeG erkennt nach § 7 Abs. 1 Nr. 3 EEWärmeG die Wärmeversorgung aus Fernwärme⁹² als Ersatzmaßnahme an, wenn die Voraussetzungen der Nummer VIII der Anlage

⁹¹ BT Drs. 17/6071, S. 61.

⁹² Fernwärme ist nach § 2 Abs. 2 Nr. 2 die Wärme, die in Form von Dampf, heißem Wasser durch ein Wärmenetz verteilt wird. Auf die Länge des Wärmenetzes kommt es somit trotz der Begrifflichkeit „Fern“wärme nicht an. Auch Nahwärme ist folglich Fernwärme i. S. d. EEWärmeG; vgl. auch Danner/Theobald, Energierecht, 97. EL April 2018

zum EEWärmeG eingehalten sind. Danach muss die in dem Wärme- oder Kältenetz insgesamt verteilte Wärme zu einem wesentlichen Anteil aus erneuerbaren Energien (lit. a), zu mindestens 50 % aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme (lit. b) zu mindestens 50 % aus KWK-Anlagen (lit. c) oder zu mindestens 50 % aus einer Kombination dieser Maßnahmen (lit. d) stammen. Da die Nummern I bis VI entsprechend gelten, werden auch bei der Abwärmenutzung über ein Wärmenetz effizienzbezogene Anforderungen an die Abwärmenutzung getroffen (Mindesteffizienz von Wärmepumpen und Wärmerückgewinnungsanlagen).

Auch das EEWärmeG-BaWü erkennt in § 10 Abs. 2 die Deckung des Wärmebedarfs über ein Wärmenetz als Ersatzmaßnahme an, wenn sie unter anderem zu mindestens 50 % aus Anlagen zur Nutzung von Abwärme stammt.

Die primärenergetische Bewertung von Abwärme, welche über ein Wärmenetz zur Verfügung gestellt wird, richtet sich gem. Ziff. 2.1.1 der Anlage 2 zur EnEV ebenfalls nach dem Berechnungsverfahren der DIN V 18599: 2011-12 und bestimmt den Gesamt-Primärenergiefaktor eines Wärmenetzes anteilig.

3.2.2.5 Effizienzbezogene Auditierung und Zertifizierung

- Für bestimmte (oftmals stromkostenintensive) Unternehmen sieht der Rechtsbestand finanzielle Privilegierungen vor, die regelmäßig vom Vorliegen zertifizierter Energiemanagementsysteme anhängig gemacht werden (bei KMU genügt ein Energieaudit nach DIN 16247)
- Die Vorgaben zu den Energiemanagementsystemen sind sehr abstrakt und sollen möglichst viele Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen adressieren
- Abwärmenutzung kann dabei ein Aspekt eines Energiemanagementsystems sein und sich positiv auf die Zertifizierung auswirken
- Konkrete Vorgaben in Bezug auf Einsparungen oder die Abwärmenutzung werden jedoch nicht getroffen

Bestimmten Verbraucher- oder Unternehmensgruppen gewährt der Rechtsrahmen gewisse Privilegierungen, insbesondere im Hinblick auf zu zahlende Letztverbraucherabgaben. Regelmäßig wird dann aber vorausgesetzt, dass das Unternehmen gewisse Energieeffizienzmindeststandards einhält und diese durch Zertifizierung nachweist, um in den Genuss dieser Privilegierungen zu kommen.

Zu den wichtigsten Privilegierungen und damit korrespondierenden Zertifizierungen gehören:

Privilegierung/ Verpflichtung	Regelungsinhalt	Voraussetzung/ Effizienznachweis (jeweils alternativ)
Besondere Ausgleichsregelung (besAR), § 63 ff. EEG	Begrenzung der EEG-Umlage für stromkostenintensive Unternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN ISO 50001-Zertifikat • EMAS-Zertifikat • Betriebsnachweis eines alternativen Systems zur Verbesserung der Energieeffizienz nach § 3 SpaEfV bei weniger als 5 GWh Stromverbrauch
Stromsteuerspitzenausgleich, § 10 StromStG	Stromsteuererlass, -erleichterung/ oder -vergütung um max. 90 %	<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN ISO 50001-Zertifikat • EMAS-Zertifikat • DIN EN 16247-1 (bei KMU)
Energiesteuerentlastung, § 55 EnergieStG	Energiesteuerentlastung um max. 90 %	<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN ISO 50001-Zertifikat • EMAS-Zertifikat • DIN EN 16247-1 (bei KMU)
Energieauditierung nach Energiedienstleistungsgesetz (EDL-G)	Durchführung von Energieaudits für Nicht-KMU	<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN 16247-1 • DIN EN ISO 50001-Zertifikat • EMAS-Zertifikat

3.2.2.5.1 Besondere Ausgleichsregelung (BesAR), §§ 63 ff. EEG

Mit Blick auf die in § 1 Abs. 1 EEG 2017 niedergelegten Ziele ist der Gesetzgeber in den §§ 63, 64 EEG 2017 mit der sogenannten Besonderen Ausgleichsregelung einen Kompromiss eingegangen, um attraktive Standortbedingungen für im internationalen Wettbewerb stehende Unternehmen zu erhalten, damit diese Unternehmen nicht so stark mit der EEG-Umlage belastet werden, dass sie im internationalen Vergleich Wettbewerbsnachteile erleiden⁹³. Adressaten der §§ 63, 64 EEG 2017 sind stromkostenintensive Unternehmen be-

⁹³ Hammer, in: BeckOK EEG 6. Edition Stand 01. 07. 2017 § 63 Rn. 1.

stimmter Branchen⁹⁴, die auf Antrag von der besonderen Ausgleichsregelung profitieren können und so von der EEG-Umlagepflicht teilweise befreit werden. Das EEG 2017 stellt an Unternehmen, die in den Genuss der besonderen Ausgleichsregelung nach §§ 63ff. EEG 2017 kommen wollen Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf durchzuführende Energie- und Umweltmanagementsysteme.

3.2.2.5.2 Stromsteuerspitzenausgleich, § 10 StromStG

Nach § 10 StromStG wird die Steuer für nachweislich versteuerten Strom, den bestimmte Unternehmen des produzierenden Gewerbes für betriebliche Zwecke entnommen haben, unter bestimmten Voraussetzungen erlassen, erstattet oder vergütet. Neben weiteren Voraussetzungen in § 10 sieht die Norm in Abs. 3 vor, dass die Unternehmen ein EMS nach DIN EN ISO 50001 oder eine Zertifizierung nach EMAS nachweisen müssen. KMU können anstelle eines solchen EMS ein Energieaudit durchführen, welches den Anforderungen der DIN EN 16247-1 entspricht.

3.2.2.5.3 Energiesteuerentlastung, § 55 EnergieStG

Ähnliche Anforderungen wie beim Stromsteuerspitzenausgleich stellt das Energiesteuergesetz (EnergieStG) in § 55 Abs. 4 für Unternehmen des produzierenden Gewerbes auf. Nach § 55 Abs. 1 EnergieStG wird auf Antrag eine Steuerentlastung gewährt für Energieerzeugnisse, die nachweislich nach § 2 Abs. 3 Nr. 1, 3 bis 5 EnergieStG versteuert worden sind und die von einem Unternehmen des produzierenden Gewerbes im Sinne der des § 2 Nr. 3 des EnergieStG zu betrieblichen Zwecken verheizt oder in begünstigten Anlagen nach § 3 EnergieStG verwendet wird.

Auch hier ist nach § 55 Abs. 4 EnergieStG Voraussetzung, dass das Unternehmen ein Energiemanagementsystem betreibt, welches den Anforderungen der DIN EN ISO 50001 entspricht, nach EMAS zertifiziert oder bei KMU den Anforderungen der DIN EN 16247-1 entspricht.

3.2.2.5.4 Auditierung nach EDL-G

Das EDL-G verpflichtet in § 8 Abs. 1 Unternehmen, die nicht kleinst-, klein- oder mittleres Unternehmen (KMU) i.S.d. Empfehlung 2003/361/EG der Kommission sind, ein Energieaudit nach §§ 8a, 8b EDL-G durchzuführen – erstmals bis spätestens 5.12.2015 - und dieses grundsätzlich alle vier Jahre zu wiederholen. Das Energieaudit nach § 8 Abs. 1 EDL-G muss den Anforderungen der DIN EN 16247-1, Ausgabe Oktober 2012, entsprechen. Hat sich ein Unternehmen nach DIN EN ISO 50001 akkreditiert oder verfügt es über einen gültigen Eintragungs- oder Verlängerungsbescheid der zuständigen EMAS-Registrierungsstelle, so liegen die Voraussetzungen für eine Freistellung von dem verpflichtenden Energieaudit gem. § 8 Abs. 3 Nr. 1 bzw. Nr. 2 i.V.m. § 8c Abs. 6 Nr. 1 bzw. Nr. 2 EDL-G vor.

3.2.2.5.5 Konkrete Anforderungen der Effizienzvorgaben und Bezug zur Abwärme

Zur Überprüfung, welche Rolle die Abwärmenutzung bei den effizienzbezogenen Zertifizierungen und Auditierungen einnimmt, werden im Folgenden die diesbezüglichen Anforderungen und Vorgaben erörtert. Eine umfassende Darstellung aller angesprochenen Zertifi-

⁹⁴ Hammer/El Bajjati, in: BeckOK EEG 6. Edition 01. 07. 2017, § 64 vor Rn. 1

zierungs- und Auditierungssysteme würde den Rahmen der Untersuchung sprengen. Es erfolgt daher eine Fokussierung auf das Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001, zumal sich die Vorgaben ähneln und teilweise aufeinander Bezug nehmen.

Im Einleitungstext der DIN EN ISO 50001:2011⁹⁵ wird der Zweck der Norm beschrieben. Demnach soll die DIN EN ISO 50001 Organisationen in die Lage versetzen, durch ein systematisches Erfassen der Energieströme in dem Unternehmen die Energieeffizienz zu steigern und Treibhausgasimmissionen und Energiekosten reduzieren⁹⁶. Entscheidend für die vorliegende Untersuchung ist, was für Anforderungen die DIN EN ISO 50001 an die Erfassung der Energieströme stellt und ob die Norm (bindende) Effizienzvorgaben insbesondere auch hinsichtlich Abwärme aufstellt.

Bezüglich der Datenerfassung gibt die DIN EN ISO 50001 allgemein vor, diese solle systematisch erfolgen, je höher der Verbrauch, desto feiner sollte die Messung sein⁹⁷. Dabei sollen Art, Menge und Kosten der Energieträger erfasst werden, ebenso wie die Verwendung und die damit produzierten Güter/Dienstleistungen⁹⁸. Schließlich sollen die Energieausgänge dokumentiert werden, darunter fällt auch nicht genutzte Abwärme⁹⁹. Konkrete (Effizienz-)Vorgaben, die ein Unternehmen einhalten bzw. erreichen muss, um sich nach der DIN EN ISO 50001 zu zertifizieren, sind in der DIN EN ISO 50001 nicht niedergelegt¹⁰⁰, wie es auch sonst keine spezifischen Vorschriften in Bezug auf Abwärme gibt. Entwirft ein Unternehmen ein Energiemanagementsystem, kann dabei jedoch (nicht genutzte) Abwärme in das Energiemanagementsystem integriert werden. Dabei ist es dem Unternehmen grundsätzlich überlassen, wie genau die Abwärme genutzt wird.

Nachdem das Unternehmen in einem betriebsinternen Vorgang ein Energiemanagementsystem nach dem PDCA-Zyklus¹⁰¹ entwickelt hat, lässt es sich durch eine Zertifizierungsstelle zertifizieren. Die Zertifizierungsstelle überprüft, ob das von dem Unternehmen entwickelte EMS in sich konsistent ist, die relevanten Daten mit der notwendigen Genauigkeit erhoben wurden und ob die von dem Unternehmen selbstgesetzten Ziele eingehalten und weiterentwickelt werden.

Insgesamt adressiert die DIN EN ISO 50001 und auch die anderen Energiemanagementsysteme Abwärme nur als eine Möglichkeit der energetischen Unternehmensoptimierung. Ausdrückliche Vorgaben im Hinblick auf eine Abwärmenutzung werden nicht getroffen. Dies ist dem Umstand der „Allgemeingültigkeit“ der DIN EN ISO 50001 geschuldet, wonach die Norm auf möglichst alle Unternehmen, Behörden etc. Anwendung finden soll. Entsprechend schwer fällt es jedoch, die Wirkungsweise der DIN EN ISO 50001 auf Abwärmenutzungspotenziale zu bewerten.

Insgesamt auffällig am Zertifizierungsverfahren nach DIN EN ISO 50001 ist jedoch, dass die Zertifizierer von den Unternehmen selbst ausgesucht, bestellt und auch bezahlt werden. Entsprechend besteht jedenfalls die abstrakte Gefahr, dass Zertifizierer das entwickelte Energiemanagement wohlwollend bewerten, um auch zukünftig mit der Zertifizierung be-

⁹⁵ Im Folgenden wird von der DIN EN ISO 50001 gesprochen, gemeint ist immer die Fassung vom Oktober 2011.

⁹⁶ Einleitung zur DIN EN ISO 50001, S. 5 und 1. Anwendungsbereich, S. 7.

⁹⁷ ISO 50001 Leitfaden, herausgegeben vom BMU und UBA, 1. Auflage Juni 2012, S. 31.

⁹⁸ ISO 50001 Leitfaden, herausgegeben vom BUM und dem UBA, 1. Auflage 2012, S. 31.

⁹⁹ ISO 50001 Leitfaden, herausgegeben vom BMU und UBA, 1. Auflage Juni 2012, S. 34.

¹⁰⁰ Im Punkt 1. Anwendungsbereich auf S. 7 heißt es: „Diese internationale Norm schreibt keine spezifischen Leistungskriterien bezüglich Energie vor“.

¹⁰¹ Plan-Do-Check-Act Zyklus, siehe dazu den Einleitungstext zur DIN EN ISO 50001 S. 5 f.

auftrag zu werden. Gleichwohl muss er für eine Re-Auditierung prüfen und einfordern, dass sich die Energieeffizienzkennwerte im Unternehmen auch tatsächlich verbessern.

.....
Arbeitspaket 3: Politik- und
Rechtsrahmen
.....

- Förderprogramme, die unmittelbar Abwärmemaßnahmen fördern, existieren sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene.
- Sowohl auf Bundes-, als auch auf Landesebene bestehen zudem verschiedene Förderprogramme, die Wärmenetze fördern.
- Die meisten Förderprogramme fördern Abwärmenutzung im Rahmen von innerbetrieblichen Maßnahmen zur Steigerung von Energieeffizienz.
- Auffällig ist, dass nur in einem Förderprogramm „Abwärme“ explizit definiert ist. Die meisten Programme beschreiben den Begriff „Abwärme“ durch Tatbestandsmerkmale, ohne ihn zu definieren.

Im Folgenden werden verschiedene Förderprogramme für Abwärme dargestellt. Dabei sollen insbesondere Programme auf Bundesebene und aus Baden-Württemberg beschrieben werden.

3.3.1 Förderung auf Bundesebene

Die meisten Förderprogramme auf Bundesebene fördern innerbetriebliche Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, die hierbei auch innerbetriebliche Maßnahmen zur Abwärmeförderung beinhalten. Andere Förderprogramme haben ihren Schwerpunkt in außerbetrieblichen Maßnahmen, die den Ausbau von Wärmenetzen unterstützen sollen oder die Verstromung von Abwärme zum Gegenstand haben. Im Folgenden soll ein Überblick über bestehende Förderprogramme gegeben werden. Diesbezüglich wird zwischen Förderungen differenziert, die Abwärmenutzungsmaßnahmen unmittelbar adressieren und solchen, bei denen bspw. (niedercalorische) Wärmenetze oder andere Wärmeinfrastrukturen gefördert werden, von denen Abwärme mittelbar profitieren kann.

3.3.1.1 Unmittelbare Abwärmeförderung

Die KfW-Effizienzprogramme 294 und 494 waren die einzigen Programme auf Bundesebene, die ausschließlich auf die Förderung von unmittelbarer Abwärmenutzung oder Abwärmevermeidung spezialisiert sind. Sie sind zum 31.12.2018 ausgelaufen und aufgegangen im neuen KfW-Programm 295 *Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft* und zwar in Modul Nr. 4: Energiebezogene Optimierung von Anlagen und Prozessen. Die Konditionen wurden weitgehend übernommen.

Der Bund fördert technologieoffene Investitionen in die Modernisierung, die Erweiterung oder den Neubau von Anlagen oder von Verbindungsleitungen zur Vermeidung oder Nutzung von Abwärme. Eine Definition des Begriffs „Abwärme“ ist im Förderprogramm nicht zu finden. Dagegen wird der Begriff durch die Aufzählung von Tatbeständen dargestellt. Gefördert werden Maßnahmen zur innerbetrieblichen Vermeidung und Nutzung von Abwärme wie Prozessoptimierung, Umstellung von Produktionsverfahren auf energieeffiziente Technologien zur Vermeidung bzw. Nutzung von Abwärme, Dämmung/-Isolierung von Anlagen, Rohrleitungen und Armaturen, Rückführung von Abwärme in den Produktionsprozess, Vorwärmung von anderen Medien und Stromeffizienzmaßnahmen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Abwärmemaßnahme. Weiterhin kann auch außerbetriebliche Nutzung von Abwärme gefördert werden. Dazu zählen Maßnahmen zur Auskopplung von Abwärme und die Modernisierung, der Neubau und die Erweiterung von Verbindungsleitun-

gen zur Weitergabe von Wärme, zum Beispiel Einspeisung in bestehende Wärmenetze. Ebenso kann die Verstromung von Abwärme wie z. B. Organic Rankine Cycle (ORC)-Technologie gefördert werden. Zuletzt unterstützt das Förderprogramm die Erstellung von Abwärmekonzepten, sowie Umsatzbegleitung und Controlling.¹⁰²

Voraussetzung für die Förderung ist die Erstellung eines Abwärmekonzeptes, das bereits bei Antragstellung vorgelegt werden muss, durch einen qualifizierten Experten für Energieeffizienz. Antragsberechtigt sind sowohl in- und ausländische Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, die sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden, als auch Unternehmen, an denen Kommunen beteiligt sind, Angehörige der Freien Berufe und Unternehmen, die Contractingdienstleistungen gemäß DIN 8930-5 anbieten und im eigenen Namen und auf eigene Rechnung tätig sind für einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren.

Die Förderung kann in Form eines zinsgünstigen Darlehens¹⁰³ oder als Zuschuss (BAFA)¹⁰⁴ vergeben werden. Das zinsgünstige Darlehen beträgt bis zu 100% der förderfähigen Investitionskosten, i.d.R. bis zu 25 Mio. EUR pro Vorhaben. Mit Nachweis der durchgeführten Investitionen können auch Tilgungszuschüsse gewährt werden. Im Regelfall betragen diese 30% der förderfähigen Investitionsmehrkosten¹⁰⁵ bzw. Investitionskosten, für Investitionen zur außerbetrieblichen Nutzung von Abwärme im Regelfall 40% der förderfähigen Investitionskosten, kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gemäß KMU-Definition der EU erhalten zusätzlich einen Bonus in Höhe von 10%-Punkten.

Die Inanspruchnahme von öffentlichen Mitteln anderer Förderprogramme des Bundes und der Bundesländer für dieselbe Maßnahme, insbesondere KfW-Energieeffizienzprogramm – Abwärme – Investitionszuschuss, ist ausgeschlossen. Die Kombination mit anderen Fördermitteln ist grundsätzlich zulässig, sofern die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die jeweils relevanten EU-Beihilfemaximale Beträge und Kumulierungsvorschriften einhalten.

3.3.1.2 Mittelbare Abwärmeförderung

Viele Förderprogramme fördern mittelbar Abwärmennutzung. Im Folgenden wird ein Überblick über die Programme auf Bundesebene gegeben. Das BMWi fördert über das Programm *Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0*¹⁰⁶ die Planung und den Bau hochinnovativer multivalenter Wärmenetzsysteme der vierten Generation (durch Zuschuss zu einer Machbarkeitsstudie (Modul I), die Realisierung des Netzes (Modul II), Informationsmaß-

¹⁰² Änderung der Richtlinie für die Förderung der Abwärmevermeidung und Abwärmennutzung in gewerblichen Unternehmen, 25.8.2017, S. 2.

¹⁰³ [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Energieeffizienz-und-Prozesswaerme-aus-Erneuerbaren-Energien-\(295\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Energieeffizienz-und-Prozesswaerme-aus-Erneuerbaren-Energien-(295)/)

¹⁰⁴ http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme/Energieeffizienz_und_Prozesswaerme_node.html

¹⁰⁵ Nach dem Allgemeinen Merkblatt zu Beihilfen der KfW sind „beihilfefähige Investitionsmehrkosten“ solche Kosten, die bei einer Investition in den Umweltschutz direkt aus den Gesamtinvestitionskosten als getrennte Investition ermittelt werden können, KfW, Allgemeines Merkblatt zu Beihilfen, S. 10, [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000000065-Allgemeines-Merkblatt-zu-Beihilfen.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000000065-Allgemeines-Merkblatt-zu-Beihilfen.pdf).

¹⁰⁶ http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html.

nahmen zur Erzielung der erforderlichen Anschlussquote und Wirtschaftlichkeit (Modul III) und die regionale wissenschaftliche Kooperationen zur Kostensenkung, wissenschaftlichen Begleitung und Kommunikation der Erkenntnisse vor Ort in der Region in (Modell IV). Um als Wärmenetz 4.0 qualifiziert zu werden, muss die Wärmeeinspeisung zu mindestens 50% aus erneuerbaren Energien oder Abwärme bestehen. Innerhalb des Förderprogramms ist Abwärme als „Wärme, die ansonsten ungenutzten Wärmequellen [...], beispielsweise Abluft- und Abwasserströmen oder sonstigen Medien, entnommen wird“¹⁰⁷ definiert. Das Programm fördert Abwärmenutzung damit nur mittelbar, indem es die Wärmeeinspeisung aus Abwärme als eine Voraussetzung anerkennt. Antragsberechtigt sind Unternehmen, kommunale Betriebe, kommunale Zweckverbände, eingetragene Vereine sowie eingetragene Genossenschaften mit Betriebsstätte oder Niederlassung in Deutschland sowie Konsortien und Contractoren, die Vorhaben im Rahmen eines Contracting-Vertrags durchführen. Die geförderte Anlage muss für mindestens zehn Jahre entsprechend der Mindestanforderungen eines Wärmenetzsystems 4.0 betrieben werden. Die Höhe der Förderung beträgt für Machbarkeitsstudien bis zu 60% der förderfähigen Kosten, maximal 600.000 EUR und für die Realisierung eines Wärmenetzsystems 4.0 bis zu 50% der förderfähigen Kosten, maximal 15 Mio. EUR pro Vorhaben. Die Richtlinie gilt bis zum 31. Dezember 2020.

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unterstützt durch das neue Programm Energieeffizienz und Prozesswärme aus Erneuerbaren Energien in der Wirtschaft im Modul Nr. 1 investive Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz durch den Einsatz von hocheffizienten und am Markt verfügbaren Querschnittstechnologien. Bis Ende 2018 erfolgte dies im Programm *Investitionszuschüsse zum Einsatz hocheffizienter Querschnittstechnologie*¹⁰⁸. Die Förderbekanntmachung definiert „Abwärmevermeidung und -nutzung“ als „alle Maßnahmen innerhalb eines Unternehmens zur Minderung des Anfalls von Abwärme sowie zur wirtschaftlichen Weiterverwertung von Abwärme“.¹⁰⁹ Diese Definition weicht von der Definition des Förderprogramms *Wärmenetze 4.0* ab. Gefördert werden Einzelmaßnahmen oder die Optimierung technischer Systeme. Abwärmenutzungsanlagen in Prozessen innerhalb eines Unternehmens werden auch als förderwürdige Einzelmaßnahmen eingestuft. Für eine Förderung können sich Unternehmen mit bis zu 500 Mitarbeiter bewerben. Die Förderung erfolgt in Form eines Zuschusses¹¹⁰. Die erforderliche externe Energieberatung für die Optimierung und Neuinstallation von technischen Systemen kann in Höhe von 60% der förderfähigen Beratungskosten, maximal jedoch 3.000 EUR bezu-

¹⁰⁷ Wärmenetze 4.0, Technisches Merkblatt, S. 5,
http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html.

¹⁰⁸http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Querschnittstechnologien/querschnittstechnologien_node.html.

¹⁰⁹ Richtlinie für Investitionszuschüsse zum Einsatz hocheffizienter Querschnittstechnologien, 29.4.2016, BAnz AT 10.5.2016 B1.

¹¹⁰ Die Höhe der Förderung beträgt
–30% der zuwendungsfähigen Ausgaben für KMU und
–20% der zuwendungsfähigen Ausgaben für sonstige und große Unternehmen.
Die maximale Fördersumme beträgt pro Vorhaben:
–30.000 EUR für Einzelmaßnahmen,
–100.000 EUR für die Optimierung und Neuinstallation von technischen Systemen,
–150.000 EUR für die Optimierung und Neuinstallation von technischen Systemen mit industriellen oder gewerblichen Pumpensystemen (bei Investitionskosten für die Pumpensysteme von mindestens 50.000 EUR).

schusst werden. Die Installation erforderlicher Messtechnik ist entsprechend zuwendungsfähig. Die Inanspruchnahme von öffentlichen Mitteln anderer Förderprogramme des Bundes, der Bundesländer und der EU für dieselbe Maßnahme ist ausgeschlossen. Davon ausgenommen sind Energieberatungen nach der Richtlinie über die Förderung von Energieberatungen im Mittelstand. Die jeweils zulässigen beihilferechtlichen Kumulierungsregeln sind einzuhalten und die Summen aus Krediten, Zuschüssen oder Zulagen dürfen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigen.

Weiterhin fördern verschiedene Programme mittelbar die Nutzung oder Vermeidung von Abwärme. Mögliche Themenfelder sind hier Programme zur Förderung von Energieeffizienz in Produktionsprozessen und -anlagen¹¹¹, energieeffizientes Sanieren und Bauen¹¹², auch für kommunale Infrastruktur¹¹³, Energieberatung im Mittelstand¹¹⁴, Programme zur Förderung der Nutzbarmachung anfallender Wärme¹¹⁵, Programme zur Förderung von Maßnahmen an Kälte- und Klimaanlage¹¹⁶, Förderprogramme die auf einen bestimmten Abwendungsbereich (z. B. Agrar-, Ernährungswirtschaft, soziale und kulturelle Einrichtungen etc.) beschränkt sind¹¹⁷ und Förderung von Kraft-Wärme-Kopplung¹¹⁸. In den einzelnen Förder-

¹¹¹ KfW-Energieeffizienzprogramm für Produktionsanlagen und -prozesse (Kredit 292, 293), wo Maßnahmen zur Abwärmenutzung förderfähig sind, siehe <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/EE-Produktion-292-293/>.

¹¹² Die KfW-Bankengruppe bietet für den Bereich „energieeffizientes Bauen und Sanieren“ von Nichtwohngebäuden drei verschiedene Förderprogramme, die jeweils auf andere Antragssteller abzielen: *IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren* (Kredit 220, 219, siehe [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-kommunale-Unternehmen-\(219\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-kommunale-Unternehmen-(219)/)), *IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren* (Kredit 217, 218, siehe [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kommunen-\(218\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energieeffizient-Sanieren-Kommunen-(218)/)) und *KfW-Energieeffizienzprogramm unter Energieeffizient Bauen und Sanieren* (Kredit 276, siehe <https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/F%C3%B6rderprodukte/EE-Bauen-und-Sanieren-Unternehmen-276-277-278/>).

¹¹³ Programm der KfW-Bankengruppe zur Verbesserung der Energieeffizienz kommunaler Infrastruktur im Quartier (Kredit 201), siehe [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-\(201\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Energetische-Stadtsanierung/Finanzierungsangebote/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/).

¹¹⁴ http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Mittelstand/energieberatung_mittelstand_node.html.

¹¹⁵ 6. Energieforschungsprogramm, siehe [http://www.foerderdatenbank.de/FoerderDB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=45fe7ac2e4c25fe3622b7a7a22092043;views;document&doc=7510&typ=KU](http://www.foerderdatenbank.de/FoerderDB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=45fe7ac2e4c25fe3622b7a7a22092043;views;document&doc=7510&typ=KU;); Kleinserien Klimaschutzprodukte, siehe http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kleinserien_Klimaschutzprodukte/Waermerueckgewinnung_Abwasser/waermerueckgewinnung_abwasser_node.html, Anreizprogramm für Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien, siehe <http://www.foerderdatenbank.de/FoerderDB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=45fe7ac2e4c25fe3622b7a7a22092043;views;document&doc=7739>.

¹¹⁶ http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Klima_Kaeltetechnik/klima_kaeltetechnik_node.html.

¹¹⁷ Programm der Rentenbank zur Förderung von Investitionen zur Senkung des Energieverbrauchs in der Agrar- und Ernährungswirtschaft, siehe <https://www.rentenbank.de/foerderangebote/agrar->

programmen finden sich keine Definitionen des Begriffs „Abwärme“. Zur Bestimmung des Begriffs werden entweder Tatbestandsmerkmale aufgezählt oder auf eine nähere Bestimmung gänzlich verzichtet. Für eine detaillierte Auflistung der Begriffsbehandlung von „Abwärme“ in den einzelnen Programmen wird auf die Tabelle im Anhang verwiesen.

3.3.1.3 KWK-Zuschlag für Wärmenetze und Wärmespeicher

Ebenfalls systematisch der mittelbaren Abwärmeförderung zuzurechnen ist der KWK-Zuschlag für Wärmenetze und Wärmespeicher, der als Fördervoraussetzung u.a. die Wärmenetz- bzw. Wärmespeicherspeisung durch Abwärme vorsieht, aufgrund seiner gesetzlichen Ausgestaltung jedoch besondere Erwähnung verdient.

Das KWKG sieht unter bestimmten Voraussetzungen einen Zuschlag für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen vor. Die Tatbestandsvoraussetzungen für die Förderung finden sich in § 18 KWKG, die Höhe der Förderung bestimmt sich nach § 19 KWKG. Bestimmte Teile des Wärmenetzes sind demnach förderfähig, wenn in dem Netz ein bestimmter Anteil KWK-Wärme transportiert wird.

Nach § 18 Abs. 1 KWKG hat der Betreiber eines neuen oder ausgebauten Wärmenetzes gegenüber dem Übertragungsnetzbetreiber Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags, wenn

1. die Inbetriebnahme des neuen oder ausgebauten Wärmenetzes spätestens bis zum 31. Dezember 2025 erfolgt,
2. die Versorgung der Abnehmenden, die an das neue oder ausgebaute Wärmenetz angeschlossen sind innerhalb von 36 Monaten ab Inbetriebnahme des neuen oder ausgebauten Wärmenetzes
 - a. mindestens zu 75 Prozent mit Wärme aus KWK-Anlagen erfolgt oder
 - b. mindestens zu 50 Prozent mit einer Kombination aus Wärme aus KWK-Anlagen, Wärme aus erneuerbaren Energien oder industrieller Abwärme, die ohne zusätzlichen Brennstoffeinsatz bereitgestellt wird, erfolgt und
3. eine Zulassung für das Wärmenetz gem. § 20 erteilt wurde.

Die Definition von Fernwärmenetz nach § 2 Nr. 32 KWKG ist weit. Sämtliche Fernwärmeleitungen sowie die zum Betrieb der Leitungen erforderlichen Nebenanlagen sind Einrichtungen zur leitungsgebundenen Versorgung mit Fernwärme i.S.d. Norm¹¹⁹. Davon erfasst werden Transportleitungen, Verteilleitungen und Hausanschlussleitungen. Neben diesen verschiedenen Leitungstypen sind auch technische Anlagen einbezogen, ohne die der Betrieb des Wärmenetzes nicht möglich ist: Pumptanlagen, Beimischstationen, Druckmindererstatii-

ernaehungswirtschaft/umwelt-und-verbraucherschutz/, Programm zur Förderung von Klimaschutzprojekte in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen, siehe <https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative-kommunen>, Programm Steigerung der Energieeffizienz in der Landwirtschaft und im Gartenbau, siehe https://www.ble.de/SharedDocs/Meldungen/DE/2015/151102_BundesprogrammEnergieeffizienz.html.

¹¹⁸ Neben Förderungen für inner- und außerbetriebliche Maßnahmen, gibt es auf Bundesebene auch Förderungsmaßnahmen, die die Umwandlung von Wärme in Elektrizität unterstützen (Rückverstromung). Eine mögliche Förderung solcher Anlagen kann durch Verfahren aus dem KWKG vorgenommen werden.

¹¹⁹ Fricke, in: Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage 2017/2018, § 2 KWKG Rn. 223.

onen u.a.m.¹²⁰. Die Förderfähigkeit des Netzes ist unabhängig von der Ausdehnung und von der Einordnung als Nah- oder Fernwärmenetz¹²¹. Nicht gefördert werden Netzbestandteile, die hinter der Übergabestelle liegen, da das förderfähige Netz am Verbraucherabgang endet¹²².

Die Zuleitung einer Abwärmequelle zu einem Wärmenetz ist nicht nach dem KWKG förderfähig, diese Lücke wird jedoch durch die kfw-Förderprogramme 294 und 494 und deren Nachfolgeprogramme (s.o.) geschlossen.

Weiterhin ist zu klären, welche Anforderungen das Gesetz an die kombinierte Wärmequote nach § 18 Abs. 1 Nr. 2b KWKG stellt. Diese Alternative zu § 18 Abs. 1 Nr. 1a) KWKG sieht eine Kombination aus Wärme von KWK-Anlagen, Wärme aus erneuerbaren Energien und/oder industrieller Abwärme vor. Dabei darf der Anteil industrieller Abwärme nicht durch den Einsatz zusätzlichen Brennstoffs für die Einspeisung in das Wärmenetz aufbereitet werden¹²³. Bezüglich der genauen Zusammensetzung der einzelnen Wärmequellen macht § 18 Abs. 1 Nr. 2b keine Vorgaben¹²⁴. Eine Einschränkung findet sich aber in § 18 Abs. 2 KWKG, der vorschreibt, dass der Anteil von Wärme aus einem KWK-Prozess 25% nicht unterschreiten darf¹²⁵. Ein Wärmenetz mit einer kombinierten Wärmequote nach dieser Alternative ist demnach bereits dann förderfähig, wenn neben Wärme aus KWK-Prozessen ein messbarer Anteil von Wärme aus erneuerbaren Energien und/oder industrieller Abwärme in das Wärmenetz eingespeist wird¹²⁶. Aber auch ein sehr hoher Abwärmeanteil ist denkbar und förderfähig, insgesamt darf die Wärme aus Erneuerbaren, industrieller Abwärme und Wärme aus sonstigen Quellen den KWK-Anteil jedoch nicht auf unter 25% verdrängen. Der verbleibende 50%-Anteil (bzw. 25% Anteil im Falle des Abs. 1 Nr. 2a) kann aus ungekoppelter Wärme gespeist werden.

Aus ökologischer Sicht wäre es begrüßenswert, wenn der Gesetzgeber verbindliche Mindestquoten für die Einspeisung von Wärme aus erneuerbaren Energien und Abwärme festlegen würde.

Die konkrete Höhe des Zuschlags für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen bestimmt sich nach § 19 KWKG und ist abhängig von der Dimensionierung der neu verlegten Wärmeleitungen.

Auch der Neubau von Wärmespeichern wird besonders gefördert. Wärmespeicher sind nach § 2 Nr. 33 KWKG technische Vorrichtungen zur befristeten Speicherung von Nutzwärme gem. § 2 Nr. 26 KWKG einschließlich aller Einrichtungen zur Be- und Entladung des Wärmespeichers. Wärmespeicher flexibilisieren die gesamte leitungsgebundene Wärmeinfrastruktur und ermöglichen eine netz- und marktdienliche Fahrweise von KWK-Anlagen¹²⁷. Die gesonderte Förderung von Wärmespeichern in § 22 ff. KWKG kommt nicht nur der Flexibilisierung von KWK-Anlagen und Fernwärmenetzen im Allgemeinen entgegen, sondern ist auch aus abwärmetechnischer Sicht besonders zu begrüßen.

¹²⁰ Fricke, in: Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage 2017/2018, § 2 KWKG Rn. 223.

¹²¹ Fricke, in: Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage 2017/2018, § 2 KWKG Rn. 226.

¹²² Fricke, in: Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage 2017/2018, § 2 KWKG Rn. 225.

¹²³ Fricke, in: Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage 2017/2018, § 18 KWKG Rn. 19.

¹²⁴ Schäfer-Stradowsky/Doderer, in: Peiffer/Assmann, Kommentar zum KWKG, 1. Auflage 2018, § 18 Rn. 14; Fricke, in: Berliner Energie Kommentar, Band 5, 4. Auflage 2017/2018 § 18 Rn. 15.

¹²⁵ Fricke, in: Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage 2017/2018, § 18 KWKG Rn. 37.

¹²⁶ Schäfer-Stradowsky/Doderer, in: Kommentar zum KWKG, 1. Auflage 2018, § 18 Rn. 14 f.

¹²⁷ Schäfer-Stradowsky/Doderer, in: Kommentar zum KWKG, 1. Auflage 2018, § 18 Rn. 2.

Fördervoraussetzung nach §§ 22 ff. KWKG ist eine überwiegende Speisung des Wärmespeichers mit KWK-Wärme, § 22 Abs. 1 Nr. 2 KWKG. Von einer solchen überwiegenden KWK-Speisung ist ab einem KWK-Wärmeanteil auszugehen, der einem 50% Wasseräquivalent entspricht¹²⁸. Auch in diesem Zusammenhang ist Abwärme geeignet, eine Förderfähigkeit herzustellen, weil industrielle Abwärme¹²⁹ in § 22 Abs. 2 KWKG mit KWK-Wärme gleichgesetzt wird. Auch bei der Wärmespeicherförderung gilt jedoch, dass ein Mindestwärmeanteil in Höhe von 25 % aus KWK-Wärme stammen muss.

3.3.1.4 Fazit

Auf Bundesebene gibt es verschiedenste Förderprogramme für Abwärmenutzung. Die meisten Förderprogramme unterstützen innerbetriebliche Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung, die auch Maßnahmen zur Abwärmeförderung beinhalten (mittelbare Abwärmenutzung). Manche Programme sind auf konkrete Themenbereiche reduziert. Weiterhin zeigt die Darstellung, dass der Abwärmebegriffs nur selten definiert und meist über eine Beschreibung von Tatbestandsmerkmalen oder Beispielen vorgenommen wird.

3.3.2 Förderung in Baden-Württemberg

Auch auf Landesebene gibt es verschiedene Förderprogramme zur Förderung von Abwärme. Hier gibt es nur ein Programm, welches unmittelbar Abwärmenutzung fördert. Die anderen Programme beinhalten mittelbare Abwärmenutzungsförderungen.

3.3.2.1 Unmittelbare Abwärmenutzung

Das *Klimaschutz-Plus-Programm*¹³⁰ wurde erst kürzlich (Juni 2018) erneuert. Die Förderung zielt darauf ab, dass der Wärmebedarf (insbesondere im Gebäudesektor) konsequent reduziert wird. Das *Klimaschutz-Plus-Programm* besteht aus drei Säulen:

- CO₂-Minderungsprogramm¹³¹,
- Struktur-, Qualifizierungs- und Informationsprogramm¹³²,
- Nachhaltige, energieeffiziente Sanierung¹³³.

¹²⁸ Schäfer-Stradowsky/Doderer, in: Assmann/Peiffer, Kommentar zum KWKG, § 22 Rn. 10.

¹²⁹ Sowie Wärme aus erneuerbaren Energien.

¹³⁰ <https://um.baden-wuerttemberg.de/index.php?id=5836>.

¹³¹ Unterstützt werden Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen aus den Bereichen energetische Sanierung und Einsatz regenerativer Energien an Nichtwohngebäuden.

¹³² Gefördert werden die Teilnahme von Kommunen an nachhaltigen Prozessen zur Umsetzung von CO₂-Minderungsmaßnahmen, die Bilanzierung von CO₂-Emissionen (BICO2BW), die Einführung eines Energiemanagements (EM), der Aufbau eines Qualitätsnetzwerkes Bauen, überbetriebliche Energieeffizienzteams, BHKW-Begleit-Beratungen, die detaillierte Energieberatung zu Krankenhäusern und Heimen, Veranstaltungen zur Informationsvermittlung für Mandatsträger und Multiplikatoren, die Teilnahme am Wettbewerb „Leitstern Energieeffizienz“ sowie die Durchführung von Projekten an Schulen zum Thema „Energie und Klimaschutz“.

Abwärmenutzung kann durch zwei Teile des Programms gefördert werden. Im Rahmen des Struktur-, Qualifizierungs- und Informationsprogramms wird eine Erstberatung zur Abwärmenutzung gefördert. Gefördert wird die Beratung zur Erhebung und Bewertung von Potenzialen und Maßnahmen für eine mögliche Abwärmenutzung insbesondere bei kleinen und mittleren Unternehmen in Form von Zuschüssen zu Beratertagen. Eine Definition des Abwärmebegriffs ist in diesem Förderprogramm nicht vorhanden. Hingegen wird der Begriff „Abwärmenutzung“ als „Nutzung von Abwärme, die innerhalb des Gebäudes beziehungsweise der Liegenschaft anfällt,“¹³⁴ beschrieben. Die Anteilsfinanzierung in Form eines Zuschusses beträgt 50% des Tagessatzes des externen Beraters. Gefördert werden bis zu 15 Arbeitstage (binnen neun Monaten nach Zuwendungsbescheid) mit maximal 400 EURO pro Arbeitstag. Im Rahmen des CO₂-Minderungsprogramms können Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen gefördert werden, die auf die Nutzung von Abwärme in Gebäuden oder Liegenschaften ausgerichtet sind (energetische Sanierung). Der Zuschuss bemisst sich nach der über die anrechenbare Lebensdauer der Maßnahme rechnerisch nachzuweisenden Minderung der Treibhausgasemissionen. Er beträgt 50 EURO pro vermiedener Tonne CO₂-Äquivalent bezogen auf die gesamte Nutzungsdauer. Die CO₂-Minderung wird aufgrund der bewirkten Energieeinsparung mit Hilfe der CO₂-Emissionsfaktoren des GEMIS-Modells (Version 4.94; Quelle: www.iinas.org) ermittelt. Zuwendungsfähige Gesamtausgaben sind alle Investitionen in technische oder bauliche Anlagen sowie Leistungen nach der HOAI (Planung etc.). Der Zuschuss ist auf 30% der zuwendungsfähigen Ausgaben begrenzt. Bei Maßnahmenkombinationen wird dieser Fördersatz auf jede Maßnahme angewendet.

Die Verwaltungsvorschrift gilt bis zum 31.12.2023. Andere Fördermittel der Europäischen Union, des Bundes und des Landes Baden-Württemberg dürfen nicht in Anspruch genommen werden.

3.3.2.2 Mittelbare Abwärmenutzung

Auch auf Landesebene gibt es Förderprogramme, deren Förderung Abwärmenutzung unterstützt.

Beim Förderprogramm *Förderung von energieeffizienten Wärmenetzen (VwV energieeffiziente Wärmenetze)* unterstützt das Land Baden-Württemberg Bau und Erweiterung von Wärmenetzen, die kommunale Wärmeplanung sowie Beratungs- und Netzwerkiniciativen. Ziel ist es, den Anteil der energieeffizienten Wärmenetze zu erhöhen und somit einen Beitrag zu einer nachhaltigen Wärmeversorgung zu leisten.¹³⁵ Abwärmenutzung kann im Rahmen von der Beratungs- und Netzwerkiniciative und der Investitionsförderung zur Errichtung oder Erweiterung von energieeffizienten Wärmenetzen gefördert werden (als integrierte Anlage in einem effizienten Wärmenetz). Definiert wird Abwärme als Wärme aus industriellen oder gewerblichen Prozessen, sofern nachgewiesen wird, dass der Abwärme erzeugende Prozess effizient und nach dem Stand der Technik betrieben wird. Zudem werden durch den Verweis auf industrielle Abwärme und hocheffiziente KWK die Eigenschaften

¹³³ Gefördert werden Nachhaltige, energieeffiziente Sanierung von Schulgebäuden auf den KfW-Effizienzhausstandard 70 bzw. 55.

¹³⁴ Förderprogramm KLIMASCHUTZ-PLUS (VwV Klimaschutz- Plus 2018/2019), 12.6.2018 – Az.: 22-4500.2/107.

¹³⁵ <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=45fe7ac2e4c25fe3622b7a7a22092043;views;document&doc=12917>.

von Abwärme beschrieben.¹³⁶ Die Höhe der Förderung beträgt für Klimaschutzkonzepte bis zu 20% der förderfähigen Ausgaben, und für Investitionen bis zu 20% der gesamten Investitionskosten, jedoch max. 200.000 EUR je Investitionsvorhaben. Die Basisförderung kann auf insgesamt bis zu 400.000 EUR pro Investitionsvorhaben durch kumulierbare Boni von je bis zu 50.000 Euro für die Einbindung von Solarthermie, Abwärme, große Wärmespeicher oder die Absenkung der Rücklauftemperatur, erhöht werden. Die Richtlinie gilt bis zum 30.6.2021. Das Förderprogramm ist auf sechs Jahre angelegt. Eine Kumulierung mit anderen Förderprogrammen des Landes Baden-Württemberg sowie dem Bundesprogramm Wärmenetze 4.0 ist nicht zulässig aber z.B. mit Marktanzreizprogramm, KWKG oder der Kommunalrichtlinie.

Weitere mittelbare Förderprogramme haben Themenschwerpunkte wie Senkung des Energieverbrauchs¹³⁷ oder energieeffiziente Gebäude und Prozesse¹³⁸. Diese Förderprogramme haben gänzlich auf die Definition oder Beschreibung des Abwärmebegriffs verzichtet.

3.3.2.3 Fazit

Die Darstellung zeigt, dass auch im Bundesland Baden-Württemberg verschiedene Förderprogramme für Abwärme bestehen. Ebenfalls zeigt die Darstellung, dass der Abwärmebegriffs meist über eine Beschreibung von Tatbestandsmerkmalen oder Beispielen vorgenommen wird.

¹³⁶ Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung von energieeffizienten Wärmenetzen (VwV energieeffiziente Wärmenetze), 4.2.2016 – Az.: 6-4580.1/83, unter 1.1.

¹³⁷ Förderprogramm Agrar- und Ernährungswirtschaft - Umwelt und Verbraucherschutz, siehe <https://www.l-bank.de/lbank/inhalt/nav/foerderungen-und-finanzierungen/alle-foerderangebote/wf-wirtschaftsfoerderung/agrar-und-ernaehrung-umwelt-und-verbraucherschutz.xml?ceid=108483>, Förderung von Energieeinsparung in Vereinsstätten, siehe <https://www.l-bank.de/lbank/inhalt/nav/foerderungen-und-finanzierungen/alle-foerderangebote/uf-unternehmensfinanzierung/buergerschaftsprogramm-finanzierung-von-vereinsstaetten.xml?ceid=126826&suche=true>, Kombi-Darlehen Ressourceneffizienz, siehe <https://www.l-bank.de/lbank/inhalt/nav/foerderungen-und-finanzierungen/alle-foerderangebote/wf-wirtschaftsfoerderung/kombi-darlehen-ressourceneffizienz.xml?ceid=124543&suche=true>.

¹³⁸ Förderprogramm Ressourceneffizienzfinanzierung, siehe https://www.l-bank.de/lbank/inhalt/nav/foerderungen-und-finanzierungen/alle-foerderangebote/wf-wirtschaftsfoerderung/ressourceneffizienzfinanzierung.xml?ceid=124542&as_suchstring=Ressourceneffizienzfinanzierung.

- Sowohl zum *KfW Energieeffizienzprogramms – Abwärme*, dem *Modellvorhaben Wärmenetz 4.0*, dem Förderprogramm *hocheffiziente Querschnittstechnologien* und der *Energieberatung im Mittelstand* bestehen bereits Evaluationen/ gewisse Kennzahlen zum Erfolg des Programms.
- Auf Grund der unterschiedlichen Förderungszeiträume der Maßnahmen, wie auch der unterschiedlichen Auswertungszeiträume können über den Erfolg der einzelnen Maßnahmen nur begrenzte Aussagen getroffen und Trends dargestellt werden.
- Die Darstellung der Evaluationen der verschiedenen Förderprogramme zeigt, dass die häufigsten Gründe für einen geringeren Erfolg des Förderprogramms in einem hohen administrativen Aufwand und einer geringen Bekanntheit des Programms gesehen werden.

Im folgenden Abschnitt werden Evaluation von bereits bestehenden oder Maßnahmen von Vorgängerprogrammen zusammengefasst dargestellt. Auswertungen existieren bereits zu den *KfW-Förderprogrammen für Abwärmenutzung (294, 494)*, wie auch zur Förderung von *Wärmenetzen 4.0, hocheffizienten Querschnittstechnologien*, wie auch der *Energieberatung im Mittelstand*. Die Evaluationen variieren stark in ihrem Umfang, sodass an dieser Stelle nur ein Überblick gegeben werden kann. Die Übersicht soll sowohl abbilden, wie erfolgreich die Maßnahmen sind, aber auch welche Schwierigkeiten die Maßnahmen bei ihrer Umsetzung hatten oder haben.

3.4.1 Erfolg und Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen

Auf Grund der unterschiedlichen Förderungszeiträume der Maßnahmen, wie auch der unterschiedlichen Auswertungszeiträume können über den Erfolg der einzelnen Maßnahmen nur begrenzte Aussagen getroffen und Trends dargestellt werden.

Die Evaluierung der *KfW Energieeffizienzprogramms - Abwärme* bezieht sich auf einen Zeitraum von Mai 2016 bis Dezember 2017. Hierbei handelt es sich soweit ersichtlich um die einzige Evaluation eines Förderprogramms, das auf unmittelbare Abwärmeförderung spezialisiert ist. Die Teilnahme an den Förderprogrammen ist in den Jahren 2016-2017 erheblich angestiegen. Als Programmziel ist die Einsparung von 1 Million Tonnen CO₂-Emissionen pro Jahr angesetzt. Unter der Annahme, dass die Förderungsdynamik aus 2017 in den Jahren 2018 bis 2020 fortbesteht, kann bis 2020 von einer Treibhausgaseinsparung von 937.000 Tonnen ausgegangen werden. Damit liegt der voraussichtliche Wert nur knapp unter dem Förderziel.

Das *Modellvorhaben Wärmenetz 4.0* wurde am 27.7.2017 durch eine Förderbekanntmachung bekannt gegeben. Für das Modellvorhaben besteht bisher keine detaillierte Evaluierung, sondern nur eine Pressemitteilung zum Antragsumfang. Für das Modul I (Erstellung von Machbarkeitsstudien) sind seither 62 Anträge eingegangen, von denen 39 positiv beschieden wurden. Es wurden Zuwendungen in Höhe von 3,7 Millionen EUR erteilt. Für das Modul II (Realisierung von Wärmenetzsystemen) sind bisher nur drei Anträge eingegangen. Ziel des Vorhabens ist es, bis 2020 CO₂-Einsparungen von 5,5 Millionen Tonnen bis 2050 und die Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich auf 70-72 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bis 2030 zu mindern. Angaben über bisherige Einsparungen liegen nicht vor.

Das Förderprogramm für *hocheffiziente Querschnittstechnologien* hat die geschätzten Antragszahlen von 5000 Anträgen pro Jahr für den untersuchten Förderzeitraum (15.10.2012 bis 31.12.2017) erreicht. In den Jahren 2014 und 2015 lagen die Zahlen wesentlich höher, was mit der Möglichkeit der Förderung von LEDs zusammenhängt. Für den gesamten Zeitraum bis 2017 wurden Fördermittel in Höhe von 290 Millionen EUR ausgezahlt, wobei 158 Millionen EUR auf Einzelmaßnahmen und 132 Millionen EUR auf systemische Optimierung fielen. Für das Programm wurde für eine Laufzeit bis zum 31.12.2019 eine Einsparung von CO₂-Emissionen bei 5.000 Anträgen pro Jahr auf ca. 900.000 Tonnen definiert. Die durch den Fördermitteleinsatz realisierten Endenergieeinsparungen betragen 543,2 GWh pro Jahr (elektrisch) und 134,8 GWh pro Jahr (thermisch). Daraus ergeben sich CO₂-Einsparungen von 326.600 Tonnen pro Jahr. Während das Fördermodul der Einzelmaßnahmen den Großteil der elektrischen Energieeinsparung erzielt (396 GWh pro Jahr), konnten durch die systemische Optimierung gut zwei Drittel der thermischen Energieeinsparung (99,5 GWh pro Jahr) realisiert werden. Da der Förderzeitraum noch andauert, kann noch keine abschließende Aussage über das Erreichen des Förderziels gemacht werden. Dennoch zeichnet sich bei Fortschreibung der Antragszahlen und -Struktur aus dem Jahr 2017 eine Zielerreichung von etwa 50% bis 2019 ab.

Das Förderprogramm *Energieberatung im Mittelstand* (im Zeitraum 2010-2013) zeigt eine Erhöhung der Antragszahlen jeweils zu den Jahresenden 2010 und 2011 von 250-500 Anträgen zu Beginn und 500 und 750 Anträgen zum Ende des Jahres. Der Einbruch Anfang 2012 spiegelt das Auslaufen des Sonderfonds vor Beginn des Folgeprogramms *Energieberatung Mittelstand* am 1.3.2012 wider. Von diesem Zeitpunkt an nehmen die Antragszahlen wieder stetig zu. Im Jahr 2015 sind in Baden-Württemberg 477 Anträge eingegangen, davon wurden 86 mit einer Summe von insgesamt 322.936,00 € ausgezahlt. Baden-Württemberg lag bei der Anzahl der eingegangenen Anträge vor Nordrhein-Westfalen (365 Anträge) an der Spitze. 2016 erhöhte sich die Anzahl der Antragszahlen für die Energieberatung auf 557 (338 davon wurden gefördert). Umsetzungsbelegungen wurden 38 beantragt. Hiervon wurden 10 gefördert. Im Jahr 2018 stieg die Summe der Antragszahlungen für die Energieberatung abermals auf 637 (hiervon wurden 520 gefördert). Anträge zur Umsetzungsbelegung stiegen ebenfalls auf 59, wovon 12 gefördert wurden.¹³⁹

Als Resultat aus Energiekosteneinsparung, Ausgaben für die Beratung und den Investitionen ergibt sich im Zeitraum 2010-2013 für die teilnehmenden Unternehmen ein Kapitalwert von 300 bis 550 Millionen EUR und damit ein Nettogewinn (bei einer Abzinsung von 12 %). Es wird durch das Förderprogramm eine Energieeinsparung von 10 bis 20% pro beratenem Unternehmen angestrebt, um eine jährliche Endenergieeinsparung von insgesamt 400 GWh durch das Förderprogramm zu erzielen. Alle Beratungen aus dem Zeitraum März 2012 bis Dezember 2013 führen zu jährlichen Energieeinsparungen von 243 bis 435 GWh. Das Förderziel wurde folglich zumindest teilweise erreicht.

Bei allen vier Förderprogrammen sind viele Anträge zu verzeichnen. Keine der Evaluationen oder Pressemitteilungen beklagt eine dauerhaft sinkende Antragszahl. Im Gegenteil scheinen die Antragszahlen (so zumindest für das *KfW Energieeffizienzprogramm - Abwärme*) anzusteigen. Die Förderziele werden teilweise vollständig oder auch knapp erreicht. Teilweise kann aber auch (noch) keine Aussage über die Erreichung des Förderziels getroffen werden.

¹³⁹ Vgl. zu den Statistiken aus den Jahren 2015-2017 die Homepage des BAFA unter dem Reiter „zum Thema“: http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieberatung/Energieberatung_Mittelstand/energieberatung_mittelstand_node.html

3.4.2 Erfolgshindernisse und Anwendungseinschränkungen

Die meisten Förderbewerbungen haben ihren Fokus auf innerbetriebliche Abwärmenutzung (30% für Sanierung, 30% Modernisierung, 40% für Neubau von Abwärmenutzungsanlagen). Außerbetriebliche Nutzungsmöglichkeiten sind nur selten Teil des Antrags. Voswinkel et al. vermuten, dass die Abstimmung mit anderen Unternehmen hierbei eine Rolle spielen könnte.¹⁴⁰ Die Studie zeigt, dass mehr Anträge für den Bau neuer Anlagen gestellt werden. Als Begründung wird die meist notwendige Systemintegration von Abwärmenutzung angegeben, die sich bei der Sanierung oder Modernisierung von Anlagen oftmals nicht rentiert. Die Studie identifiziert den von den Unternehmen als hoch eingestuften administrativen Aufwand zur Teilnahme am Förderprogramm als größtes Erfolgshindernis des Programms.

Für das Förderprogramm *hocheffizienten Querschnittstechnologien* wurde in einer Studie festgestellt, dass das Programm bei einem höheren Bekanntheitsgrad des Programms erfolgreicher sein könnte. Bei der im Rahmen der Studie durchgeführten telefonischen Befragung von Unternehmen wurde festgestellt, dass nur ein Drittel der befragten nicht geförderten Unternehmen Kenntnis vom Förderprogramm hatte. Weiterhin zeigt die Studie auf, dass 85% der geprüften Energiesparkonzepte die Anforderungen des Merkblatts zur Förderrichtlinie erfüllen, keines der Konzepte diese aber deutlich übertreffen. Besondere Schwächen zeigen sich bei der Transparenz, also z. B. der Nachvollziehbarkeit der angewandten Berechnungsmethodik, der Darstellung der Stoff- und Energieströme des Unternehmens und des Mess- und Nachweisverfahrens. In den Jahren 2014 und 2015 wurde außerdem die lange Bearbeitungszeit der Förderanträge beklagt.

Auch für das Förderprogramm *Energieberatung im Mittelstand* wird die geringe Bekanntheit des Programms als Erfolgshindernis gesehen (häufigster angegebener Grund). Ebenfalls ergaben Befragungen im Rahmen der Studie, dass sich Unternehmen wegen zu hohen Aufwands für die Abwicklung und Zweifel an Potential und Nutzen der Beratung gegen die geförderte Beratung entschieden. Weiterhin brachten viele Energieberater vor, dass sie oftmals die Förderfristen selbst „im Auge behalten“ mussten.

Die Darstellung der betrachteten Evaluationen der verschiedenen Förderprogramme zeigt, dass die häufigsten Gründe für einen geringeren Erfolg des Förderprogramms in einem hohen administrativen Aufwand und einer geringen Bekanntheit des Programms gesehen werden.

3.4.3 Erfolgsfaktoren von Maßnahmen

In der Studie von Voswinkel et al. zum *Abwärme-Förderprogramm* der KfW-Bankengruppe wird als Erfolgsfaktor die Verminderung des administrativen Aufwands aufgeführt. Dazu wird ein höheres Level an Standardisierung des Bewerbungsprozesses und strengere Bewerbungsvoraussetzungen vorgeschlagen.¹⁴¹ Insgesamt wird das Programm aber positiv

¹⁴⁰ Voswinkel/Grahl/Rohde, Less hot air for a less hot climate: evaluating the German waste heat reduction programme, ECEEE INDUSTRIAL SUMMER STUDY PROCEEDINGS, 2018, 68, 72.

¹⁴¹ Voswinkel/Grahl/Rohde, Less hot air for a less hot climate: evaluating the German waste heat reduction programme, ECEEE INDUSTRIAL SUMMER STUDY PROCEEDINGS, 2018, 68, 73.

bewertet. Die Studie stellt dazu fest, dass die meisten Unternehmen die geförderte Maßnahme ohne die Förderung nur in einem geringeren Umfang vorgenommen hätten.¹⁴²

Das Förderprogramm *hocheffiziente Querschnittstechnologien* zeichnet sich durch eine hohe Zufriedenheit der geförderten Unternehmen (90%) aus. Lediglich zwei Prozent der Befragten stuften es als mangelhaft oder schlechter ein. Dabei wurde das Verfahren der elektronischen Antragsstellung hinsichtlich Übersichtlichkeit, Handhabbarkeit und zeitlichem Aufwand des Beantragungsprozederes mindestens als „gut“ bewertet.¹⁴³ Positiv bewertet wurde weiterhin, dass eine Möglichkeit besteht, im Falle der Einzelmaßnahmen die Maßnahme bereits vor Erteilung des Bewilligungsbescheides zu beginnen sowie die Möglichkeit der direkten Gewährung von Förderzuschüssen. Der direkte Förderzuschuss zeigt sich insbesondere gegenüber einer Darlehens- bzw. Kreditfinanzierung als das für die Zielgruppe des Förderprogramms geeignete Finanzierungsinstrument. 75% der geförderten Unternehmen hätten das Programm bei einer anderen Form der Förderung nicht in Anspruch genommen.¹⁴⁴

Das Programm *Energieberatung Mittelstand* wird von fast allen Befragten – sowohl Regionalpartnern und Energieberatern, als auch geförderten Unternehmen – als „gut“ beurteilt.¹⁴⁵ Insgesamt wurde die zügige Bewilligung von Anträgen, die Zeiträume für die Durchführung der Beratung als „gut“ oder zumindest als „ausreichend“ bewertet. In der Studie wird vorgebracht, dass durch eine stärkere Standardisierung bei den Anträgen administrative Hürden genommen werden und die Bearbeitungsdauer je Antrag reduziert werden könnte.¹⁴⁶

Die Auswertung der Studien zeigt, dass insbesondere eine elektronische Antragsstellung, eine zügige Bearbeitung und Bewilligung von Förderanträgen als Erfolgsfaktoren gesehen werden. Zur Verbesserung dieser Aspekte werden deshalb Softwarelösungen zur Antragstellung vorgeschlagen, die sowohl auf Bewerberseite mehr Übersichtlichkeit und Transparenz und eine einfachere Bearbeitung auf Seiten des Förderungsgebers herbeiführen sollen.

Der aktuell vorgenommene Umbau der Förderlandschaft beim BMWi mit Start ab Januar 2019 soll unter anderem genau diesen Aspekten Rechnung tragen. Strukturen und Antragstellung sollen für alle Programme vereinfacht werden.

¹⁴²Voswinkel/Grahl/Rohde, Less hot air for a less hot climate: evaluating the German waste heat reduction programme, ECEEE INDUSTRIAL SUMMER STUDY PROCEEDINGS, 2018, 68, 72.

¹⁴³https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9186_Evaluation_des_Foerderprogramms_Investitionszuschuesse_fuer_den_Einsatz.pdf, S. 94.

¹⁴⁴https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9186_Evaluation_des_Foerderprogramms_Investitionszuschuesse_fuer_den_Einsatz.pdf, S. 95.

¹⁴⁵https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluation-des-foerderprogramms-energieberatung-im-mittelstand.pdf?__blob=publicationFile&v=5, 2014, S. 150.

¹⁴⁶https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/evaluation-des-foerderprogramms-energieberatung-im-mittelstand.pdf?__blob=publicationFile&v=5, 2014, S. 101.

3.4.4 Fazit

Die dargestellten Evaluationen zeichnen eine weitgehend positive Bewertung der Förderprogramme. Diese Annahme wird insbesondere durch die steigende Zahl der Antragstellungen unterstützt. Die Studien zeigen gleichzeitig auf, dass sowohl die Bekanntheit eines Förderprogramms, als auch die Art der Antragsstellung als Erfolgsfaktor eines Programms gesehen werden. Bei zwei von drei Evaluationen wird der hohe administrative Aufwand bei der Bewerbung sogar als Erfolgshindernis eingeschätzt.

3.5 Zusammenfassung für Arbeitspaket 3

Aus politischer Perspektive gewinnt die Thematik der Abwärmenutzung immer stärkere Bedeutung, was sich insbesondere an der Adressierung in politischen Konzepten und Strategien auf europäischer, Bundes- und Landesebene zeigt.

Rechtlich ist zunächst festzuhalten, dass eine einheitliche Definition der Abwärme nicht besteht. Abwärme wird vielmehr von einzelnen Gesetzen verschieden definiert.

Auf Ebene des Planungsrechts kann die Nutzung erneuerbarer Energien und die sparsame und effiziente Nutzung von Energie Berücksichtigung finden. Eine explizite Benennung von Abwärme als ein bei der Bauleitplanung zu berücksichtigender Belang ist aber nicht gegeben. Betreiber von immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen müssen u.a. der Pflicht zu einer sparsamen und effizienten Energieverwendung nachkommen. Verbindliche Vorgaben speziell bezogen auf die Abwärmenutzung sind dem Rechtsbestand aber nicht zu entnehmen (mit Ausnahme der Kosten-Nutzen-Vergleichs-Verordnung).

Energiewirtschaftsrechtlich betrachtet wird die Abwärmeverstromung im KWK-Prozess grundsätzlich durch einen KWK-Zuschlag gefördert. Die konkrete Zuschlagshöhe ist abhängig vom konkreten Anwendungsfall (bspw. Netzeinspeisung oder Eigenversorgung). In Eigenversorgungskonstellationen ist auf die verbrauchten Strommengen (anteilig) die EEG-Umlage zu entrichten. Ob und inwieweit weitere staatlich induzierte Strompreisbestandteile bei Eigenversorgungskonstellationen anfallen (bspw. Netzentgelte oder die Stromsteuer) hängt von der jeweiligen Versorgungskonstellation und von Einzelfall ab.

Soll die Abwärme innerbetrieblich genutzt werden, kann sie grundsätzlich zur Erfüllung der ordnungsrechtlichen Vorgaben der EnEV, des EEWärmeG (Bund) und des EWärmeG-BaWü beitragen.

Soll die Abwärme außerbetrieblich genutzt werden, ist festzuhalten, dass ein Zugangsanspruch zu einem Wärmenetz für abwärme"erzeugende" Unternehmen nicht besteht. Ist eine Temperaturniveauehebung der Abwärme mittels Wärmepumpen erforderlich, ist zu berücksichtigen, dass der Wärmepumpenstrom regelmäßig mit staatlich induzierten Strompreisbestandteilen belegt ist (insb. EEG-Umlage, Netzentgelte, Stromsteuer) Die konkrete Höhe hängt aber vom Einzelfall ab. Auch die außerbetrieblich genutzte Abwärme kann grundsätzlich zur Erfüllung der ordnungsrechtlichen Vorgaben der EnEV, des EEWärmeG (Bund) und des EWärmeG-BaWü beitragen.

Sowohl auf Bundes- als auch auf Landesebene bestehen verschiedene Förderprogramme, die die Nutzung von Abwärme (und auch deren Nutzung in Wärmenetzen) unmittelbar oder mittelbar fördern.

3.6 Literaturverzeichnis für Arbeitspaket 3

Assmann, L./Peiffer, M., Kommentar zum Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG), 1. Auflage, München 2018.

BKartA, Sektoruntersuchung Fernwärme – Abschlussbericht gemäß § 32e GWB , August 2012, Im Internet abrufbar unter: <http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchung/Sektoruntersuchung%20Fernwaerme%20-%20Abschlussbericht.pdf? blob=publicationFile&v=3> (letzter Abruf am 10.12.2018).

BMUB, Klimaschutzplan 2050 – Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung, November 2016, Im Internet abrufbar unter: https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf (letzter Abruf am 10.12.2018).

BMWi, Energieeffizienzstrategie Gebäude – Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand, November 2015, Im Internet abrufbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-gebaeude.pdf? blob=publicationFile&v=25> (letzter Abruf am 10.12.2018).

BMWi, Änderung der Richtlinie für die Förderung der Abwärmevermeidung und Abwärmeebenutzung in gewerblichen Unternehmen, August 2017, Im Internet abrufbar unter: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/A/abwaermerichtlinie.pdf? blob=publicationFile&v=16> (letzter Abruf am 10.12.2018).

Danner, W./Theobald, C., Kommentar zum Energierecht, Loseblattsammlung, München 2018.

Dolde, K-P., Umweltrecht im Wandel – Bilanz und Perspektiven aus Anlass des 25-jährigen Bestehens der Gesellschaft für Umweltrecht (GfU), Berlin 2001.

EU-Kommission, Factsheet „Übergang zu einer intelligenten, effizienten und nachhaltigen Wärme- und Kälteerzeugung, Brüssel 2016. Im Internet abrufbar unter: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-311_de.htm (letzter Abruf am 10.12.2018).

EU-Kommission, Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament u.a. „Eine EU-Strategie für die Wärme- und Kälteerzeugung, Brüssel 2016. Im Internet abrufbar unter: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/DE/1-2016-51-DE-F1-1.PDF> (letzter Abruf am 10.12.2018).

Greb, K./Boewe, M., Kommentar zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), 1. Auflage, München 2018.

Jarass, H., Kommentar zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG), 12. Auflage, München 2017.

Körber, T., Drittzugang zu Fernwärmenetzen – Überlegungen zur Reichweite des § 19 Abs. 4 Nr. 4 GWB und zum Verhältnis von Kartell- und Energierecht, 1. Auflage, Jena 2011.

Liebheit, N./Schiebold, D./Veh, A., Entwicklungen im Energie- und Stromsteuerrecht in 2017, Aufsatz in der Zeitschrift für das gesamte Recht der Energiewirtschaft (EnWZ), Heft 5, 2018, S. 167ff.

Maunz, T./Dürig, G., Kommentar zum Grundgesetz (GG), Loseblattsammlung, München 2018.

Milkau, A., Bundeskompetenzen für ein Umweltenergierecht – dargestellt am Beispiel des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes, Aufsatz in Zeitschrift für Umweltrecht (ZUR), Heft 12, 2008, S. 561ff.

Möhlenkamp, K./Milewski, K., Kommentar zum Energie- und Stromsteuergesetz, München 2012.

Müller, T./Oschmann, V./Wustlich, G., Kommentar zum Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), 1. Auflage, München 2010.

Säcker, F., Berliner Kommentar zum Energierecht, Band 5, 4. Auflage, Frankfurt am Main 2018.

Schneider, J.-P./Theobald, C., Praxishandbuch Recht der Energiewirtschaft 4. Auflage, München 2013.

Spannowsky, W./Runkel, P./Goppel, K., Kommentar zum Raumordnungsgesetz (ROG), 1. Auflage, München 2010.

UM BW (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg), Landeskonzert Kraft-Wärme-Kopplung Baden-Württemberg, August 2015, Im Internet abrufbar unter: https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Landeskonzert_KWK_BW.pdf (letzter Abruf am 10.12.2018).

Voswinkel, F./Grah, A./Rohde, C., Less hot air for a less hot climate: evaluating the German waste heat reduction programme, Konferenzpapier, ECEEE INDUSTRIAL SUMMER STUDY PROCEEDINGS, 2018, S. 68ff.

WM BW (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg), Energiekonzept Baden-Württemberg 2020, Dezember 2007, Im Internet abrufbar unter: https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/Altdateien/202/Energiekonzept_BW_2020.446953.pdf (letzter Abruf am 10.12.2018).

Arbeitspaket 3: Politik- und
Rechtsrahmen

4 Arbeitspaket 4: Ausbauziele und Entwicklungspfade

- Ausbauziele und Entwicklungspfade werden in Form von zusätzlich genutzter bzw. vermiedener Abwärme ab Verabschiedung der Ziele abgeleitet.
- Ein Ziel von ca. 2.8 TWh/a zusätzlich genutzter/vermiedener Abwärme bis zum Jahr 2030 wird für Baden-Württemberg vorgeschlagen.
- Ein Monitoring der Ziele unter Nutzung bestehender Datenquellen wird empfohlen.
- Durch eine dem Zielpfad gemäße Entwicklung der Vermeidung und Nutzung von Abwärme können in Baden-Württemberg im Jahr 2030 THG-Einsparungen von ca 750 kt CO₂-äq/a erreicht werden.

4.1 Methodisches Vorgehen

Basierend auf der Analyse der Potenziale zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme, der bestehenden Technologien sowie des rechtlichen Rahmens werden Ausbauziele und Entwicklungspfade abgeleitet.

Die Ziele werden in Form von zusätzlich genutzter bzw. vermiedener Abwärmemengen ab dem Zeitpunkt der Verabschiedung der Ziele definiert. Für die Ableitung der Ziele wird hier das Startjahr 2020 zu Grunde gelegt. Die Definition des Ziels unterscheidet sich im Vorgehen von anderen Zielen wie z.B. dem Ziel zur Stromerzeugung aus KWK, in dem die gesamte erzeugte Menge die Grundlage der Zieldefinition bildet. Das unterschiedliche Vorgehen liegt dadurch begründet, dass im Bereich der Vermeidung und Nutzung von Abwärme keine quantitativen Daten zum Status Quo zu ermitteln sind, da insbesondere bei der Vermeidung von Abwärme keine sinnvolle Referenz gebildet werden kann.

Zur Abschätzung der jährlich zu erschließenden Abwärmemengen werden folgende Erkenntnisse zu Grunde gelegt:

- Die in AP 1 abgeschätzten Abwärmepotenziale bilden eine Obergrenze für die über den gesamten Betrachtungszeitraum zu erschließenden Abwärmemengen.
- Aufgrund der in AP 2 betrachteten technischen und wirtschaftlichen Einschränkungen wird für die Festlegung der Ziele der untere Rand der Potenzialabschätzung zu Grunde gelegt.
- Zur Abschätzung der jährlich zu erreichenden Einsparungen werden die Erfahrungswerte aus dem KfW-Abwärmeprogramm zu Grunde gelegt. Die Zahl der Anträge sowie die durch die Maßnahmen induzierten Energieeinsparungen haben sich seit Einführung des Programms im Jahr 2016 stark gesteigert. Aufbauend auf den auf nationaler Ebene erreichten jährlichen Einsparungen von ca. 2,8 TWh wird für Baden-Württemberg ein Zielwert von durchschnittlich 0,25 TWh zusätzlich vermiedener oder genutzter Abwärme abgeleitet. Die Abschätzung der Anteile für Baden-Württemberg erfolgt basierend auf dem Anteil von Baden-Württemberg an einer deutschlandweiten Abschätzungen von Abwärmepotenziale aus Abgasen, die in Brückner (2016) erfolgt ist. Dort wird mittels einer Bottom-Up-Analyse das theoretische Abwärmepotenzial aus Abgasen nach Bundesländern differenziert ermittelt (auf Basis von Emissionserhebungen für genehmigungspflichtige Anlagen nach der 4. BImSchV). Baden-Württemberg hat in der Analyse einen Anteil von etwa 7%. Nordrhein-Westfalen, Bayern, und Rheinlandpfalz haben mit etwa 47%, 10% und

8%-Anteil höhere Mengen in der Analyse. Die Annahme von 0,25 TWh berücksichtigt auf der einen Seite, dass sich die Abwärmepotenziale zwischen den Bundesländern nicht gleich verteilen, auf der anderen Seite wird berücksichtigt, dass Baden-Württemberg das Thema bewusst forciert und ein höheres Ambitionsniveau anstrebt.

Basierend auf den abgeleiteten Entwicklungspfaden wird exemplarisch dargestellt, welche Beiträge zur Zielerreichung durch verschiedene Arbeitsstätten in unterschiedlichen Branchen geleistet werden können.

Zur Abschätzung der eingesparten THG-Emissionen wird als Kennwert eine Einsparung von 277 kt CO₂-eq pro TWh vermiedener bzw. genutzter Abwärme angesetzt. Dieser leitet sich ab aus den Einsparungen der bisher im KfW-Abwärmeprogramm umgesetzten Maßnahmen und berechnet sich aus den von den ausführenden Unternehmen angegebenen Brennstoffeinsparungen. Diese beinhalten ein breites Spektrum an Maßnahmen zur Vermeidung, Wärmerückgewinnung, Verstromung sowie außerbetrieblich Nutzung von Abwärme.

4.2 Ziele und Entwicklungspfade

Abbildung 28 stellt die abgeleiteten Ziele und Entwicklungspfade zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme in Baden-Württemberg dar. Die jährlichen Abwärmemengen sind als Richtwerte bzw. Durchschnittswerte anzusehen, da sich im jährlichen Vergleich deutliche Schwankungen ergeben können, die beispielsweise durch Umsetzungsmaßnahmen in einzelnen energieintensiven Standorten begründet liegen.

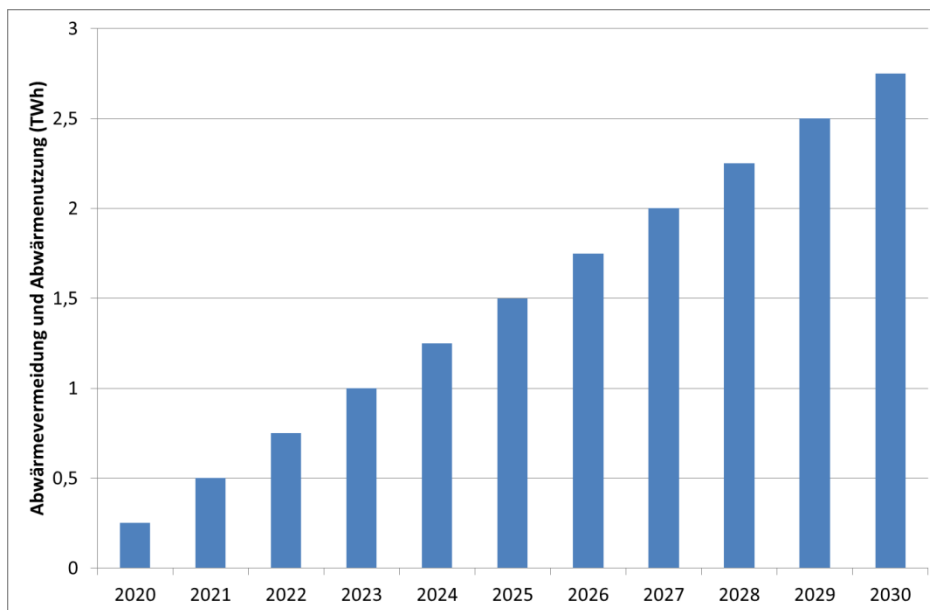


Abbildung 28: Ziele und Entwicklungspfade zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme in Baden-Württemberg

In Abbildung 28 ist zu erkennen, dass im Jahr 2030 in Summe ein Potenzial von etwa 2,8 TWh gehoben wird. Der in Abbildung 28 dargestellte Zielpfad setzt voraus, dass bis zum Jahr 2030 ein nicht unerheblicher Anteil der vorhandenen wirtschaftlichen Abwärmepotenziale erschossen wird. Perspektivisch ist daher zu erwarten, dass die Entwicklungspfade nach 2030 abflachen und eine geringere jährliche Steigerung bis 2050 zu erwarten ist.

Der Zielwert von 2,8 TWh liegt etwas höher als das ermittelte (Bottom-Up)-Potenzial an Abwärme aus Abgasen von genehmigungspflichtigen Anlagen nach der 4. BImSchV. Für die

abgeleiteten Ziele wird einerseits angenommen, dass nicht das gesamte Potenzial erschlossen werden kann, andererseits werden auch weitere Abwärmequellen berücksichtigt, die nicht unter die genehmigungspflichtigen Anlagen nach der 4. BImSchV fallen. Für den Bereich der genehmigungspflichtigen Anlagen nach der 4. BImSchV bezieht sich das Potenzial auf 307 Arbeitsstätten. Etwa 73% Prozent der Abgasenergie entfiel in der Analyse auf 44% der ausgewerteten Arbeitsstätten. Würden jährlich im Durchschnitt 14 dieser abwärmeintensiveren Arbeitsstätten ihr volles Potenzial aus Abgasen ausschöpfen, dann wäre das Ziel zu 70% erreicht. Die Erreichung der Ziele kann somit durch eine verstärkte Konzentration auf Arbeitsstätten mit genehmigungspflichtigen Anlagen maßgeblich unterstützt werden. Dies zeigt, dass bei der Entwicklung von Politikmaßnahmen zur Vermeidung und Nutzung von Abwärme neben Programmen mit Breitenwirkung insbesondere auch die gezielte Adressierung von größeren Arbeitsstätten mit genehmigungspflichtigen Anlagen zu empfehlen ist.

4.3 Rechtliche Ebene und Monitoring

Bei der Verankerung der entsprechenden Ziele und Ausbaupfade im politischen und rechtlichen Rahmen ist die jeweilige Rahmensetzung des in Frage stehenden politischen Papiers bzw. Gesetzes zu berücksichtigen.

In Hinblick auf die Bindungswirkung des Niederschreibens der möglichen Ziele und Ausbaupfade ist zu differenzieren. Die politische Selbstsetzung der Ziele und Ausbaupfade im Rahmen einer politischen Strategie, wie beispielsweise einem „Landeskonzept Abwärme“, entfaltet rechtlich keine Bindung, sie vermag aber politische Bindungswirkung dergestalt zu entfalten, dass sich die Regierung im politischen Diskurs daran messen lassen muss.

Auch durch eine gesetzliche Verankerung quantitativer Ziele oder Ausbaupfade lassen sich regelmäßig keine unmittelbaren rechtlichen Folgen ableiten¹⁴⁷. Sie dürften insbesondere keine Grundlage für zivilrechtliche Ansprüche oder Ermächtigungsgrundlage für hoheitliche Eingriffe in Rechtspositionen der Bürger sein¹⁴⁸. Regelmäßig dürfte eine Verankerung von quantitativen Zielen aber Maßstab für rechtliche Interpretations- und gesetzliche Auslegungsfragen sein und kann Einfluss auf die Zulässigkeit einer ggf. in Frage stehenden Ermessensfrage haben¹⁴⁹.

Eine Zielerreichung kann nur dann gewährleistet werden, wenn durch ein regelmäßiges Monitoring die tatsächlichen Entwicklungen mit den Zielpfaden abgeglichen werden. Dazu muss ermittelt werden, ob die durch die jeweils umgesetzten Maßnahmen erreichten Einsparungen den betrachteten Zielpfaden entsprechen. Ist dies nicht der Fall, kann frühzeitig durch zusätzliche steuernde Instrumente (siehe AP 5) entgegengewirkt werden.

¹⁴⁷ Ggf. kann durch Formulierungen wie „dieses Gesetz trägt zum Ziel bei“ auch auf sprachlicher Ebene klagestellt werden, dass das jeweilige Gesetz nicht alleiniger Maßstab ist, sondern sich Beiträge bspw. auch aus dem KWKG, dem EEWärmeG oder dem EWärmeG BaWü ergeben.

¹⁴⁸ Vgl. Müller/Oschmann in Altrock/Oschmann/Theobald, Erneuerbare-Energien-Gesetz, 4. Auflage 2013, § 1 Rn. 4. In Bezug auf die quantitativen Ziele des § 1 EEG.

¹⁴⁹ Vgl. Müller/Oschmann in Altrock/Oschmann/Theobald, Erneuerbare-Energien-Gesetz, 4. Auflage 2013, § 1 Rn. 4 m. W. N.

Grundsätzlich ist das Monitoring von Maßnahmen zur Nutzung und Vermeidung von Abwärme eine Herausforderung, da die Umsetzung von Maßnahmen durch einzelne Betriebe erfolgt und die eingesparten Energiemengen somit dem Land Baden-Württemberg nicht vorliegen und die Übermittlung der Daten nicht eingefordert werden kann.

Bei der Erstellung eines Monitoring-Konzeptes wird daher aus Gründen der Kosteneffizienz empfohlen, so weit wie möglich auf bestehende Datengrundlagen zurückzugreifen. Insbesondere ist hier das Abwärme-Programm der KfW bzw. ab 2019 das Folgeprogramm zu nennen, in dessen Rahmen regelmäßig die Anzahl der Förderfälle sowie die erreichten Einsparungen ermittelt werden. Für die Nutzung außerbetrieblicher Abwärme kann zudem eine Nutzung der Daten aus dem Förderprogramm Wärmenetze 4.0 des Bundes oder dem Landesprogramm Effiziente Wärmenetze überprüft werden. Ergänzt werden kann ein Monitoring durch eigene Erhebungen, bei denen insbesondere abwärmeintensive Arbeitsstätten adressiert werden, um auch solche Umsetzungsmaßnahmen zu berücksichtigen, bei denen keine Förderung in Anspruch genommen wurde.

4.4 THG-Einsparungen

Die durch die Vermeidung und Nutzung von Abwärme zu erreichenden CO₂-Einsparungen werden abgeschätzt, indem basierend auf den in Abschnitt 4.2 dargestellten Zielen und Entwicklungspfaden sowie den Kennwerten zur Reduktion von THG Emissionen aus den im Rahmen des KfW-Abwärmeprogramms umgesetzten Maßnahmen die durch die Entwicklung resultierenden THG-Einsparungen berechnet werden. Abbildung 29 stellt die mittleren jährlichen THG-Einsparungen dar, die sich durch Vermeidung und Nutzung von Abwärme im Rahmen der Zielpfade ergeben. Durch eine dem Zielpfad gemäße Entwicklung der Vermeidung und Nutzung von Abwärme können in Baden-Württemberg im Jahr 2030 THG-Einsparungen von ca 750 kt CO₂-äq/a erreicht werden.

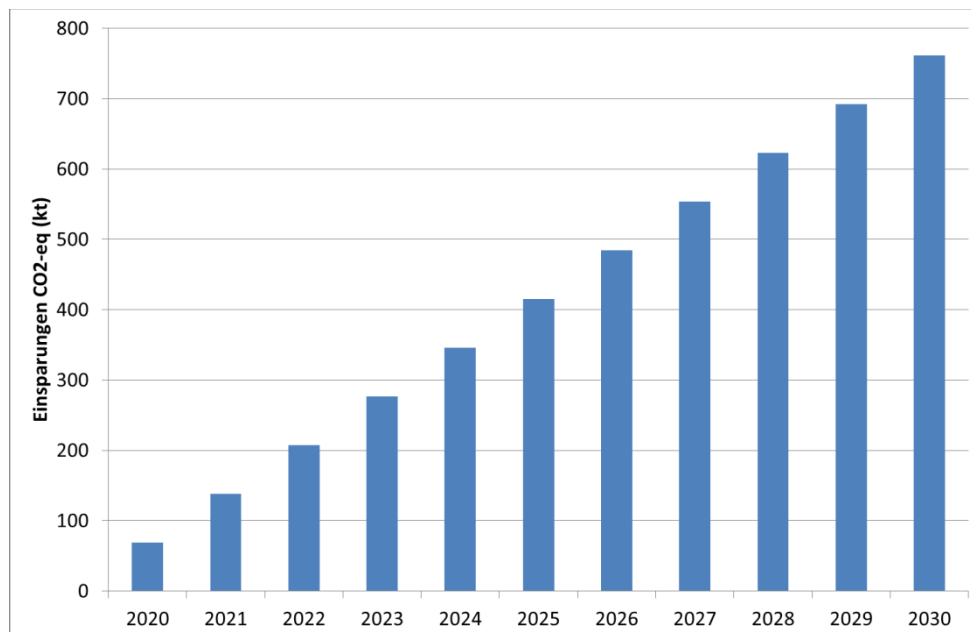


Abbildung 29: Abschätzung der CO₂-äq Einsparungen

Für die Bewertung der in Abbildung 29 dargestellten Reduzierung der THG-Emissionen im klimapolitischen Gesamtbild ist zu beachten, dass eine Doppelzählung mit der Wirkung von Politikinstrumenten zur Steigerung der Energieeffizienz zu vermeiden ist (z.B. Abwärmemaßnahmen aus Energieeffizienz-Netzwerken).

5 Arbeitspaket 5: Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen

Arbeitspaket 5 hat die Entwicklung von Maßnahmenvorschlägen zum Gegenstand, durch welche die ermittelten Abwärmenutzungspotenziale in Unternehmen stärker gehoben werden können und durch die somit der Anteil der Abwärmenutzung in Baden-Württemberg erhöht werden kann. Entsprechend stellt Arbeitspaket 5 ein zentrales Arbeitspaket innerhalb der Studie dar.

5.1 Übergreifende Ziele und Vorgehen

Arbeitspaket 5 besteht aus verschiedenen Abschnitten, die im Wesentlichen den Gang der Entwicklung der Maßnahmenvorschläge nachzeichnen.

Abschnitt 5.2 beschreibt dabei die Erstellung eines Fragebogens, der an relevante Stakeholder versendet wurde. Die Rückmeldungen des Fragebogens werden qualitativ zusammengefasst und dienen informativ den nächsten Schritten. Aus den Rückläufern des Fragebogens und den Erkenntnissen aus den Arbeitspaketen 1 bis 3 wurde vom Projektteam ein erster Katalog möglicher Maßnahmenvorschläge entwickelt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde zunächst intern mit dem Umweltministerium Baden-Württemberg diskutiert, um relevante Maßnahmen, die in einem Expertenworkshop diskutiert werden sollen, zu identifizieren.

Abschnitt 5.3 widmet sich sodann dem Expertenworkshop, bei dem eine interaktive Diskussion der Maßnahmenvorschläge mit den Workshopteilnehmern stattfand, um insbesondere den Blickwinkel auf die Maßnahmenvorschläge aus der Praxis zu berücksichtigen. Die Anregungen und Meinungen wurden auf Moderationswänden aufgenommen und mittels einer Fotodokumentation dokumentiert.

Im anschließenden Abschnitt 5.4 wurde der Katalog mit den Maßnahmenvorschlägen unter Berücksichtigung des Blickwinkels der Experten aus dem Workshop angepasst und spiegelt so diejenigen Maßnahmen wider, die aus Sicht des Projektteams geeignet sind, der Thematik der Abwärmenutzung in Baden-Württemberg stärkere Geltung zu verleihen.

In Abschnitt 5.5 wurden schließlich einzelne Anmerkungen aus Sicht der Experten zur weiteren Detaillierung der jeweiligen Maßnahmen zusammengetragen, um dem Umweltministerium auch aus der Praxis zu berücksichtigende Aspekte bei der Maßnahmenumsetzung an die Hand zu geben. Ferner beinhaltet dieser Abschnitt auch die Experteneinschätzung hinsichtlich der Wichtigkeit der Maßnahmen, damit Abwärme in Zukunft stärker genutzt werden kann.

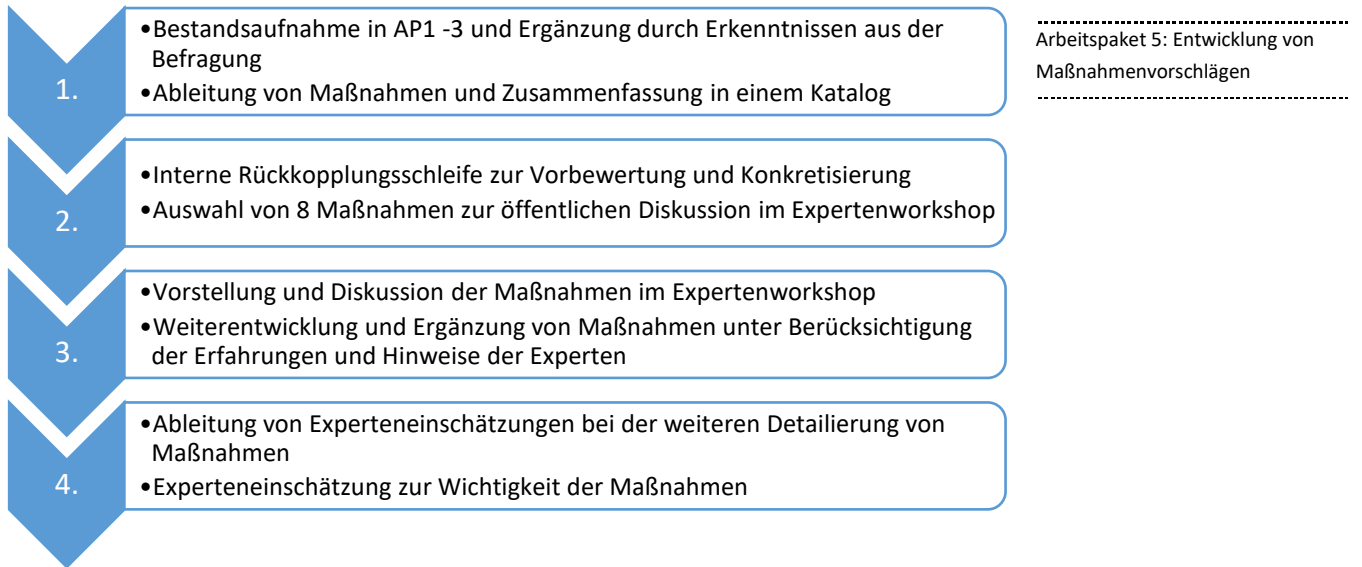


Abbildung 30: Vorgehen zur Entwicklung der Maßnahmenvorschläge

5.2 Fragebogen

- Erfassung von ersten wesentlichen Hemmnissen bei der Umsetzung von Nutzungskonzepten für Abwärme
- Ableitung eines ersten Katalogs mit Maßnahmenvorschlägen

5.2.1 Vorgehen und Inhalte der Befragung

Die Befragung relevanter Stakeholder erfolgte in einer frühen Phase der Erarbeitung der vorliegenden Studie. Zielstellung war die Erfassung relevanter Hemmnisse und Chancen für die Nutzungskonzepte von Abwärme aus der Praxis, um hieraus erste Maßnahmenvorschläge entwickeln zu können. Damit eine möglichst freie Äußerung erreicht werden konnte, wurden als Methode offene Fragestellungen mit Freitextfeldern gewählt (vgl. den abgedruckten Fragebogen im Anhang). Es wurde stets in der Frageformulierung auf den Bezug des Bundeslandes Baden-Württemberg geachtet. Zur Strukturierung der Befragung erfolgte eine Unterteilung der Fragen nach Rubriken mit folgenden Inhalten:

- Allgemeines:
 - Generelle Einschätzung zu Hemmnissen und Chancen für die Abwärmenutzung
 - Stand der Abwärmenutzung im befragten Unternehmen und ggf. existierende Erfahrungen, die als Hemmnis angesehen werden können
- Technik, Wirtschaft und Organisation
 - Einschätzung zu Hemmnissen aus personellen Kapazitätsengpässen und Fachwissen in Unternehmen
 - Bewertung der technisch-wirtschaftlichen Umsetzbarkeit und Risiken aus der außerbetrieblichen Abwärmenutzung
- Recht, Regulierung
 - Erfassung relevanter genehmigungsrechtlicher Hemmnisse
 - Einschätzung zur Zusammenarbeit zwischen Stakeholdern (Fokus: Kommunen, Wärmenetzbetreiber, Abwärmelieferanten)
- Weiterentwicklungsansätze
 - Vorschläge zum Abbau von Hemmnissen und Förderinstrumenten (retrograde Betrachtung und Perspektive)

Gemeinsam mit einem Anschreiben wurde der Fragenkatalog an verschiedene Stakeholder versandt. Insgesamt erhielten 51 Interessenvertreter aus Verbänden und 38 aus Unternehmen, vor allem aus dem Bereich der genehmigungsbedürftigen Anlagen, den Fragenkatalog. Da auch Verbänden die Möglichkeit zur Stellungnahme eingeräumt wurde und der Fragebogen somit zum Teil auch an deren Mitglieder weitergeleitet wurde, ist die Breitenwirkung höher einzuschätzen als sich dies evtl. aus der Betrachtung der Summe von 89 Kontakten schlussfolgern lässt. Es wurde ein Rücklauf von 27 Fragekatalogen erzielt, wobei auffällig ist, dass die Rücklaufquote für die Unternehmen mit rd. 47% als sehr hoch anzusehen ist.

5.2.2 Ergebnisse aus der Befragung

Eine statistische Auswertung der Fragebögen war aufgrund der offenen Fragen und der dennoch als gering anzusehenden Gesamtheit der zur Verfügung stehenden Daten nicht möglich. Aus den Rücklauferten der Fragebögen konnte jedoch eine Essenz bestimmt werden, aus der ein Stimmungsbild abgeleitet werden kann, welche Aspekte der Abwärmenutzung im weiteren Studienverlauf einer tiefergehenden Analyse bedürfen, und welche nur eine untergeordnete Rolle spielen. Eine entsprechende qualitative Auswertung der Fragebögen ist Tabelle 26 zu entnehmen. Fett hinterlegt sind dabei Aspekte, welche öfter genannt (jedoch nicht quantitativ bewertet) wurden. In der Darstellung erfolgte eine Zusammenfassung von Dopplungen und bei starken inhaltlichen Übereinstimmungen.

Tabelle 31: Auswertung der Fragebögen

Technisch	Wirtschaftlich	Rechtlich	Organisatorisch
Schwierigkeit für Wärmebereiche unter 50°C	Investitionen (Umbau an Anlagen, Gebäuden, Infrastruktur)	Langfristige Wärmenutzungsverträge bei außerbetrieblicher Nutzung	Personeller Aufwand hoch
Zeitliche Übereinstimmung Wärmeerzeugung und Wärmeverbrauch	Fehlende Wirtschaftlichkeit	Umfangreiches Genehmigungsrecht, Meldepflichten	Suche von Fernwärmekunden durch Industriestandorte schwierig
Eingriff in bestehende Systeme, Betrieb der bestehenden laufenden Anlagen darf nicht gestört werden.	Fehlende Planungssicherheit und dadurch hohe Erwartungen an Amortisationszeit	Neue Genehmigungen, Baugrunduntersuchungen für Umsetzung der Maßnahme notwendig	Fehlende langfristige Planungssicherheit und Verträge
Platzbedarf	Niedrige Energiepreise	Unsichere Rahmenbedingungen (z.B. EEG-Umlage bei Strom)	Fehlendes Wissen über Abwärme

Im Hinblick auf die technische Umsetzbarkeit ist herauszustellen, dass die Integration aufgrund der Sicherstellung der (Güter-)Produktion und abnahmeseitigen Anforderungen beschränkt ist. Auch wenn technische Nutzungskonzepte vorliegen, entspricht nach einer Vielzahl von Rückmeldungen die wirtschaftliche Bewertung nicht den geforderten Kriterien, wie etwa der Amortisationsdauer. Eine Bewertung der Entscheidungsgrundlage war nicht Ziel der Befragung. Auffällig ist in jedem Fall, dass scheinbar einzelfallabhängige wirtschaftliche Herausforderungen bestehen, die eine Umsetzung der Maßnahmen hemmen.

Die Anforderung geringer Amortisationsdauern steht dabei den in der Wärmeversorgung üblichen langfristigen Vertragsbeziehungen gegenüber. Gleichzeitig bilden langfristige Vertragsbeziehungen auch notwendige Rahmenbedingungen für eine Abwärmelieferung. Es wurde dabei auf verschiedene weitere rechtliche Hürden hingewiesen. Hinsichtlich organi-

satorischer Fragestellungen wurde teilweise die These nach Informationsdefiziten und personellen Engpässen bestätigt.

.....
Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen
.....

Insgesamt lässt sich aus der Befragung ein vielschichtiges Bild zeichnen. Dieses Bild zeigt deutlich die Komplexität der zur Umsetzung von Abwärmenutzungsmaßnahmen notwendigen technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Voraussetzungen. Um die Umsetzung zu steigern, sind Maßnahmen zu identifizieren, zu bewerten und zu entwickeln.

Gemeinsam mit den ersten Ergebnissen aus den Arbeitspaketen 1 bis 3 wurde auf Grundlage der Rückläufer aus den Fragebögen ein erster Katalog mit 17 möglichen Maßnahmen erstellt, welche bei einem internen Projekttreffen zwischen dem Projektteam und dem Umweltministerium diskutiert wurde. Dabei wurden insbesondere Maßnahmenvorschläge aus dem Katalog ausgewählt, welche geeignet waren, um sie mit Experten aus der Praxis zu diskutieren und bei welchen die Sichtweise der Experten als besonders wichtig eingeschätzt wurde.

Entsprechend wurde ein Paket mit acht Maßnahmenvorschlägen geschnürt, welche beim anschließenden Expertenworkshop zur Diskussion gestellt wurden. Welche Maßnahmen im Rahmen des Workshops diskutiert wurden, ist den Tabellen in Abschnitt 5.5 zu entnehmen.

5.3 Expertenworkshop

5.3.1 Grundlagen und Vorgehen

- Expertenworkshop wird durchgeführt.
- Grundlage für Maßnahmenkonsolidierung.

Ziel des Expertenworkshops war es, zu validieren und Eindrücke sowie lenkende Hinweise aus der Praxis zu erhalten, um den Maßnahmenkatalog weiter schärfen zu können.

Zum Expertenworkshop wurden in Abstimmung mit dem Umweltministerium Experten aus den folgenden Bereichen eingeladen: Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe, Energieversorgungsunternehmen, Planungsbüros, Kammern, Energieagenturen, Hochschulen/Forschung, Behörden und aus dem Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. Die Agenda sah einen Zeitraum von 10.00 bis 14.30 Uhr vor. Nach einer kurzen Begrüßung durch das Ministerium erfolgte eine einstündige Präsentation zum Stand der Studie und Darstellung der Maßnahmenvorschläge zur tieferen Diskussion in den Workshopteilen durch das Projektteam. Anschließend wurden die Teilnehmer in zwei Gruppen eingeteilt. In den Gruppen konnten die Teilnehmer Stellung zu den erarbeiteten Maßnahmenvorschlägen im Workshopformat nehmen und eigene Einschätzungen zur erwarteten Wirksamkeit der Maßnahmen und weiterer zu beachtender Aspekte abgeben. Dieser Teil wurde vom Projektteam moderiert und dauerte insgesamt etwa 2 Stunden. Zum Ende der Veranstaltung wurden die Ergebnisse der beiden Workshopgruppen von den Teilnehmern zusammengefasst. Anschließend wurden die Teilnehmer gebeten, die Maßnahmen hinsichtlich ihrer Wichtigkeit einzuschätzen, um Abwärme in Zukunft stärker nutzen zu können.

5.3.2 Teilnehmer und Ergebnisse aus dem Workshop

Der Expertenworkshop wurde am 22.10.2018 in den Räumlichkeiten des Umweltministeriums in Stuttgart durchgeführt. Insgesamt nahmen 39 Experten teil. Die Verteilung der Experten über die eingeladenen Gruppen zeigt Abbildung 5-31.

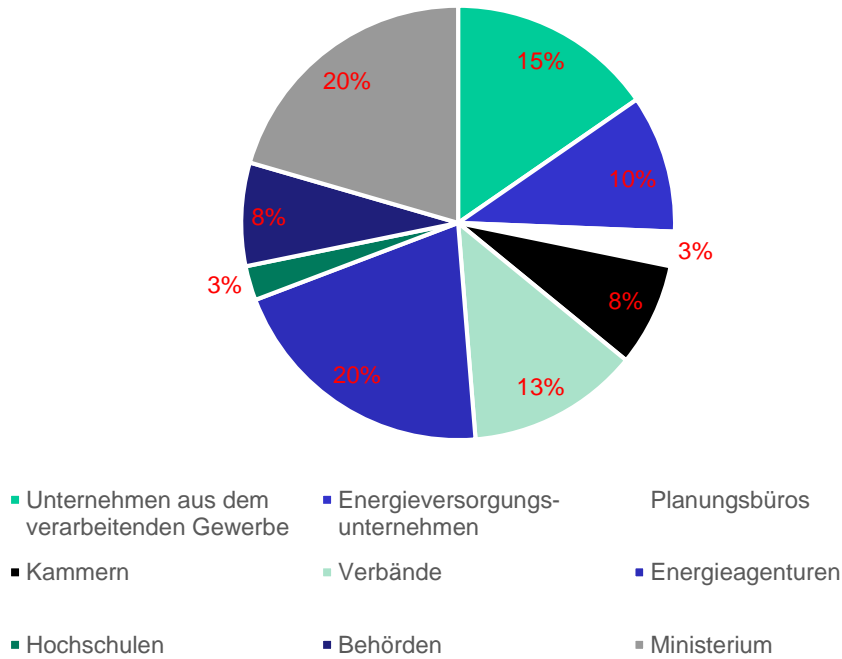


Abbildung 5-31: Verteilung der Teilnehmer nach Gruppen.

Insgesamt konnte ein breites Teilnehmerspektrum erreicht werden. Das Interesse an dem Thema zur Abwärmenutzung führt daher zu verschiedenen Perspektiven. Um nun die Möglichkeit zu bieten die unterschiedlichen Perspektiven zu erfassen, erfolgte eine Aufteilung der Teilnehmer in zwei Gruppen. Nachfolgend werden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen dargestellt. Dabei setzte sich die erste Gruppe überwiegend aus Vertretern von Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes, Energieversorgungsunternehmen und Verbänden zusammen. In der zweiten Gruppe waren überwiegend Energieagenturen und Kammern vertreten.

Für eine Auswertung der Ergebnisse aus dem Workshop sei direkt auf den Teil 5.5.2 verwiesen.

Die Ergebnisse der ersten Workshopgruppe sind anschaulich als Fotodokumentation in Abbildung 5-32 dargestellt.

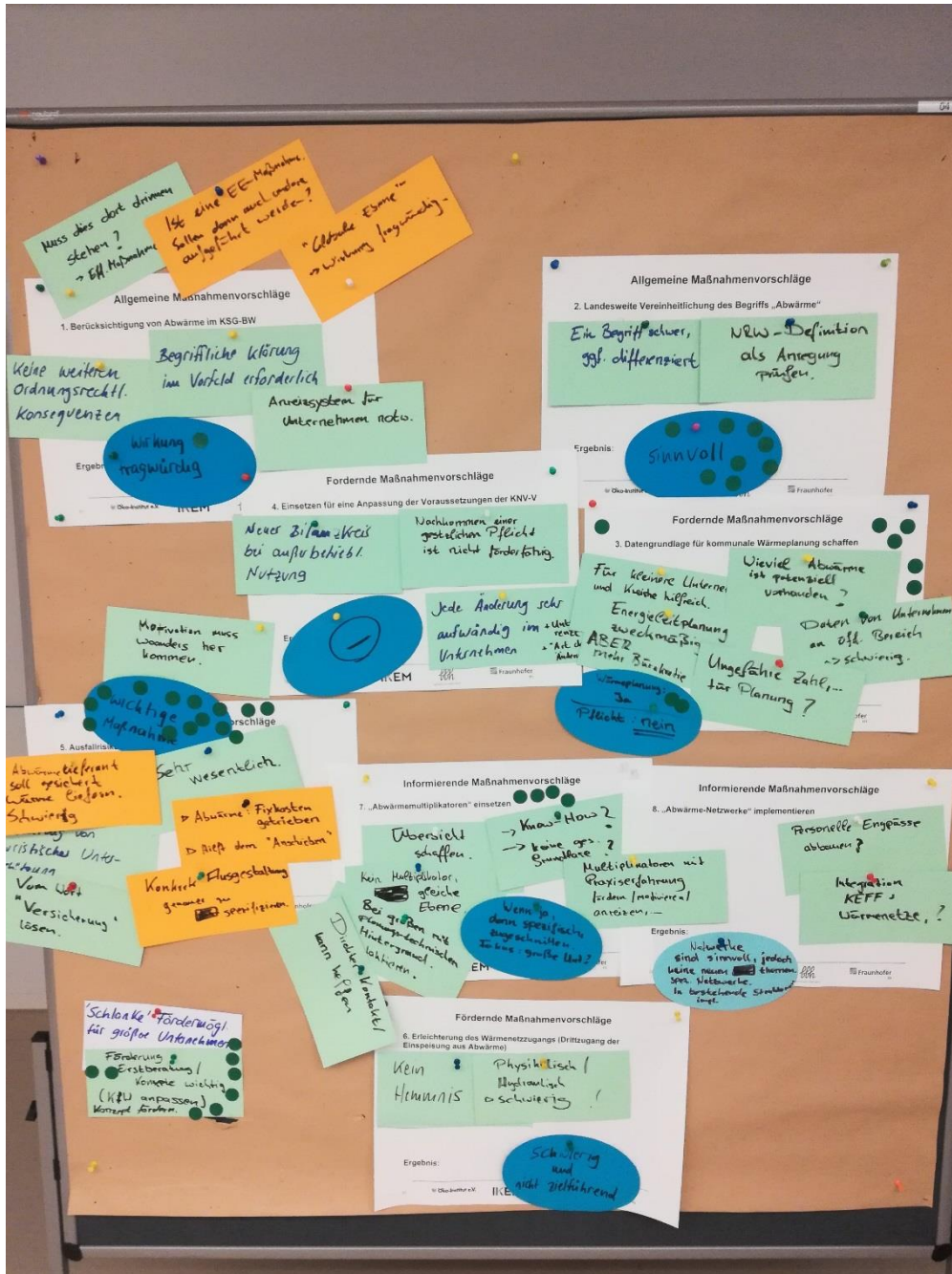


Abbildung 5-32 Ergebnisse der ersten Workshopgruppe

Die Ergebnisse der zweiten Workshopgruppe sind in Abbildung 5-33 dargestellt.

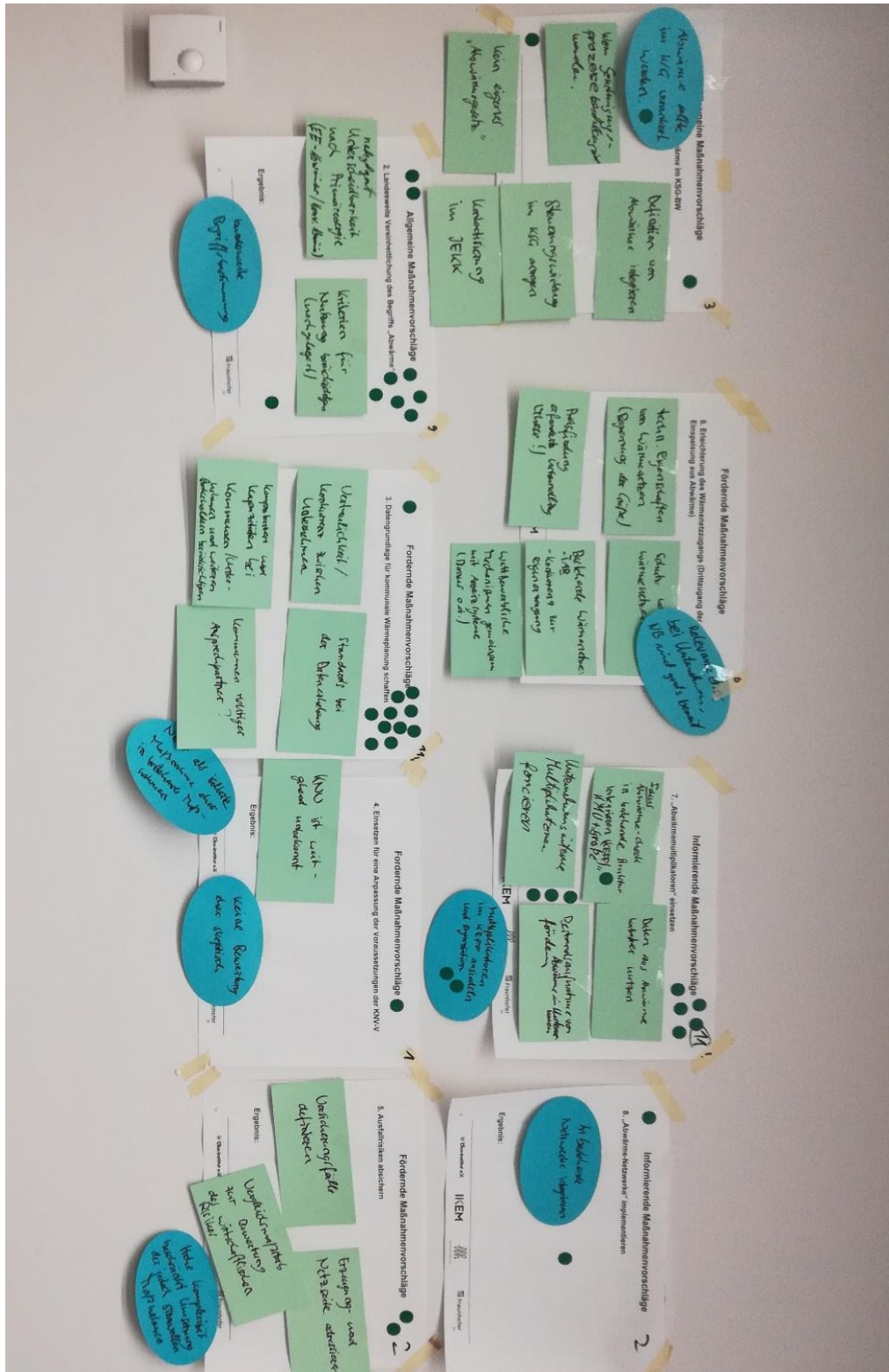


Abbildung 5-33 Ergebnisse der zweiten Workshopgruppe

5.4 Maßnahmenkatalog

- Maßnahmenkatalog wurde verfeinert.

5.4.1 Vorgehen und Kategorisierung

Im Rahmen von Abschnitt 5.4 wurde der Katalog mit den Maßnahmenvorschlägen unter Berücksichtigung des Blickwinkels der Experten aus dem Workshop verfeinert und bündelt somit die Ergebnisse des Projektteams aus der Studienbearbeitung, die Anmerkungen des Umweltministeriums und der befragten Experten.

Der Katalog der Maßnahmenvorschläge spiegelt somit diejenigen Maßnahmen wider, die grundsätzlich geeignet sind, um Abwärmepotenziale zukünftig in Baden-Württemberg stärker zu heben.

Um die Wirkaspekte sowie Vor- und Nachteile der jeweiligen Maßnahmen übersichtlich darzustellen, wurde für die Aufbereitung des Maßnahmenkatalogs die Tabellenform gewählt.

Jede Tabelle enthält Ausführungen zur „Kategorie“ (unmittelbarer/mittelbarer Abwärmebezug), „Herleitung und Maßnahme“, „Vorteil/Wirkung“, „Nachteil“ sowie „sonstiges“.

Eine weitere Zeile gibt an, ob der entsprechende Maßnahmenvorschlag im Expertenworkshop diskutiert wurde, oder ob dieser im Einvernehmen mit dem Umweltministerium ohne die Abfrage der Expertenansicht im Katalog aufgenommen wurde. Die Auswahl, welche Maßnahmen im Workshop zur Diskussion gestellt wurden, wurde insbesondere danach getroffen, ob eine Einschätzung der Experten erforderlich war, um die Wirksamkeit eines Maßnahmenvorschlags zu bewerten.

5.4.2 Der Maßnahmenkatalog

Den folgenden Seiten ist der Maßnahmenkatalog zu entnehmen. Gegliedert sind die Maßnahmen in die Kategorien „allgemein/übergreifend“, „fördern“, „fordern“, „informieren“. Durch die Adressierung dieser verschiedenen Kategorien ist gewährleistet, dass Maßnahmen aus dem gesamten Spektrum politischen Handelns abgeleitet werden. Tabelle 32 listet die Maßnahmen innerhalb der Kategorien zur Übersicht auf.

Tabelle 32: Maßnahmenübericht

Allgemeine / übergreifende Maßnahmen	1. Adressierung von Abwärme im Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg
	2. Einheitliche Begriffsbestimmung für Abwärme anstoßen
	3. Einsatz für die Schaffung eines (Bundes-)Energieeffizienzgesetzes
	4. Entwicklung einer Monitoring-Strategie zur Abwärmenutzung
	5. Implementieren einer Kompetenz: Umweltdaten für Energiefragen
Fordernde Maßnahmen	6. Zielgerichtete Fortschreibung der Voraussetzungen der KNV-V
	7. Datengrundlage für kommunale Wärmeplanung schaffen (mit Fokus auf industrielle Abwärme)
	8. Konkretisierung der energiespar- und effizienzbezogenen Betreiberpflichten nach § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG (TA Effizienz)
	9. Schaffung eines Abwärmegesetzes für Baden-Württemberg
	10. Kosten-Nutzen-Vergleich auch auf Landesebene
Fördernde Maßnahmen	11. Ausfallversicherung bzw. Risikoabsicherung entwickeln/ implementieren
	12. Erleichterung für den Drittzugang zu Wärmenetzen anstoßen
Informative Maßnahmen	13. Multiplikatoren für Abwärmethemen einrichten
	14. Netzwerkanbindungen forcieren und fördern
	15. (Internet-)Kommunikation für Abwärmethemen stärken
	16. Kompetenzzentrum Abwärme beim Umweltministerium einrichten

Allgemeine / übergreifende Maßnahmen

1. Adressierung von Abwärme im Klimaschutzgesetz Baden-Württemberg

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbare</i> m Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Im Klimaschutzgesetz BaWü wird Abwärme nicht definiert und auch nicht eigens adressiert. In anderen Landesklimaschutzgesetzen¹⁵⁰ wird Abwärme besonders adressiert und es werden Grundsätze mit dem Umgang mit Energie festgelegt, von denen auch Abwärme umfasst werden.</p> <p>Solche Grundsätze könnten auch in das KSG-BaWü integriert werden.</p> <p>So ist denkbar, klarzustellen, dass Maßnahmen zur Bedarfs- oder Verbrauchsminderung, wie bspw. Effizienz- bzw. Abwärmemaßnahmen Vorrang vor Maßnahmen haben sollen, die den Primärenergiebedarf erhöhen.</p> <p>Auch ist denkbar, eine „Energiehierarchie“ nach dem Vorbild der „Abfallhierarchie“ nach § 6 KrWG im Gesetz zu verankern. So ist auf einer ersten Stufe der Energie- und Ressourceneinsatz zu vermeiden, auf einer zweiten Stufe sind Energien und Ressourcen, die nicht vermieden werden können, effizient und schonend einzusetzen (bspw. durch Abwärmenutzung) und erst auf einer dritten Stufe ist der Energie- und Ressourceneinsatz zulässig, der weder vermeidbar noch effizient/schonend ist.</p> <p>In Bezug auf Abwärme könnte spezifisch klargestellt werden, dass innerbetrieblichen Abwärmenutzungskonzepte Vorrang vor der außerbetrieblichen Abwärmenutzung haben sollte, insbesondere um Geschäftsmodelle mit Abwärme nicht über Gebühr zu fördern und damit Effizienzziele zu gefährden (lock-in Effekt).</p> <p>Redaktionell/konkret könnte § 5 des bestehenden KSG-BaWü, der den Klimaschutzgrundsatz zum Gegenstand hat, um die genannten Aspekte erweitert werden.</p> <p>Derzeit ist eine Reform des KSG-BaWü im Gange. Dort soll auch ein eigener Paragraph eingeführt werden, der die kommunale Wärmeplanung zu Gegenstand hat. Diesbezüglich wird vorgeschlagen, klarzustellen, dass bei der kommunalen Wärmeplanung auch die industrielle und gewerbliche Abwärme zu berücksichtigen ist.</p>
Vorteil Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Landeskompentenz, derzeit steht Reform des KSG BaWü an, entsprechend könnte hier angeknüpft werden - Vermutlich einfache Umsetzung, da Grundsätze keine unmittelbare Verpflichtung auslösen (gleichzeitig aber auch Nachteil) - Gesetzliche Manifestierung des politischen Willens und Gene-

¹⁵⁰ Vgl. bspw. § 2 Berliner Energiespargesetz (BEnSpG), allerdings mittlerweile außer Kraft oder § 2 des Klimaschutzgesetzes Hamburg.

	rierung einer Vorbildwirkung für das Land Baden-Württemberg
Nachteil	- Tatsächliche Auswirkungen sind schwer zu prognostizieren
Sonstiges/ zu beachten	Immer wieder ist auch die Schaffung eines Klimaschutzgesetzes auf Bundesebene im Gespräch. Diesbezüglich ist ggf. die (konkurrierende) Gesetzgebungskompetenz zu beachten. Gesetzgebungskompetenz der Länder besteht dann nach Art. 72 Abs. 1 GG solange und soweit der Bund nicht von seiner Gesetzgebungskompetenz Gebrauch gemacht hat.
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	Das Land Baden-Württemberg sollte Abwärme im KSG-BaWü adressieren.

.....
Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen
.....

2. Einheitliche Begriffsbestimmung für Abwärme anstoßen

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbare</i> m Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Im Rechtsrahmen und auch bei den Fördermöglichkeiten bzw. Förderprogrammen für Abwärme gibt es keine stringente Verwendung des Begriffs Abwärme. Teilweise wird er definiert, teilweise negativ definiert, teilweise umschrieben und teilweise werden nur die möglichen förderfähigen Maßnahmen aufgezählt (vgl. Tabelle im Anhang)</p> <p>Es könnte für die Thematik der Abwärme(nutzung) vorteilhaft sein, hier Einheitlichkeit zu erzeugen.</p> <p>Da dem Land Baden-Württemberg nur die Kompetenz obliegt, entsprechende Landesgesetze bzw. Förderprogramme und politische Papiere aus dem Land anzupassen, wird vorgeschlagen, zunächst die Begriffsbestimmung zu Abwärme landesweit zu vereinheitlichen.</p> <p>Dem nachfolgend wird vorgeschlagen, dass sich Baden-Württemberg auch für eine bundeseinheitlichen Gleichlauf des Abwärmebegriffs einsetzt.</p> <p>Am umfassendsten und mit der größten juristischen Bindungswirkung für andere Gesetze könnte Abwärme in § 3 des Energiewirtschaftsgesetzes („Begriffsbestimmungen“) definiert werden. Soweit in Spezialgesetzen eine abweichende Definition für erforderlich gehalten wird können auch dort Abweichungen getroffen werden (Bspw. „industrielle Abwärme“ im KWKG)</p>
Vorteil/Wirkung	- Einheitliche Begriffe schaffen einheitliches Verständnis und eine einheitliche Diskussionsgrundlage. Ein einheitliches Begriffsverständnis ist die Basis politischen Handelns.
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Eine Definition ist aufgrund der komplexen Materie schwierig, auch in Bezug auf eine Abgrenzung zur KWK. - Praktisch stellt sich die Frage, welche (rechtlichen) Folgen eine einheitliche Begriffsbestimmung (jedenfalls zwischen EEWärmeG und EWärmeG-BaWü) auslöst, denn ob Abwärmenutzung als Ersatzmaßnahme anerkannt wird (EEWärmeG) oder als erneuerbare Energie anerkannt wird (EWärmeG-BaWü), spielt keine Rolle, da Nutzungspflicht und Ersatzmaßnahme gleichwertig sind.
Sonstiges/zu beachten	<p>Neben den Begriffsbestimmungen aus Politik, Gesetzen und Förderprogrammen (vgl. 6.2 und 6.3) gibt es noch weitere Ansätze zu Begriffsbestimmungen der Materie, die Grundlage für die Vereinheitlichung bilden können.</p> <p>Nach der Energieförderungsverordnung der Schweiz ist Abwärme beispielsweise definiert als „nach dem Stand der Technik nicht vermeidbare Wärmeverluste, die aus Energieumwandlungsprozessen oder aus chemischen Prozessen, beispielsweise in Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA), entstehen, ausgenommen Heizwärme aus Anlagen, welche die gekoppelte Produktion von elektrischer und</p>

	<p><i>thermischer Energie als primäre und gleichrangige Ziele haben</i>¹⁵¹</p> <p>Eine weitere Anregung für eine Definition ist im Folgenden aufgeführt:</p> <p>”</p> <ul style="list-style-type: none"> » „Abwärme Wärme, die in einem Prozess entsteht, dessen Hauptziel die Erzeugung eines Produktes oder die Erbringung einer Dienstleistung (inkl. Abfallentsorgung) oder einer Energieumwandlung ist und dabei als ungenutztes Nebenprodukt an die Umwelt abgeführt werden muss und unter anderen unter eine der folgenden Kategorien fällt: <ul style="list-style-type: none"> » Produktion (z.B. Raffinerien, Stahlverarbeitung, Chemische Industrie) » Dienstleistung (z.B. Rechenzentren, Wäscherein, Datenverarbeitung, Kühlhäuser, Abwasser) » Abfallentsorgung (z.B. Thermische Abfallentsorgung, Schließung von innerbetrieblichen Stoffkreisläufen) » Energieumwandlung (z.B. Kondensationskraftwerke, Abgaswärme) » INFORMATIVER EINSCHUB: Es wird empfohlen, die Kategorien der oben genannten Erläuterung zu verwenden, da diese nach Meinung der AGFW-Mitglieder den größten Teil der möglich erscheinenden Abwärmequellen beinhaltet. Die Aufzählungen innerhalb der Klammern sind nicht als abschließende Beispielliste zu verstehen, sondern dienen lediglich zur Erörterung.¹⁵²
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Landesweit Abwärmebegriff einheitlich definieren - Zur bundesweiten Vereinheitlichung in Abstimmung mit dem BMWi treten

¹⁵¹ Vgl. Art. 2 Bst e. der schweizerischen Energieförderungsverordnung. Im Internet abrufbar unter: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20162947/index.html>

¹⁵² In einem Arbeitskreis im Rahmen des Projektes „NENIA“ diskutierte Definition. Die Definition wurde von einem Teilnehmer des Arbeitskreises von der AGFW freundlicherweise weitergeleitet.

3. Einsatz für die Schaffung eines (Bundes-)Energieeffizienzgesetzes

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde nicht im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Gesetze und andere Rechtssätze, die Energieeffizienz, adressieren sind weit verstreut und kaum aufeinander abgestimmt. Ansatz könnte es sein, ein umfassendes Rahmengesetz zur Energieeffizienz zu schaffen, welches grundsätzliche Vorgaben und Aspekte zur Energieeffizienz trifft. Da Abwärmenutzung dem Bereich der Energieeinsparung bzw. der Energieeffizienz zuzuordnen ist, könnte mittelbar auch die Abwärmenutzung von einem Energieeffizienzgesetz profitieren Kompetenzrechtlich und sinnvollerweise kann dies jedoch nur auf Bundesebene geschehen.</p> <p>Im Einzelnen könnten folgende Aspekte aufgegriffen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bündelung des energieeffizienzrelevanten Rechtsbestands in einem EnEffG; - Gesetzliche Verankerung des „Efficiency first“-Prinzips und einer „Effizienzhierarchie“ - Festlegung von Effizienzzielen und Ermächtigung zur Aufstellung eines Energieeffizienzplans zur Durchsetzung der Ziele - Schnüren von Maßnahmenpaketen mit breitem Instrumentenmix (finanzielle Förderung und Gegenfinanzierung, Ordnungsrecht, steuerliche Anreize, Vorbildfunktion der öffentlichen Hand) - Überprüfung der Zielerreichung durch festgelegtes Monitoringverfahren
Vorteil Wirkung	<p>Das Efficiency-first-Prinzip könnte bspw. im Sinne einer Effizienzhierarchie umgesetzt werden:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Energie- und Ressourceneinsatz ist zu vermeiden (bspw. durch optimierte Prozesse, Dämmmaßnahmen. 2. Energien und Ressourcen, die nicht vermieden werden können, sind effizient, sinnvoll und schonend einzusetzen (beispielsweise durch Abwärmenutzung) 3. Energien und Ressourcen, die weder vermeidbar sind, noch wegen technischer, wirtschaftlicher oder politischer Restriktionen sinnvoll eingesetzt werden können, dürfen ausnahmsweise ungenutzt bleiben. <p>(Hierarchie ist angelehnt an Abfallhierarchie aus § 6 Abs. 1 KrWG)</p>
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund der Bundesgesetzgebungskompetenz ist der Handlungsspielraum für BaWü eingeschränkt - voraussichtlich hoher und ressortübergreifender Abstimmungsbedarf
Sonstiges/ zu beachten	Keine echte Abwärme-Maßnahme sondern für Energieeffizienz insgesamt.
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen, da ein (Bundes-)Energieeffizienzgesetz grundsätzlich geeignet ist, die verstärkte Nutzung von Abwärme anzureizen.

Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Da es sich um keine abwärmespezifische Maßnahme handelt und es dem Land Baden-Württemberg an der Gesetzgebungskompetenz fehlt, ist dieser Maßnahmenvorschlag für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme nicht geeignet.
---------------------------------------	--

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

4. Entwicklung einer Monitoring-Strategie zur Abwärmenutzung

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbare</i> m Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde nicht im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Das Land Baden-Württemberg strebt an, im Rahmen eines Landeskonzeptes die Abwärmenutzung zu forcieren und Abwärme zu einem relevanten Energieträger auszubauen. Die Grundlage dafür bilden Ausbauziele und Entwicklungspfade sowie ein Set an Maßnahmen zur Unterstützung der Abwärmenutzung.</p> <p>Um eine erfolgreiche Umsetzung des Landeskonzeptes zu gewährleisten und mögliche Abweichungen vom Zielpfad zeitnah zu erkennen und durch geeignete Maßnahmen gegensteuern zu können, ist ein Monitoringkonzept zur Erfassung der Entwicklungen erforderlich. Dazu sind regelmäßige Erhebungen zur Umsetzung von Maßnahmen in Unternehmen notwendig.</p> <p>Es können dazu bestehende Daten genutzt werden (s. nachfolgende Maßnahme) sowie weitere Daten erhoben werden. Insbesondere wird empfohlen, eine Schnittstelle mit dem Monitoring der Bundesförderung zu schaffen, die eine regelmäßige Weitergabe der Einsparungen durch die in Baden-Württemberg durchgeführten Maßnahmen ermöglicht.</p> <p>Um eine möglichst effiziente Abwicklung des Monitorings zu erreichen empfiehlt es sich, ggf. Lösungen gemeinsam mit den KEFFS oder anderen bestehenden Strukturen zu entwickeln (Synergieeffekte).</p>
Vorteil Wirkung	Ein regelmäßiges Monitoring ist eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung eines Landeskonzeptes zur Abwärmenutzung.
Nachteil	Die Umsetzung der Maßnahme ist mit Kosten verbunden für die Konzeptentwicklung sowie die Erhebung und Auswertung der Daten. Durch Nutzung von Synergieeffekten können die fortlaufenden Kosten reduziert werden.
Sonstiges/ zu beachten	Abstimmung mit den Monitoringprozessen zu Energiewende und IEKK
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	Indikatoren samt deren Ausgangs- und Zielwerte festlegen.

5. Implementieren einer Kompetenz: Umweltdaten für Energiefragen

Kategorie	Maßnahme mit mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde nicht im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Im Rahmen des durchgeführten Projektes wurden Emissionsberichte ausgewertet, die im Rahmen der Emissionserklärungsverordnung (11. BImSchV) an die Landesumweltämter gemeldet werden. Die Auswertung dieser Berichte war zur Indikation von Abwärmepotenzialen in BW hilfreich.</p> <p>Gegenebenfalls liegen weitere Berichte oder Daten in den Landesumweltämtern oder weiteren Stellen vor, die für klima- und energie-relevante Fragen ausgewertet werden könnten. Zur Ermittlung und Strukturierung dieser Daten im Kontext klima- und energierelevanter Fragestellungen scheint es jedoch keinen fest etablierten Prozess zu geben. In dem Projekt wurden die Daten auf Anfrage in der entsprechenden Behörde beschafft.</p> <p>Die Etablierung einer Kompetenz beim Umweltministerium, oder in nachgelagerten Behörden könnte hier Abhilfe schaffen. Aufgabe der Kompetenz könnte es sein, zunächst Wissen über in den Ämtern vorliegende Berichte und Daten zu sammeln und zu kategorisieren. Zudem könnte bewertet werden, inwieweit die vorhandenen Daten und Berichte für klima- und energierelevante Fragestellungen ausgewertet werden könnten. In diesem Zuge könnten die vorhandenen Daten auch im Hinblick auf Qualitätsmerkmale (bspw. Vollständigkeit) überprüft werden. Des Weiteren könnten Verbesserungsvorschläge zur Erhebung, Speicherung und Auswertung der Daten erarbeitet werden. Ferner sollte die Kompetenz weitere Dienste mit Daten versorgen, oder zusätzliche Dienste etablieren, wie bspw. der Bereitstellung von Abwärmedaten für den Energieatlas.</p> <p>Insgesamt hätte die Etablierung einer Kompetenz in dem Bereich den Vorteil, dass ggf. Skaleneffekte erzielt werden (bspw. könnten Aspekte des Datenschutzes für bestimmte Daten einmalig bearbeitet werden). Ggf. könnten auch längerfristig angelegte Trendanalysen durchgeführt werden, die Entscheidungsgrundlagen im Umweltministerium verbessern.</p>
Vorteil Wirkung	Erfassung hilfreicher Informationen für Entscheidungen und als Datengrundlage für erweiterte Dienste wie den Energieatlas.
Nachteil	Die Umsetzung der Maßnahme ist mit Kosten verbunden.
Sonstiges/zu beachten	
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme nicht geeignet, da die Kompetenz bewusst nicht nur nach abwärmerelevanten Daten suchen soll, sondern die gesamte Bandbreite energie- und klimapolitischer Fragestellungen mit Informatio-

	nen versorgen soll.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Definition eines Kompetenz- und Aufgabenprofils - Verankerung der Kompetenz innerhalb der Organisationsstruktur - Etablierung von Meilensteinen zur Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahme: Welche zusätzlichen Erkenntnisse wurden im letzten Jahr erarbeitet? usw.

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Fordernde Maßnahmen

6. Zielgerichtete Fortschreibung der Voraussetzungen der KNV-V

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbare</i> m Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Der Anwendungsbereich der KNV-V erfasst direkt Abwärmenutzungskonzepte. Gleichzeitig ist der Anwendungsbereich der Verordnung aber relativ eingeschränkt und es bestehen umfangreiche Ausnahmegesetze. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse spielt – jedenfalls in Baden-Württemberg – in der Praxis nur eine sehr untergeordnete Rolle.</p> <p>Zur Stärkung der Wirkkraft der KNV-V könnte zunächst angedacht werden, den Verordnungsvollzug auf Landesebene zu stärken, beispielsweise durch verstärktes Hinterfragen und Prüfen der Angaben zu den Ausnahmetatbeständen sowie durch den dafür erforderlichen Aufbau zusätzlicher Prüf- und Kontrollkapazitäten.</p> <p>Daneben könnte angedacht werden, den Anwendungsbereich der KNV-V zu erweitern oder die Voraussetzungen der Ausnahmetatbestände einzugrenzen. Stellschrauben, an denen sich drehen lässt, um dies zu erreichen sind die Folgenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beispielsweise könnte der Anwendungsbereich der KNV-V nicht nur bei der Errichtung oder erheblichen Modernisierung entsprechende Anlagen nach § 1 KNV-V eröffnet sein, sondern bereits, wenn eine Anlagenänderung zum Bedarf einer Änderungsgenehmigung nach § 16 BImSchG führt. - Es könnte der Kosten-Nutzen-Vergleich-auslösende Begriff der „erheblichen Modernisierung“ enger gefasst werden, § 4 Abs. 2 i. V. m. § 2 Nr. 7 KNV-V („Wesentliche Änderung, deren Kosten mehr als 50 Prozent der Investitionskosten für eine neue vergleichbare Anlage betragen. - Der Schwellenwert der Ausnahmegesetz, dass kein KNV durchzuführen ist, wenn die verfügbare nutzbare Abwärme weniger als 10MW beträgt, könnte herabgesetzt werden, § 3 Abs. 5 Nr. 1. - Der Schwellenwert der Ausnahmegesetz, dass kein KNV durchzuführen ist, wenn die Wärmenachfrage weniger als 10 MW beträgt, könnte herabgesetzt werden, § 3 Abs. 5 Nr. 2.
Vorteil/Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Bei Vollzugsstärkung ist davon auszugehen, dass den bestehenden Anforderungen der KNV-V stärker nachgekommen wird. Hier liegt die Kompetenz grundsätzlich beim Land. - Durch eine Erweiterung des Anwendungsbereichs der KNV-V ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Anlagenzahl, welche die Verordnung adressiert, ansteigt. Entsprechend würden auch mehr Anlagen unter den Kosten-Nutzen-Vergleich fallen.
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Kompetenz für eine Erweiterung des Anwendungsbereichs liegt beim Bund.
Sonstiges/zu beachten	<ul style="list-style-type: none"> - Im Rahmen des Expertenworkshops wurde der Maßnahmenvorschlag der Ausdehnung des Anwendungsbereichs der KNV-V insbesondere von Unternehmen und Verbänden zum Teil stark

	kritisiert. Zu beachten gilt es auch bei ordnungsrechtlichen Instrumenten stets, dass solche Instrumente eher wirksam sind, wenn eine gewisse Akzeptanz bei den Verpflichteten besteht.
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird insbesondere aufgrund der zu beachtenden Aspekte eingeschränkt empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme insbesondere hinsichtlich Erweiterung aufgrund der zu beachtenden Aspekte eingeschränkt geeignet. Der Aspekt Stärkung des Vollzugs erscheint mehr geeignet.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Bedarf und Grundlagen für ein landesinternes Konzept zur Vollzugsstärkung ermitteln - Bezüglich der Änderung der KNV-V bedarf es einer Initiative des Landes auf Bundesebene

7. Datengrundlage für kommunale Wärmeplanung schaffen (mit Fokus auf industrielle und gewerbliche Abwärme)

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Ansatzpunkt dieser Maßnahme ist es, dass durch Kommunen eine stärkere Auseinandersetzung mit der Planung der Wärmeversorgung, der Wärmeübertragung und des Wärmeverbrauchs erfolgt. Diese Maßnahme adressiert nicht nur die Abwärme, sondern sinnvoller Weise jede Form der kommunalen Wärmeversorgung. Abwärme als ein Baustein möglicher Wärmeversorgung kann aber mittelbar davon profitieren.</p> <p>Kommunen sind Kraft ihrer kommunalen Selbstverwaltungsgarantie zur Aufstellung von Wärmeplänen berechtigt (Art. 28 II GG). Für große Kreisstädte und Stadtkreise ist im Rahmen der Novelle des Klimaschutzgesetzes Baden-Württemberg eine Verpflichtung vorgesehen (noch nicht umgesetzt).</p> <p>Planung erfordert aber das Vorhandensein bzw. die Kenntnis von planungsrelevanten Daten. Bislang mangelt es den Kommunen regelmäßig an solchen Daten.</p> <p>Ansatz könnte es sein, den Kommunen einen Anspruch auf Übermittlung energiewirtschaftlich relevanter Daten zu gewähren. Vorbild könnte § 7 EWKG-SH¹⁵³ sein.</p> <p>Danach müssen von Unternehmen, öffentlichen Einrichtungen etc. viele Daten zum Wärmebedarf und Wärmeerzeugung an die Kommune übermittelt werden. Auf der Basis kann dann die Wärmeversorgung geplant werden, bspw. Abwärmequellen identifiziert und Wärmenetze geplant werden.</p> <p>Auch Thüringen geht mit dem Gesetzentwurf zum Thüringer Klimagesetz¹⁵⁴ den Weg einer Stärkung der kommunalen Wärmeplanung und legt mit dem Instrument des intendierten Ermessens („soll“-Vorschrift) nach § 8 Abs. 3 ThürKlG-E fest, dass eine Wärmeanalyse als Mindestanforderung eine grobe Einschätzung der im jeweiligen Gemeindegebiet anfallenden Wärmeenergiebedarfe und -quellen, einschließlich Abwärme, beinhalten soll. Auch werden nach § 8 Abs. 4 ThürKlG-E Energie-, Gewerbe-, Industrie- und Landwirtschaftsunternehmen sowie öffentliche Stellen verpflichtet, den Gemeinden und Landkreisen zur Erstellung der Klimastrategien sowie Wärmean-</p>

¹⁵³ Energiewende- und Klimaschutzgesetz Schleswig-Holstein – EWKG <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=EWKSG+SH+%C2%A7+1&psml=bssshoprod.psml&max=true>

¹⁵⁴ Im Internet abrufbar unter: <http://www.parldok.thueringen.de/ParlDok/dokument/65279/th%C3%BCringer-gesetz-zum-klimaschutz-und-zur-anpassung-an-die-folgen-des-klimawandels-th%C3%BCringer-klimagesetz-th%C3%BCrklimag-.pdf>

	<p>analysen und -konzepte nach den Absätzen 2 und 3 auf Anforderung erforderliche und verfügbare Energiedaten zu übermitteln.</p> <p>Dieser Maßnahmenvorschlag und auch der, der eine „Adressierung von Abwärme im KSG-BaWü“ nahelegt, machen deutlich, dass die einzelnen Bundesländer stark unterschiedliche Regelungstiefen in ihren jeweiligen KSG verankert haben. Einige Länder haben auch gar kein KSG.</p> <p>Entsprechend könnte es Sinn ergeben, wenn hier eine Abstimmung zwischen den jeweiligen Bundesländern in Bezug auf die klimaschützende Gesetzgebung erfolgen würde. Dadurch wären die Chancen einer bundesweiten Diffusion der gesetzlichen Ziele und Instrumente erhöht und es könnten Skaleneffekte bspw. bei der Wärmeplanung zur Geltung kommen.</p> <p>Ansatzpunkte bzgl. einer solchen föderalen Abstimmung könnten informeller oder auch formeller Natur sein, bspw. in Form eines gemeinsamen Erlasses eines „Musterklimaschutzgesetzes“, das ähnlich wie die „Musterbauordnung“ oder die Bestrebungen eines „Musterpolizeigesetzes“ Mindestanforderungen an die gesetzlichen Regelungen enthält.</p> <p>Zu berücksichtigen ist, dass sowohl Bauordnungsrecht als auch Polizeirecht originäre Landeskompetenzen sind. Die Klimaschutzgesetzgebung ist hingegen eine Querschnittsmaterie ohne eigene Verwaltung und der konkurrierenden Gesetzgebung zuzuordnen. Insofern sind auch die Pläne eines Bundes-Klimaschutzgesetzes im Blick zu behalten und sich ggf. dort für eine Einheitlichkeit einzusetzen.</p>
Vorteil / Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Landeskompetenz, derzeit steht Reform des KSG BaWü an, entsprechend könnte hier angeknüpft werden - Daten zu Wärmebedarf und Wärmequellen sind Voraussetzung bzw. Vehikel zur Wärmeplanung
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Unternehmen und Industriebetriebe verfügen ggf. nicht über umfassendes Wissen bzgl. ihrer Verbräuche/Erzeugung/Abwärme und sind so ggf. nicht in der Lage, diese der Kommune zu übermitteln oder wollen diese aus unterschiedlichen (z.T. auch nachvollziehbaren) Gründen nicht preisgeben. Ansatz daher ggf. kombinieren mit Anreizinstrumenten wie bspw. einer geförderten Erstberatung Abwärmenutzung (In Baden-Württemberg bereits erfolgt)
Sonstiges/ zu beachten	<ul style="list-style-type: none"> - Unternehmen und Verbände haben im Rahmen des Expertenworkshops in Bezug auf eine verpflichtende Datenbereitstellung zum Teil erhebliche Kritik geäußert. Zu beachten gilt es auch bei ordnungsrechtlichen Instrumenten stets, dass solche Instrumente eher wirksam sind, wenn eine gewisse Akzeptanz bei den Verpflichteten besteht. - Es kann auch die Gefahr bestehen, dass die gesammelten Daten von der Kommune an (ggf. kommunale) Energieversorger, zum Beispiel an einzelne Gasnetzbetreiber oder Fernwärmeunternehmen weitergegeben werden, die daraufhin gezielt Haushalte anschreiben und mit einem Gasnetzanschluss werben (über solche „Geschäftsmodelle“ wird jedoch nachgedacht)

	<ul style="list-style-type: none"> - Das Problem kann auf zwei Wege adressiert werden <ol style="list-style-type: none"> 1. Im Gesetz ein Weitergabeverbot der Daten aufnehmen oder 2. Die Daten direkt öffentlich machen und damit allen Unternehmen (WP-Hersteller, Gasversorger, Fernwärmeversorger...) die Möglichkeit geben, Kunden von ihrem Produkt zu überzeugen. Weiterer Klärungsbedarf besteht folgend im Datenschutzrecht. Dürfen bspw. Haushalte anlasslos angeschrieben werden? Handelt es sich bei der Heiztechnologie um personenbezogene Daten i. S. d. DSGVO?
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird aufgrund der dargestellten Nachteile und der zu beachtenden Aspekte eingeschränkt empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme aufgrund der dargestellten Nachteile und der zu beachtenden Aspekte eingeschränkt geeignet
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Rechtsgrundlage für Recht auf Datenbeschaffung vertieft prüfen - Datenschutz klären/prüfen

8. Konkretisierung der energiespar- und effizienzbezogenen Betreiberpflichten nach § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG (TA Effizienz)

Kategorie	Maßnahme mit mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde nicht im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>§ 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG enthält eine umfassende, aber recht unscharfe Pflicht zur sparsamen und effizienten Energieverwendung. Abwärme wird von der Betreiberpflicht zwar umfasst, anders als im Bereich der luftverunreinigenden Stoffe (TA-Luft) oder der Lärmemissionen (TA-Lärm) bestehen aber keine normkonkretisierenden Verwaltungsvorschriften im Bereich der Energieeffizienz und der Abwärmenutzung.</p> <p>Ansatz könnte neben der Stärkung des Vollzugs sein, diese Betreiberpflicht stärker zu konkretisieren, indem eine „TA-Effizienz“ geschaffen wird, die auch Abwärme zum Gegenstand hat.</p>
Vorteil/ Wirkung	Durch eine Konkretisierung der immissionsschutzrechtlichen Betreiberpflichten könnten immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen umfassend im Hinblick auf Energieeinsparung und Energieeffizienz optimiert werden.
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Maßgebliche Herausforderung dürfte sein, dass eine Verwaltungsvorschrift rechtsverbindliche Außenwirkung nur entfaltet, wenn sie die entsprechende Norm konkretisiert und nicht nur interpretiert. Zur Konkretisierung ist ein Mindestmaß an messbaren bzw. nachprüfbaren Werten bzw. eine gewisse Maßstäblichkeit erforderlich. Bei der Schaffung eines Regelwerks, das § 5 Abs. 1 Nr. 4 BImSchG konkretisiert, wird die praktische Schwierigkeit darin liegen, Werte zu bestimmen, die zur Förderung von Energieeffizienz gleichermaßen geeignet, aber auch verhältnismäßig sind. Absolute Grenzwerte (wie bei der TA-Lärm) sind wohl nur schwer umsetzbar, da der Energieverbrauch je nach Branche, Betriebsart und -größe variiert, die konkreten Energieeinsparpotenziale schwer konkret zu benennen sind. - Entsprechend ist voraussichtlich mit einer langen Umsetzungsdauer zu rechnen. - Nach der Systematik des BImSchG sind Betreiberpflichten dynamisch. Entsprechend wären davon auch Bestandsanlagen betroffen, was u.U. wirtschaftlich kaum zu stemmen sein dürfte (lässt sich aber auch einschränken). - Keine europäische Anknüpfung im Hinblick auf Energieeffizienz im Prozess. Grundsätzlich wäre es erstrebenswert „technische“ Regelwerke, die so tief in die Produktionsstruktur eingreifen, auf Basis europäischer Gesetzgebungen abzuleiten.
Sonstiges/ zu beachten	Im Vergleich zu den im Rahmen der EU-Ökodesignrichtlinie definierten produktbezogenen Energieeffizienzmindeststandards ist eine Betrachtung von Anlagen und Produktionssystemen aufgrund der großen Heterogenität deutlich komplexer.

Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird aufgrund der Komplexität der Kennzahlenermittlung eingeschränkt empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme nicht geeignet, da insbesondere er nicht nur Abwärme adressiert und darüber hinaus stärkere Wirkung entfaltet, wenn er auf Bundes- oder sogar europäischer Eben umgesetzt wird.

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

9. Schaffung eines Abwärmegesetzes für Baden-Württemberg

 Arbeitspaket 5: Entwicklung von
 Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbarem</i> Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Ein eigenes Gesetz, welches sich konkret auf Abwärme fokussiert, besteht weder auf Bundes- noch auf Landesebene.</p> <p>Ansatz könnte sein, dass Baden-Württemberg als erstes Land ein solches Gesetz einführt.</p> <p><u>Gesetzgebungskompetenz:</u></p> <p>Erste Voraussetzung ist, dass das Land Baden-Württemberg die Kompetenz hat, ein solches Gesetz zu erlassen. Dies richtet sich nach den grundgesetzlichen Bestimmungen der Art. 70 ff. GG.</p> <p>Abwärme bzw. die Abwärmenutzung ist der Materie der Energieeffizienz bzw. Energieeinsparung zuzuordnen. Eine ausschließliche Gesetzgebungskompetenz des Bundes für diesen Bereich ist nicht gegeben, Art. 73 GG.</p> <p>Die Materie lässt sich vielmehr Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG zuordnen. Denn dieser Kompetenztitel der konkurrierenden Gesetzgebung umfasst das Recht der Wirtschaft, welches die Energiewirtschaft mit den Bereichen der Energiegewinnung und -verteilung aller Energien und Energieträger, einschließlich der Energiepreise und -leitungen, der Sicherung der Energieversorgung und der <i>Energieeinsparung</i> einschließt.¹⁵⁵</p> <p>Nach Art. 72 Abs. 2 GG ist beim Kompetenztitel des Art. 74 Abs. 1 Nr. 11 GG eine Erforderlichkeitsprüfung dahingehend durchzuführen, ob die Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse im Bundesgebiet oder die Wahrung der Rechts- oder Wirtschaftseinheit im gesamtstaatlichen Interesse eine bundesgesetzliche Regelung erforderlich macht. Wird dies verneint, bleibt es beim Grundsatz nach Art. 72 Abs. 1 GG, dass die Länder im Bereich der konkurrierenden Gesetzgebung zuständig sind, solange und soweit der Bund von seiner Gesetzgebungskompetenz nicht Gebrauch gemacht hat.</p> <p>Bei der Adressierung baden-württembergischer Unternehmen dürften erkennbar nicht die Gleichwertigkeit der Lebensverhältnisse betroffen sein.</p> <p>Die Wahrung der Rechts- oder Wirtschaftseinheit ist nach der Rechtsprechung des BVerfG erst dann betroffen, wenn eine Gesetzesvielfalt auf Länderebene besteht, die eine Rechtszersplitterung mit problematischen Folgen darstellt, die im Interesse sowohl des Bundes als auch der Länder nicht hingenommen werden kann.¹⁵⁶</p>

¹⁵⁵ Pieroth, in: Jarass/Pieroth, Grundgesetz, 13. Aufl. 2014, Art.74 Rn. 25 m.w.N.

¹⁵⁶ BVerfGE 106, 62.

Bislang wird Abwärme konkret auf landesgesetzlicher Ebene nicht adressiert. Eine Rechtszersplitterung, deren Folgen weder auf Bundes- noch auf Landesebene nicht hingenommen werden kann, ist im Hinblick auf die Begrenztheit der Materie auch grundsätzlich nicht zu befürchten.

Die „Wahrung der Wirtschaftseinheit“ liegt im gesamtstaatlichen Interesse, wenn es um die Erhaltung der Funktionsfähigkeit des Wirtschaftsraums der Bundesrepublik durch bundeseinheitliche Rechtssetzung geht.¹⁵⁷

Es ist nicht ersichtlich, dass durch die Adressierung von Abwärme auf Landesebene die Funktionsfähigkeit des Wirtschaftsraums gefährdet ist, eine konkrete Einordnung dürfte aber von der spezifischen inhaltlichen Gesetzesmaterie abhängen. So ist denkbar, dass ein Gesetz derart stark regulierend eingreift, dass der marktwirtschaftliche Wettbewerb in ganz Deutschland bedroht ist. Entsprechend hängt die Gesetzgebungskompetenz von der konkreten inhaltlichen Gesetzesausgestaltung ab.

Wie bereits erwähnt, sind im Rahmen der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz die Länder nach Art. 72 Abs. 1 GG, nur solange und soweit zuständig, wie der Bund von seiner Gesetzgebungskompetenz nicht Gebrauch gemacht hat.

Ein mögliches Abwärmegesetz-BaWü könnte regelungstechnisch wie folgt aufgebaut sein:

§ 1 Zweck (und Ziel) des Gesetzes:

Zwecke könnten sein:

die Energieeinsparung in Unternehmen im Interesse des Klima- und Umweltschutzes und die Förderung einer nachhaltigen und verantwortungsvollen Unternehmenskultur in Baden-Württemberg im Rahmen des wirtschaftlich Vertretbaren.

Ziel kann es sein, Sensibilität bei den Unternehmen in Bezug auf Abwärmepotenziale und deren wirtschaftliche Nutzung zu erzeugen.

Es können auch politische Einsparungsziele bzw. Ausbaupfade in Bezug auf Abwärmenutzung gesetzlich verankert werden

§ 2 Anwendungsbereich:

Hier gilt es den Adressatenkreis zu benennen. Es ist konkret zu bestimmen, welche Unternehmen von den Bestimmungen des Gesetzes betroffen sein sollen. Größte Wirkung entfaltet das Gesetz, wenn nicht nur Neuerrichtungen, sondern auch Bestandsanlagen in Unternehmen berücksichtigt werden.

§ 3 Begriffsbestimmungen

Hier wären relevante Begriffe zu definieren wie:

¹⁵⁷ BVerfGE 106, 62.

- Abwärme (beachte aber die bereits bestehenden- und divergierenden - gesetzlichen Begriffsbestimmungen zu Abwärme)
- Unternehmen (insbesondere im Hinblick auf die Behandlung bei verschiedenen Unternehmensstandorten)
- Ggf. Begriffe aus den verschiedenen Instrumenten

§ 4 Grundsatz

Hier könnte festgelegt werden, dass

1. Abwärmenutzungsmaßnahmen und Maßnahmen zur Wärmerückgewinnung, die zu Bedarfs- und Verbrauchsminderung führen, sollen Vorrang vor Maßnahmen haben, die den Einsatz von Primärenergie erhöhen.
2. Innerbetriebliche Abwärmenutzungsmaßnahmen sollen vorrangig vor außerbetrieblichen Abwärmenutzungsmaßnahmen durchgeführt werden

§ 5 Vorbildfunktion öffentlicher Unternehmen

Hier könnte festgelegt werden, dass öffentlichen Unternehmen im Rahmen des Zwecks und Ziels nach § 1 eine besondere Vorbildfunktion zukommt

§ 6 Instrumente

Hier könnten verschiedene Instrumente zur Stärkung der Abwärmenutzung aufgenommen werden, beispielsweise auch ordnungsrechtlicher Art wie unter Maßnahme 10 beschrieben.

§ 8 Fördermaßnahmen

In einem Abwärmegesetz-BaWü könnten auch Grundlagen für Förderprogramme zur Abwärmenutzung integriert werden. Bei einer Kombination aus ordnungsrechtlichen Geboten und Fördermaßnahmen ist jedoch erhöhte Sensibilität geboten. Denn grundsätzlich dürfen obligatorische Verpflichtungen nicht zusätzlich gefördert werden. Dies ergibt sich aus dem Subsidiaritätsprinzip nach § 23 der Landeshaushaltsordnung für Baden-Württemberg (LHO-BaWü). Entsprechend gilt es, die Fördermaßnahmen insbesondere auf überobligatorische Pflichterfüllungen zu fokussieren.

§ 9 Monitoring

Zur effektiven Durchsetzung eines gesetzlichen Handlungsinstrumentes bedarf es grundsätzlich einer Evaluierung und Kontrolle, auch um im Nachgang an möglichen Stellschrauben drehen zu können, um die Effektivität zu erhöhen

§ 10 Bußgeldvorschriften

Ordnungsrechtliche Instrumente entfalten ihre lenkende Wirkung

	grundsätzlich nur, wenn negative Folgen an die Nichteinhaltung der ordnungsrechtlichen Vorgaben geknüpft sind. Entsprechend sollte (jedenfalls nach einer negativ ausfallenden Evaluierung) über die Einführung auch von bußgeldauslösenden Ordnungswidrigkeitentatbeständen nachgedacht werden.
Vorteil/ Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Die Gesetzgebungskompetenz liegt – wie erörtert- beim Land Baden-Württemberg - Ein Abwärmegesetz kann modular aufgebaut werden. Es ist denkbar, auch zunächst nur den Grundsatz (§ 4) und die Vorbildfunktion für öffentliche Unternehmen (§ 5) zu normieren und sukzessive ordnungsrechtliche Instrumente beizufügen. (Zu berücksichtigen ist dabei natürlich, dass sich grundsätzlich die Wirkung mit „rechtlichem Druck“ erhöht. - Ein Abwärmegesetz verdeutlicht die Vorreiterstellung Baden-Württembergs, hat Vorbildcharakter für andere Länder und kann an die Erfolge des EWärmeG-BaWü anknüpfen
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Abwärme stellt letztlich eine Untermaterie der Energieeffizienz bzw. Energieeinsparung dar. Die isolierte Regelung einzelner Effizienz- bzw. Einsparungsaspekte birgt die Gefahr der Aufweitung der Regelungslandschaft. - Auch ist eine Vielzahl der abwärmerlevanten Aspekte bereits in anderen Gesetzen und Verordnungen geregelt (bspw. EE-WärmeG, EWärmeG-BaWü, KWKG) auf die das Land Baden-Württemberg aufgrund der Gesetzgebungskompetenzen zum Teil nur eingeschränkten Einfluss hat. Entsprechend besteht die Gefahr, dass sich die Wirkung eines Abwärmegesetzes BaWü, in der Zielfestlegung, dem Monitoring und dem Festschreiben von Grundsätzen mit dem Umgang mit Abwärme, erschöpft. Diese Wirkungen könnten jedoch grundsätzlich auch über ein (Bundes-)Energieeffizienzgesetz (vgl. Maßnahme 3) oder die Adressierung von Abwärme im KSG-BaWü (vgl. Maßnahme 1) adressiert werden.
Sonstiges/ zu beachten	
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird aufgrund der dargestellten Nachteile nicht empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme ebenfalls aufgrund der dargestellten Nachteile nicht geeignet.

10. Kosten-Nutzen-Vergleich auch auf Landesebene

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbare</i> m Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Es wurde herausgearbeitet, dass die KNV-V auf Bundesebene nur eingeschränkte Wirkung entfaltet (Vgl. Maßnahme 6).</p> <p>Entsprechend könne angedacht werden, den Regelungsbereich mittels landesrechtlicher Normierung zu erweitern.</p> <p>Regelungsziel eines solchen Gesetzes könnte es zunächst sein, dass insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen in Baden-Württemberg zu einer verstärkten Reflektion ihrer Abwärmepotenziale animiert werden. Es könnte weiterhin – in Anlehnung an die Regelung der KNV-V – ein Kosten-Nutzen-Vergleich in Bezug auf die Verwendung von Abwärme gefordert werden</p> <p><u>Gesetzgebungskompetenz:</u></p> <p>Erste Voraussetzung ist, dass das Land Baden-Württemberg die Kompetenz hat, ein solches Gesetz zu erlassen. Dies richtet sich nach den grundgesetzlichen Bestimmungen der Art. 70 ff. GG.</p> <p>Im Rahmen der konkurrierenden Gesetzgebungskompetenz sind die Länder nach Art. 72 Abs. 1 GG, nur solange und soweit zuständig, wie der Bund von seiner Gesetzgebungskompetenz nicht Gebrauch gemacht hat. Da der Bundesgesetzgeber auf Grundlage des BImSchG und der KNV-V einen Kosten-Nutzen-Vergleich für neu errichtete oder erheblich modernisierte Anlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 20 MW, bei denen Abwärme mit einem nutzbaren Temperaturniveau entsteht festgelegt hat, ist dieser Regelungsbereich dem Landesgesetzgeber entzogen.</p> <p>Dem Landesgesetzgeber verbleibt dementsprechend der Regelungsbereich von Unternehmen mit Anlagen von weniger als 20 MW Feuerungswärmeleistung und der große Bereich des Bestands.</p> <p><u>Inhaltliche Umsetzung (Wärmebestandsaufnahme und Kosten-Nutzen-Vergleich):</u></p> <p>Inhaltlich ist denkbar, betroffene Unternehmen zu verpflichten, ihren Wärmebedarf und ihre abwärmerelevanten Aspekte (Abgas-temperatur, Abgasvolumen etc.) zu ermitteln (Wärmebestandsaufnahme)</p> <p>Weiterhin könnte festgelegt werden, dass auf Basis dieser Wärmebestandsaufnahme eine Kosten-Nutzen-Analyse im Hinblick auf die Verwendung von Abwärme zur Deckung des eigenen Wärmebedarfs oder des außerbetrieblichen Einsatzes durchzuführen ist, der sich an den Anforderungen der KNV-V orientiert oder ggf. sogar über diese hinausgeht.</p>
Vorteil/Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Die Gesetzgebungskompetenz liegt – im erörterten Rahmen- beim Land Baden-Württemberg - Die KNV-V auf Bundesebene könnte durch landesrechtliche Normierung ergänzt werden. Entsprechend wäre der Adressa-

	<p>tenkreis eines Kosten-Nutzen-Vergleichs größer</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durch eine unternehmensinterne Bestandsaufnahme und ein Kosten-Nutzen-Vergleich werden Unternehmen mit ordnungsrechtlichen Mitteln selbst auf mögliche Abwärmepotenziale gestoßen, was die grundsätzliche Akzeptanz erhöhen dürfte.
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Einen grundsätzlichen Nachteil stellt das Fehlen von Registern bzw. Datenbanken dar, in denen Unternehmen mit wirtschaftlich relevanten Abwärmeattributen gelistet sind und die nicht vom Anwendungsbereich der KNV-V umfasst sind (kleiner 20 MW Feuerungswärmeleistung). Die Ermittlung der wirtschaftlich abwärmerlevanten Unternehmensattribute stellt gerade ein Ziel des Gesetzes dar. Entsprechend stellt dies den behördlichen Vollzug des Gesetzes vor Herausforderungen - Auch besteht der Nachteil, dass wegen des Anwendungsbereichs der KNV-V auf Anlagen bis 20 MW Feuerungswärmeleistung, die Gefahr besteht, dass kleinere Unternehmen in Baden-Württemberg rechtlich stärker adressiert werden als große Unternehmen, die in den (ausschließlichen) Anwendungsbereich der KNV-V fallen. Dies kann ggf. einer unternehmerischen Akzeptanz entgegenwirken. - Weiterhin kann sich auf die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags negativ auswirken, dass die Verpflichtung zu einer Wärmebestandsaufnahme und eines Kosten-Nutzen-Vergleichs grundsätzlich einen Eingriff in das Grundrecht der Berufsausübungsfreiheit aus Art. 12 GG darstellt, den es entsprechend zu rechtfertigen gilt. Dabei ist grundsätzlich die Tiefe des Eingriffs in die Berufsfreiheit gegen die (klimaschützende) Wirkung des Maßnahmenvorschlags abzuwägen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass (anders als bei der KNV-V auf Bundesebene) insbesondere Betreiber kleinerer Anlagen bzw. Betriebsstätten adressiert werden sollen. Bezogen auf diese dürfte das Einsparpotenzial absolut gesehen regelmäßig geringer ausfallen als bei Großanlagen. Auch könnte davon auszugehen sein, dass hinter kleineren Anlagen bzw. Betriebsstätten regelmäßig auch kleinere Unternehmen stehen, die durch die Verpflichtung zu einer Wärmebestandsaufnahme bzw. zu einem Kosten-Nutzen-Vergleich im Verhältnis stärker belastet werden als große Unternehmen. Grundsätzlich ist also der Eingriff in die Berufsfreiheit eher bei großen Anlagen zu rechtfertigen als bei kleinen. Ob die Grenze aber (wie bei der KNV-V) bei 20 MW zu ziehen ist, oder ob sie darunter liegt, bedürfte einer eingehenderen Prüfung.
Sonstiges/ zu beachten	
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird aufgrund der dargestellten Nachteile nicht empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme ebenfalls aufgrund der dargestellten Nachteile nicht ge-

Abwärme	eignet.
---------	---------

.....
Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen
.....

Fördernde Maßnahmen

11. Ausfallversicherung bzw. Risikoabsicherung entwickeln/ implementieren

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit <i>un</i> mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Ein besonders relevantes Hemmnis bei der außerbetrieblichen Abwärmenutzung ist der Umstand, dass Unternehmen sich aus mehreren Gründen scheuen, längerfristige Lieferverträge mit Wärmenetzbetreibern über die Wärmelieferung aus Abwärme einzugehen. Die nachstehenden Aspekte stehen sich konträr gegenüber und hemmen den Einsatz von außerbetrieblicher Abwärme in Unternehmen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Im Wärmebereich sind lange Vertragslaufzeiten der Standard, da hohe technische Nutzungsdauern von Wärmenetzen und begrenzte technischen Möglichkeiten Wärmenetze an veränderte Rahmenparameter anzupassen zu beachten sind. 2. Auf eine Wärmelieferung durch eine Abwärmequelle wird sich der Wärmenetzbetreiber in aller Regel nur einlassen, wenn eine langfristige Wärmelieferung und damit Planbarkeit gewährleistet wird oder günstige Bezugskonditionen angeboten werden können. Dies entspricht in einer Vielzahl der Anwendungsfälle nicht dem Planungshorizont des liefernden Unternehmens oder den wirtschaftlichen Begebenheiten. <p>Für die liefernden Unternehmen sind Freiheitsgrade in der Unternehmensstrategie zu erhalten (beispielsweise auf die Weiternutzung von Produktionskapazitäten oder bei Auswirkungen auf Wartungs- oder Instandhaltungsintervalle).</p> <p>Eine Maßnahme dem entgegen zu wirken, könnte eine Ausfallversicherung sein, in der eine Versicherungsprämie gegen die Zahlung eines Beitrags durch die versicherten Unternehmen wirtschaftliche Risiken quantifizierbar macht und damit Unsicherheiten in der Wirtschaftlichkeit entgegenwirkt.</p> <p>Dabei könnte eine entsprechende Ausfallversicherung entweder aus der privatwirtschaftlich organisierten Versicherungsbranche stammen, wobei hier die Herausforderung besteht, das Risiko und die Versicherungsprämie entsprechend zu quantifizieren. Sofern privatwirtschaftlich organisierte Ausfallversicherungen nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen (Subsidiaritätsgrundsatz), könnte auch angedacht werden, dass das Land Baden-Württemberg das entsprechende Ausfallrisiko in Form von Landesbürgschaften absichert. Ggf. ist hier jedoch EU-Beihilfenrecht zu berücksichtigen.</p>
Vorteil/ Wirkung	Die Abfederung wirtschaftlicher Risiken der verschiedenen Anforderungen der Vertragspartner an die vertraglichen Laufzeiten kann die Umsetzung von Abwärmenutzungskonzepten zur Wärmeerzeugung deutlich begünstigen.

Nachteil	<p>Bei einer „Sozialisierung“ von wirtschaftlichen Risiken können Verwerfungen zwischen den Begünstigungen für die versicherten Unternehmen und dem Mehraufwand für die Allgemeinheit entstehen.</p> <p>Dies erfordert eine angemessene Beteiligung der versicherten Unternehmen über die zu leistenden Beiträge, um eine Haftung der Allgemeinheit zu vermeiden. Damit würde jedoch der Effektivität hinsichtlich der Steigerung der Anzahl von Abwärmenutzungskonzepten entgegengewirkt.</p> <p>Auch gilt es zu beachten, dass bei langfristigen Lieferverträgen über Abwärme regelmäßig Effizienzmaßnahmen unterbleiben werden, die eine Verringerung des Abwärmeaufkommens zur Folge haben, da sonst Vertragsbrüchigkeit droht.</p>
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Überprüfen von Absicherungs-/ Bürgschaftsmodellen, tatsächlichen Bedarf exakt herausarbeiten - Ermittlung von abzusichernden Risiken und Akteursanalyse zur Gewährleistung einer gerechten Risikoverteilung - Vertiefte Überprüfung der rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere Subsidiaritätsgrundsatz und Beihilfenrecht - Vorhandene Ansätze/Lösungen auf Übertragbarkeit prüfen - Versicherungsbranche einbinden

12. Erleichterung für den Drittzugang zu Wärmenetzen anstoßen

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Anders als im Gas- oder Stromsektor besteht im Wärmenetzbereich kein Anschlussanspruch von (dritten) Wärmeerzeugern wie etwa aus Abwärme an ein Wärmenetz. Betrieb der Netze und Speisung der Netze erfolgt oftmals durch die gleiche juristische Person. Der Wärmemarkt ist folglich auch nicht entflochten.</p> <p>Wärmenetze verfügen damit im Regelfall auch nicht wie in Analogie zu regulierten Gasnetzen über eine Herleitung der als zulässig anzusehenden Marge über die GasNEV.</p> <p>Wärmenetze stellen zudem das Asset dar, welches eine wertermöglichende Leistung erbringt, indem es die Wärme vom Erzeuger zum Verbraucher transportiert. Diese Leistung wird aufgrund der Branchenerfahrung uneinheitlich bewertet, da, wie bereits beschrieben, kein rechtlich-verbindlicher Vergleichsmaßstab besteht. Für die Abwärme folgt hieraus die Herausforderung, dass die Bestimmung des Werts der Wärmenetzeinspeisung aus Abwärme zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führen kann.</p> <p>Maßnahme könnte es sein, den Drittzugang zu Wärmenetzen auf regulatorischer Ebene zu erleichtern und damit erhöhten Wettbewerb anzureizen. Von einem solchen Drittzugang könnten auch Unternehmen profitieren, die über Abwärmepotenziale verfügen.</p> <p>Dabei sind zwei sich gegenseitig bedingende Ansatzpunkte zu berücksichtigen. Zum einen könnte eine Verstärkung des Wettbewerbs durch eine Öffnung der Wärmenetze notwendige Voraussetzungen schaffen entsprechende Konzepte umzusetzen. Auf der anderen Seite ist der wirtschaftliche Betrieb der Wärmenetze sicherzustellen, was die Vorgabe eines Bewertungsschemas unter Berücksichtigung wirtschaftlich-technischer Gesichtspunkte erfordert.</p>
Vorteil/Wirkung	Stärkerer Wettbewerb im Wärmesektor könnte durch eine Entflechtung auch des Wärmebereichs erfolgen und es könnte ein grundsätzlich diskriminierungsfreier und transparenter Zugangsanspruch normiert werden. Wärmenetze würden in polypolistischen effektiver als in bestehenden monopolistischen Marktstruktur genutzt.
Nachteil	Der wirtschaftliche Betrieb von Wärmenetzen ist im Einzelfall zu bewerten und hängt deutlich von den jeweiligen Versorgungsbedingungen ab. Die Wärmenetzkosten (Investitionen, Instandhaltung, Wartung und Betriebsführung sowie eine angemessene Marge) sind über die Wärmeerlöse sicherzustellen. Der Aufbau von Regularien zur Bestimmung der Wärmenetzkosten birgt daher grundsätzlich die Gefahr, dass hierdurch für Wärmenetzbetreiber erhebliche Nachteile erwachsen. Damit wäre die Effektivität der Maßnahme begrenzt. Weiterhin würde ein zusätzlicher administrativer Aufwand erwachsen, der mit dem Einspeisepotenzial des Drittzugangs abzugleichen ist.
Sonstiges/zu beachten	In der Praxis kommt dann ein außerbetriebliches Abwärmenetz nur dann zustande, wenn alle Beteiligten ein (gemeinsames) Interesse am Projekt haben. Ein „erzwungener“ Drittzugang würde den Erfolg

	<p>nicht herbeiführen können.</p> <p>Den Besonderheiten der begrenzten räumlichen Ausdehnung von Wärmenetzen und dem Umstand, dass Bestandsnetze regelmäßig ausreichend mit Wärme versorgt sind, könnte dadurch Rechnung getragen werden, dass ein entsprechender Wärmenetzzugang über ein Ausschreibungsmodell nur für neue Wärmenetze erfolgt, oder dass bei Erneuerung von Erzeugungsanlagen entsprechend ausgeschrieben wird.</p> <p>Zur Berücksichtigung der technischen Vorgaben kann die technische Auslegung (Strömungsmengen, Temperatur, Druckprofile etc.) zur Bedingung der Ausschreibung gemacht werden.</p> <p>Zu berücksichtigen ist, dass seitens der EU im Rahmen des EU-Winterpakets derzeit ein diskriminierungsfreier Zugangsanspruch für Wärme aus erneuerbaren Energien und Abwärme seitens Drittanbietern debattiert wird.</p>
Empfehlung	Eingeschränkte Empfehlung, da der Maßnahmenvorschlag im Rahmen des EU-Winterpakets bereits angestoßen ist.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme nicht geeignet, da diesbezügliche Hemmnisse aus dem Workshop als gering bewertet wurden.
Nächste Schritte	Weitere Entwicklung der Umsetzung des EU-Winterpakets beobachten

Informative Maßnahmen

13. Multiplikatoren für Abwärmethemen unterstützen

Kategorie	Maßnahme mit unmittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Auf Bundes- und Landesebene bestehen bereits rechtliche Anreizinstrumente zur Verwendung von Abwärme (EEWärmeG, EWärmeG-BaWü, EnEV), Fördermöglichkeiten für Abwärmenutzungsmaßnahmen und Energieeffizienznetzwerke, in denen ein Austausch auch über Abwärmethemen stattfinden kann.</p> <p>Treiber der hier vorgeschlagenen Maßnahme ist die Vermutung, dass diese Informationen über bestehende und noch zu schaffende Abwärmenutzungsanreize) nicht in ausreichendem Maße zu den betreffenden Unternehmen gelangen und deshalb Abwärmepotenziale bereits aufgrund von Informationsdefiziten ungenutzt bleiben.</p> <p>Entsprechend wird vorgeschlagen, auf informatorischer Ebene an die Unternehmen heranzutreten.</p> <p>Dabei könnte bei der Unternehmensadressierung zwischen den verschiedenen Abwärmepotenzialen differenziert werden.</p> <p>So könnten in energieintensiven Unternehmen, in denen große Abwärmenutzungspotenziale verborgen liegen, geschulte „Abwärmemultiplikatoren“ eingesetzt werden, die über die technischen Möglichkeiten, finanzielle Förder- und Beratungsmöglichkeiten, mögliche betriebswirtschaftliche Erlöse, Netzwerke und Best-Practice-Beispiele informieren. Hierfür könnten neue Stellen geschaffen werden, es könnte jedoch auch angedacht werden, Mitarbeiter der Gewerbeaufsicht, die teilweise bereits mit dem betrieblichen Umweltschutz betraut sind, gezielt im Hinblick auf Abwärmethemen zu schulen.</p> <p>Auf Ebene der kleineren Unternehmen, bei denen die Vermutung naheliegt, dass sie mangels „Energiemanagern“ über noch größere Informationslücken verfügen, bei denen Vor-Ort-Besuche aufgrund der Vielzahl jedoch kaum zu stemmen sind, könnte die Multiplikation mittels der entsprechenden Branchenverbände erfolgen. In Absprache mit den jeweiligen Verbänden könnten allgemeine Informationen, Hinweise auf Förder- und Beratungsmöglichkeiten, Netzwerke und Informationsveranstaltungen bspw. in Newslettern kommuniziert werden. Auch kann angedacht werden, größere Informationsveranstaltungen mit geschulten Multiplikatoren zu veranstalten oder eine Messe mit Kongress zu etablieren (Branchentreffpunkt).</p> <p>Die Multiplikatoren könnten ggf. an bestehende Strukturen anknüpfen oder dort verankert werden, bspw. im Rahmen der regionale Kompetenzstellen für Energieeffizienz (KEFFs).</p>
Vorteil/Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Maßnahme stellt Vehikel für weitere Maßnahmen dar. Information über Förder- Beratungs- und Vernetzungsangebote bilden die Grundlage für die Inanspruchnahme der entsprechenden Angebote

Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Schulungsmaßnahmen der Multiplikatoren ist mit finanziellem Aufwand verbunden - Maßnahmenerfolg ist von Motivation der Verbände abhängig
Sonstiges/ zu beachten	Diese Maßnahme und ihre Aktivitäten sind in Zusammenhang zu sehen mit Maßnahme 16, Einrichtung Kompetenzzentrum Abwärme
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Entscheidende Multiplikatoren ermitteln und Rolle zuweisen - Für Direktkommunikation Verbände einbinden

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

14. Netzwerkanbindungen (Energieeffizienz-Netzwerke, usw.) forcieren und fördern

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p><u>Herleitung:</u></p> <p>Gegenwärtig bleiben zahlreiche profitable Energieeffizienzpotenziale (darunter auch Abwärmepotenziale) in der Industrie ungenutzt. Eine diesbezügliche Ursache kann sein, dass Energiemanager in Unternehmen wenig Mittel und Zeit zur Umsetzung dieser Potenziale haben. In vielen Fällen sucht der Energiemanager vergleichsweise isoliert nach Energieeffizienzpotenzialen. Dies bedeutet einen hohen Zeitaufwand für eine energietechnische Lösung und gegebenenfalls hohe Lernkosten (Fehler).</p> <p>Ein Instrument dem entgegenzuwirken sind sogenannten Energieeffizienz-Netzwerke. Zentrale Idee dieser Netzwerke ist der regelmäßige und professionell moderierte Erfahrungsaustausch von 10 bis 15 Energieverantwortlichen, die sich hierzu für mehrere Jahre zusammenschließen. Das gemeinsame Ziel ist, die insgesamt vorhandenen Erfahrungen und Kenntnisse zu energieeffizienten Lösungen miteinander zu teilen, um schnell und ohne große Fehler neue energietechnische Lösungen zu realisieren (vgl. AGEEN). Von diesem Konzept können insbesondere auch kleinere Unternehmen profitieren (KMU), da diese in der Regel weniger Kapazitäten im Bereich Energiemanagement haben, verglichen mit größeren Unternehmen.</p> <p>Das BMWi hat diese Potenziale erkannt und mit der Initiative 500 Energieeffizienz-Netzwerke Ende 2014 eine Vereinbarung mit Verbänden und Organisationen der Wirtschaft geschlossen, mit dem Ziel bis zum Jahr 2020 rund 500 neue Netzwerke zu initiieren (vgl. BMWi). Ein Monitoring zu dieser Maßnahme wurde jüngst (Anfang des Jahres 2018) in Auftrag gegeben. Ein vorliegender Zwischenbericht vom März dieses Jahres liefert folgende Erkenntnisse im Hinblick auf Abwärmepotenziale:</p> <p>4% der durchgeführten Maßnahmen waren auf die Kategorie Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung zurückzuführen. Gemessen an den berichteten Energieeinsparungen machte diese Kategorie jedoch mit 9% an den Gesamteinsparungen den vierthöchsten Anteil aus (nach den Kategorien: sektorspezifische Prozessmaßnahmen, KWK-Maßnahmen und Maßnahmen im Bereich Raumwärme). Die Kategorie hat somit überproportional zu den berichteten Einsparungen beigetragen. Daher wird die Maßnahme Energieeffizienz-Netzwerke als effiziente Maßnahme zur Unterstützung für eine höhere Nutzung von Abwärmepotenzialen angesehen. Grundsätzlich eignen sich Netzwerkkonzepte somit zum Heben von Abwärmepotenzialen.</p> <p><u>Abgeleitete Maßnahmen:</u></p> <p>Eine mögliche Maßnahme ist die Prüfung einer stärkeren Verankerung des Konzeptes der Energieeffizienz-Netzwerke, unter anderem auch im Rahmen der regionale Kompetenzstellen für Energieeffizienz (KEFFs) (ggf. prominenter Darstellung auf der Website, etc.), wobei zudem die Thematik der Abwärmevermeidung und Abwär-</p>

	<p>menutzung aktiv adressiert werden könnte. Dies würde zu Synergien bei der Entwicklung von Energieeffizienz-Projekten führen.</p> <p>Ein weiterer Ansatzpunkt ist eine Verankerung der Thematik Abwärmennutzung im Förderprogramm energieeffiziente Wärmenetze des Landes BW. Hier könnte angeregt werden, im Rahmen von Planungsprozessen die Thematik der Einbindung von industrieller Abwärme in Fernwärmenetzen durch gezielte Beratungsangebote zu forcieren. Bei der Suche möglicher Wärmelieferanten könnte das LUBW mit dem Energieatlas im Prozessablauf eingebunden werden. Hierbei stellt das Wissen beim LUBW über die Verortung von genehmigungspflichtige Anlagen nach 4. BImSchV hilfreiche Informationen dar, denn schließlich hat die Potenzialanalyse im ersten Arbeitspaket ergeben, dass besonders hohe Abwärmepotenziale an oder um genehmigungspflichtige Anlagen entsprechend BImSchV vorliegen.</p>
Vorteil /Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> - Ganzheitliche Maßnahmen, mit effizienter Hebelwirkung für Abwärme - Durch längerfristiges Konzept: Wissensvermittlung via Teilnehmer - Maßnahme, die fördern und informieren bündelt
Nachteil	
Sonstiges / zu beachten	<p>Grundsätzlich ist die Thematik der industriellen Abwärmevermeidung und/oder Nutzung ein Teilaspekt der Thematik Energieeffizienz in der Industrie. Die Thematik der Energieeffizienz wird wiederum durch bestehende Anlaufstellen flankiert, bspw. durch die regionalen Kompetenzstellen für Energieeffizienz. Zur Vermeidung von zu vielen Anlaufstellen erscheint die Ausarbeitung einer Kompetenzmatrix hilfreich.</p>
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	<p>Vorhandene und auch weitere Mechanismen zur Initiierung von Energieeffizienznetzwerken nutzen und dabei u.a. auch das Thema Abwärme als Aufhänger verwenden.</p> <p>Bei laufenden Energieeffizienznetzwerken bzw. beim Start neuer Netzwerke, das Thema Abwärme platzieren</p>

15. (Internet-)Kommunikation für Abwärmethemen stärken

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit <i>un</i> mittelbarem Abwärmebezug
Workshop	Die Maßnahme wurde nicht im Expertenworkshop diskutiert.
Herleitung und Maßnahme	<p>Auf der Homepage des Umweltministeriums Baden-Württemberg sind zu verschiedenen Arten erneuerbarer Energien und Effizienztechnologien eigene Unterseiten eingerichtet.</p> <p>Abwärme wird dort bislang nicht gesondert aufgeführt.</p> <p>Entsprechend wird vorgeschlagen, durch Einrichtung einer Homepage-Unterseite der Abwärmematerie einen größeren Stellenwert einzuräumen.</p> <p>Gegenstände der Darstellung könnten sein</p> <ul style="list-style-type: none"> - Allgemeine Informationen über Abwärme und deren Potenziale - Darstellung der Techniken und Formen der Abwärmenutzung (Innerbetrieblich, Außerbetrieblich, Verstromung) - Darstellung von Best-Practice-Beispielen ggf. mit Auszeichnungen für besonders gelungene Projekte - Ggf. FAQs - Links zu vorhandenen Publikationen (Studien, Flyern, Broschüren) - Links zu Förderprogrammen - Einbettung des Energieatlasses - Abwärmerechner, mittels dessen das (abstrakte) betriebliche Abwärmepotenzial ermittelt werden kann. Im Zuge der Darstellung des ermittelten Potenzials könnte direkt auf entsprechende Fördermöglichkeiten, bspw. die Erstberatung verwiesen werden, um in einem persönlichen Beratungstermin die möglichen Potenziale zu konkretisieren. - Denkbar ist darüber hinaus eine Plattform Abwärmenutzung aufzubauen <p>Der Blick auf andere Bundesländer zeigt, dass dort teilweise entsprechenden Informationen bereits aufbereitet und dargestellt sind. Entsprechend könnte angedacht werden, Synergien und Einsparpotenziale zu heben und in den Austausch mit anderen Bundesländern zu treten um sich Informationen/Broschüren/Tools gegenseitig zur Verfügung zu stellen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dies nur Sinn ergibt, soweit ein unmittelbarer Bezug zum Bundesland nicht gegeben ist. landesspezifische Fördermöglichkeiten sowie der Energieatlas sind von jedem Bundesland isoliert darzustellen</p> <p>Beispiel Bayern: https://www.energieatlas.bayern.de/thema_abwaerme.html</p> <p>Beispiel Sachsen: http://www.saena.de/projekte/waermeatlas.html</p>
Vorteil/	<ul style="list-style-type: none"> - Durch Darstellung von Abwärme auf dem Internetauftritt des Umweltministeriums Baden-Württemberg kann Abwärme ein

Wirkung	<p>größerer Stellenwert eingeräumt werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gleichlauf mit anderen Darstellungen von Effizienztechnologien wäre gewährleistet
Nachteil	<ul style="list-style-type: none"> - Sichtbarkeit der zu erstellenden Unterseite in der Öffentlichkeit dürfte gering sein. Dieser Nachteil kann über Kommunikation der Multiplikatoren (vgl. Maßnahme „Multiplikatoren für Abwärme einrichten“) abgebaut werden
Sonstiges/ zu beachten	<ul style="list-style-type: none"> - Internetangebot muss gepflegt und auch beworben werden - Abstimmen auf andere Kommunikationsmaßnahmen
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	<ul style="list-style-type: none"> - Konzept für neue Abwärme-Rubrik erstellen - Textbausteine, Links, Tools und Bilder zusammenstellen - best practice Projekte sammeln und aufbereiten

16. Kompetenzzentrum Abwärme beim Umweltministerium einrichten

Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen

Kategorie	Maßnahme mit <i>unmittelbare</i> m Abwärmebezug, die andere Maßnahmenvorschläge bündelt
Workshop	Es erfolgte keine Diskussion dieser Maßnahme im Expertenworkshop
Herleitung und Maßnahme	<p>Im Rahmen dieses Maßnahmenkatalogs wurden verschiedene Maßnahmen vorgeschlagen, bei denen entweder maßnahmenspezifisch tieferegehende Prüfungen erforderlich sind oder die Erstellung und Entwicklung von Kommunikations-, Qualifizierungs- und Informationsstrategien im Raum steht.</p> <p>Diese Maßnahmen können grundsätzlich isoliert umgesetzt werden, es bietet sich aber auch an, die Umsetzung dieser Maßnahmen gebündelt anzugehen und ein Kompetenzzentrum beim Umweltministerium einzurichten, welches sich der Grundlagenschaffung zur Maßnahmenumsetzung annimmt.</p> <p>Ein solches Kompetenzzentrum Abwärme könnte sich insbesondere folgender zwei Aufgabenbereiche annehmen.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Die vertiefte Bearbeitung offener Fragen und die konkrete Maßnahmenausgestaltungen in Bezug auf folgende Maßnahmen. <ul style="list-style-type: none"> - MN 2: Einheitliche Begriffsbestimmung für Abwärme anstoßen - MN 5: Implementieren einer Kompetenz Umweltdaten für Energiefragen - MN 11: Modelle für Ausfallversicherung und Bürgschaft implementieren - MN 14: Netzwerkanbindungen (Energieeffizienz-Netzwerke, usw.) forcieren und fördern 2. Die inhaltliche und grafische Erarbeitung, Aufbereitung und Schaffung inhaltlicher Konsistenz in Bezug auf informativische Maßnahmen. Insbesondere könnten so „Werbekampagnen“ bzw. Infopakete für Abwärme erarbeitet werden. Beispielsweise mittels der Erstellung eines Leitfadens zu möglichen Abwärmenutzungsoptionen (technisch, wirtschaftlich, rechtlich) und der Bereitstellung von Informationsmaterial zu Fördermöglichkeiten für Abwärme. <p>Dies könnte in Bezug auf folgende Maßnahmen umgesetzt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - MN 13: Multiplikatoren für Abwärmethemen qualifizieren und unterstützen - MN 15: (Internet-)Kommunikation für Abwärmethemen stärken
Vorteil	Durch die gebündelte Erarbeitung von zu vertiefenden Fachfragen und von Kampagnen- bzw. Informationspaketen können Synergien

Wirkung	gehoben werden und eine aufeinander abgestimmte Umsetzung der verschiedenen Teilmaßnahmen ist gewährleistet
Nachteil	Die Errichtung eines Kompetenzzentrums ist grundsätzlich mit Personalkosten verbunden. Zu berücksichtigen gilt es aber, dass dieser erhöhte Personaleinsatz voraussichtlich auch erforderlich wird, wenn die angesprochenen Maßnahmen einzeln umgesetzt werden. In diesem Fall ist sogar davon auszugehen, dass aufgrund der fehlenden Synergieeffekte ggf. Doppel- bzw. Mehrarbeit erzeugt wird.
Sonstiges/ zu beachten	
Empfehlung	Die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags wird empfohlen.
Eignung für das Landeskonzept Abwärme	Der Maßnahmenvorschlag ist für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme geeignet.
Nächste Schritte	Ermittlung des Personal- und Kostenaufwands für die Implementierung des Kompetenznetzwerks Abwärme Sichtung möglicher Institutionen, die für eine Kompetenzzentrum Abwärme in Frage kommen

.....
Arbeitspaket 5: Entwicklung von
Maßnahmenvorschlägen
.....

5.5 Anmerkungen zur Maßnahmenumsetzung und Einordnung der Wichtigkeit durch die Experten

- Ableitung von Experteneinschätzungen bei der weiteren Detailierung von Maßnahmen
- Experteneinschätzung zur Wichtigkeit der Maßnahmen

5.5.1 Vorgehen

In Abschnitt 5.5 wurde schließlich die Expertenansicht im Hinblick auf die weitere Detaillierung der jeweiligen Maßnahmen qualitativ zusammengetragen, um dem Umweltministerium auch aus der Praxis zu berücksichtigende Aspekte bei der Maßnahmenumsetzung an die Hand zu geben. Die Anmerkungen und Einschätzungen der Experten sind dabei im Wesentlichen den Fotoprotokollen des Workshops entnommen, sie resultieren aber auch aus dem Diskussionsteil des Workshops.

Ferner beinhaltet dieser Abschnitt auch die Experteneinschätzung hinsichtlich der Wichtigkeit der Maßnahmen, damit Abwärme in Zukunft stärker genutzt werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Einschätzung zur Wichtigkeit aus Sicht der Experten nur für die Maßnahmen erfolgte, die im Rahmen des Workshops zur Diskussion gestellt wurden.

Die Einschätzung zur Wichtigkeit der Maßnahme wurde über Klebepunkte abgefragt. Jeder Teilnehmer erhielt hierzu drei grüne Klebepunkte und wurde gebeten, diese der bzw. den Maßnahme/n zuzuordnen, welche er/sie für am Wichtigsten hält, damit Abwärmepotenziale in Baden-Württemberg zukünftig stärker genutzt werden können. Dabei war den Workshopteilnehmern freigestellt, ob sie die Klebepunkte splitten oder alle Klebepunkte einem Maßnahmenvorschlag zuordnen.

5.5.2 Anmerkungen und Einordnung der Wichtigkeit der Maßnahmen aus Expertensicht

Die nachfolgende Tabelle spiegelt die Rückmeldung der Expertensicht wider. In der mittleren Spalte sind die qualitativen Anmerkungen und Einschätzungen zu den jeweiligen Maßnahmen wiedergegeben. Die rechte Spalte gibt die Anzahl der verteilten Klebepunkte auf die jeweilige Maßnahme insgesamt wieder, es erfolgte eine Addition der Klebepunkte der beiden Workshopgruppen. Minimal verteilt wurden 0 Klebepunkte, maximal verteilt wurden 19 Klebepunkte. Die Zuordnung (niedrig/hoch) erfolgte durch das Projektteam. Maßnahmen mit weniger als 10 Klebepunkten wurden als niedrig bewertet und Maßnahmen ab 10 Klebepunkten wurde eine hohe Wichtigkeit zugeordnet.

Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung der beiden Workshopgruppen – in einer Gruppe waren sehr viele Verbands- und Unternehmensvertreter*innen - fiel die Wertung bei einigen Maßnahmen sehr unterschiedlich aus. Die folgende Darstellung vermittelt dabei das Gesamtbild über beide Gruppen-Wertungen.

Maßnahme	Anmerkungen und Einschätzungen	Wichtigkeit
Adressierung von Abwärme im Klimaschutzgesetz BW	<p>Eine Verankerung der Abwärmenutzung im KSG wurde im Allgemeinen nicht grundsätzlich abgelehnt. Die Wirkung und Steuerungswirkung der Maßnahme wurde jedoch von den Teilnehmern insbesondere aus dem Unternehmensbereich teilweise als fragwürdig eingeschätzt. Ein zentrales Argument war, dass die Abwärmenutzung als Energieeffizienzmaßnahme angesehen werden kann. Es wäre somit fragwürdig, warum eine einzelne Energieeffizienzmaßnahme im KSG besonders hervorgehoben wird. Es zu erwähnen, sei aber kein Fehler.</p> <p>Abwärmenutzung solle auch unter dem Aspekt „kommunale Wärmeplanung“ im KSG auftauchen.</p> <p>Durch die Umsetzung der Maßnahme werden jedoch keine negativen Effekte im Hinblick auf eine höhere Abwärmenutzung von den Teilnehmern erwartet.</p>	Niedrig (4)
Einheitliche Begriffsbestimmung für Abwärme anstoßen	<p>Die rechtliche Begriffsbestimmung aufgrund verschiedener (technischer) Unterscheidungsmerkmale ist herausfordernd.</p> <p>Insgesamt wurde die Maßnahme als sinnvoll angesehen und daher empfohlen.</p> <p>Ergänzt haben Teile des Expertenkreises, dass mit einer Begriffsbestimmung noch keine Bewertung der Abwärme einhergehen sollte.</p>	Hoch (17)
Datengrundlage für kommunale Wärmeplanung schaffen (mit Fokus auf industrielle Abwärme)	<p>Kapazitätsengpässe bei Kommunen sowie Daten- und Geheimnisschutz stellen Hürden für die kommunale Wärmeplanung dar.</p> <p>Ein (wärme-)übergreifender Ansatz wurde als zweckmäßig und die Verfügbarkeit von Daten grundsätzlich als wichtige Voraussetzung angesehen. Berichtspflichten für Unternehmen im Rahmen kommunaler Wärmeplanungen werden von mehreren Teilnehmern jedoch besonders kritisch angesehen. Von mehreren Teilnehmern wurde daher argumentiert, dass die Einbeziehung von Unternehmen in kommunaler Wärmeplanung auf Basis von Freiwilligkeit erfolgen sollte.</p>	Hoch (19)
Verschärfung/Optimierung der Voraussetzungen der KNV-V	Die Verschärfung genehmigungsrechtlicher Vorgaben verursacht zusätzlichen Aufwand und eine mögliche Wirkung wird von mehreren Teilnehmern bezweifelt.	Niedrig (1)

Maßnahme	Anmerkungen und Einschätzungen	Wichtigkeit
	Die Maßnahme wird daher als skeptisch bzw. wenig empfehlenswert angesehen.	
Ausfallversicherung	Versicherungsfälle und Ausgestaltung sind zu definieren, was eine Herausforderung darstellt. Weitgehender Konsens zur weiteren Detaillierung und daher Empfehlung der Maßnahme	Hoch (16)
Drittzugang zu Wärmenetzen erleichtern	Im Kontext dieser Maßnahmen wurden wirtschaftliche Mechanismen und vertragliche Einigung vorrangig angesehen. Grundsätzlich wurde die Gewährung eines Zugangs zu Wärmenetzen von vielen Teilnehmern nicht als Hemmnis für die außerbetriebliche Abwärmennutzung angesehen.	Niedrig (0)
Multiplikatoren für Abwärmethemen einrichten	Bei dieser Maßnahme wurde darauf hingewiesen, dass Kompetenz aus Praxiserfahrung essentiell für eine effektive Umsetzung der Maßnahme ist. Eine Ansiedlung im Netzwerk KEFF unter Berücksichtigung der Auswahl von geeigneten Multiplikatoren wurde einerseits als geeignet dargestellt. Allerdings bestehe andererseits ein deutlich höherer spezieller technischer Anspruch als bei KEFF-Checks. Wichtig sei, dass bei den Unternehmen ein konkreter Mehrwert generiert wird. Die Maßnahme wurde grundsätzlich empfohlen.	Hoch (15)
Energieeffizienz-Netzwerke forcieren/fördern	Energieeffizienznetzwerke wurden grundsätzlich als sinnvoll angesehen. Von zusätzlichen abwärmespezifischen Netzwerken rieten die Teilnehmer aufgrund einer möglichen Überfrachtung von Personen in Unternehmen ab (siehe nächste Tabelle). Das Monitoring der Energieeffizienznetzwerke zeigt auf, dass die Netzwerke ein effektives Instrument zum Heben von innerbetrieblichen Abwärmepotenzialen sind. Maßnahmen zur Steigerung der Anzahl von Netzwerken werden daher empfohlen.	Niedrig (2)

Als zentrales Ergebnis kann aus dem Expertenworkshop abgeleitet werden, dass die Maßnahme zur Schaffung einer „Ausfallversicherung“ für Abwärmekonzepte eine sinnvolle Maßnahme darstellen kann, um die Umsetzungsrate für die außerbetriebliche Abwärmennutzung zu erhöhen. Weiterhin erscheint die Schaffung einer vereinheitlichten Begriffsbestimmung zielführend, da hierauf auch Folgemaßnahmen mit einer zunächst niedrigeren Wichtigkeit aufbauen können. Energieeffizienznetzwerke werden als sinnvolles Instrument

angesehen, um vor allem innerbetriebliche Abwärmenutzungspotenziale zu identifizieren und zu heben.

Die nachfolgenden Maßnahmen sind dahingegen in der Diskussion lediglich in einer Gruppe (weiter-) entwickelt oder ergänzt worden. Dabei sind folgende Anmerkungen zu beachten. Eine Bewertung der Wichtigkeit wurde hier nicht vorgenommen.

Maßnahme	Anmerkungen und Einschätzungen
Einsatz für die Schaffung eines (Bundes-)Energieeffizienzgesetzes	<p>Mit der Schaffung eines (Bundes-)Energieeffizienzgesetzes würde ein Rechtsrahmen geschaffen, der eine wirksame Maßnahmenkaskade entsprechend des Grundsatzes „erst vermeiden dann nutzen“ ermöglicht.</p> <p>Die Abwärmenutzung stellt hier lediglich eine Lösungskomponente neben weiteren dar, um die Effizienzziele in den betreffenden Energiesektoren (Strom, Wärme, Kälte) des Landes (und Bundes) zu unterstützen.</p>
Entwicklung einer Monitoring-Strategie zur Abwärmenutzung	<p>Ministeriumsinterne Maßnahme, die nicht im Expertenworkshop diskutiert worden ist. Die Maßnahme wird empfohlen, da ein regelmäßiges Monitoring eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung eines Landeskonceptes zur Abwärmenutzung ist.</p>
Implementieren einer Arbeitsgruppe Umweltdaten für Energiefragen	<p>Ministeriumsinterne Maßnahme, die nicht im Expertenworkshop diskutiert worden ist. Maßnahme wird empfohlen, da die Kompetenzen und Handlungsfähigkeiten des Ministeriums erweitert und verbessert werden, auch im Hinblick auf Abwärmethemen.</p>
Abwärmenutzung stärker in bestehenden Netzwerken verankern	<p>Ursprünglich zielte diese Maßnahme auf die Schaffung abwärmespezifischer Netzwerke (ähnlich den Energieeffizienznetzwerken) ab. Dies wurden von den Teilnehmern kritisch gesehen, da eine Überfrachtung von Personen in Unternehmen als kontraproduktiv im Hinblick auf die Abwärmenutzung angesehen wird. Dahingehend wurde die stärkere Verankerung der Abwärmethematik in bestehende Netzwerke als sinnvoll angesehen. Die Maßnahme wurde entsprechend umformuliert (jetziger Stand im Maßnahmenkatalog).</p>
Internet-Kommunikation für Abwärmethemen schaffen	<p>Ministeriumsinterne Maßnahme, die nicht im Expertenworkshop diskutiert worden ist. Die Maßnahme wird empfohlen, da die Außenwirkung im Hinblick auf die Abwärmethematik verbessert wird.</p>

5.6 Empfehlungsmatrix zu den Maßnahmenvorschlägen

Nachfolgend sind die Ergebnisse des erarbeiteten Maßnahmenkatalogs in einer Bewertungsmatrix abgebildet. Dabei wird der jeweilige Maßnahmenvorschlag bzw. dessen Kurzbezeichnung dahingehend bewertet, ob die Umsetzung des Maßnahmenvorschlags generell empfohlen wird und dahingehend, ob sich der Maßnahmenvorschlag für die Aufnahme im Landeskonzept Abwärme eignet.

Tabelle 33: Maßnahmenbewertung

Gruppe	Kurzbezeichnung	Empfehlung	Eignung für Landeskonzept
Allgemeine Maßnahmen	1. Abwärme im Klimaschutzgesetz	Ja	Ja
	2. Einheitliche Begriffsbestimmung	Ja	Ja
	3. Einsatz für (Bundes-) Energieeffizienzgesetz	Ja	Nein
	4. Monitoring-Strategie entwickeln	Ja	Ja
	5. Umweltdaten für Energiefragen implementieren	Ja	Nein
Fördernde Maßnahmen	6. Zielgerichtete Fortschreibung der KNV-V	Ja*	Ja*
	7. Daten für Wärmeplanung bereitstellen	Ja*	Ja*
	8. Einsatz für eine TA Effizienz	Ja*	Nein
	9. Schaffung Abwärmegesetz BW	Nein	Nein
	10. Kosten-Nutzen-Vergleich in BW	Nein	Nein
Fördernde Maßnahmen	11. Ausfallversicherung implementieren	Ja	Ja
	12. Erleichterung für den Wärmenetzzugang	Ja*	Nein
Informative Maßnahmen	13. Multiplikatoren für Abwärme einrichten	Ja	Ja
	14. Netzwerkeanbindungen forcieren	Ja	Ja
	15. Kommunikation stärken	Ja	Ja
	16. Kompetenzzentrum einrichten	Ja	Ja

*: Maßnahmenvorschlag wird nur eingeschränkt empfohlen. Die entsprechende Begründung ist in der Maßnahmenbeschreibung enthalten.

6.1 Fördersätze nach dem KWKG

Tabelle 34: Fördersätze nach dem KWKG

Leistung	Öffentliche Versorgung	Nicht öffentliche Versorgung		
	KWK-Anlagen der öffentlichen Versorgung (§ 7 I)	KWK-Anlagen < 100 kW (§ 7 III Nr. 1)	KWK-Anlagen in Kundenanlagen/ geschlossenen Verteilernetzen (§ 7 III Nr. 2)	KWK-Anlagen in stromkostenintensiven Unternehmen (§ 7 III Nr. 3)
< 50 kW	8 ct/kWh	4 ct/kWh	5,41 ct/kWh	5,41 ct/kWh
< 100 kW	6 ct/kWh	3 ct/kWh		4 ct/kWh
< 250 kW	5 ct/kWh		4,0 ct/kWh	4 ct/kWh
< 2 MW	4,4 ct/kWh		2,4 ct/kWh	2,4 ct/kWh
> 2 MW	3,1 ct/kWh		1,8 ct/kWh	1,8 ct/kWh
Zusätzlicher Bonus für Ersetzung von Kohle-KWK	+ 0,6 ct/kWh			

6.2 Begriffsbestimmung Abwärme (Politik und Rechtsrahmen)

Auffällig bei der Recherche zur Thematik der Abwärme war, dass die Begrifflichkeit „Abwärme“ nicht allgemeingültig definiert bzw. bestimmt ist. Teilweise wird in Gesetzen, Verordnungen, Förderprogrammen oder politischen Konzepten der Begriff definiert, teilweise wird er ohne eine Begriffsbestimmung verwendet. Auch wird der Begriff „Abwärmennutzung“ teilweise definiert und es wird teilweise der Begriff nicht isoliert betrachtet, sondern es muss sich, wie im Fall des KWKG um „industrielle Abwärme“ handeln. So wird im EE-WärmeG des Bundes Abwärme definiert und ausdrücklich nicht als erneuerbare Energie bzw. Umweltenergie anerkannt. Im EWärmeG-BaWü wird Abwärme dagegen nicht definiert, aber klargestellt, dass Umweltwärme die Abwärme mit einschließt und als erneuerbare Energie anerkannt wird, sofern sie durch Wärmepumpen genutzt wird.

Bei der Recherche ist auch aufgefallen, dass zwischen Bund und dem Land Baden-Württemberg eine unterschiedliche Einordnung der Abwärme erfolgt.

EEWärmeG (Bund)	<p>§ 2 Abs. 1 Nr. 2: „Erneuerbare Energien im Sinne dieses Gesetzes sind [...] die der Luft oder dem Wasser entnommene und technisch nutzbar gemachte Wärme mit Ausnahme von Abwärme (Umweltwärme), [...]“</p> <p>§ 2 Abs. 2 Nr. 1: „Abwärme [ist] die Wärme, die aus technischen Prozessen und baulichen Anlagen stammenden Abluft- und Abwasserströmen entnommen wird“</p>
EWärmeG-BaWü	§ 5 Abs. 2: „Die Nutzung von Umweltwärme einschließlich Abwärme durch Wärmepumpen wird als Nutzung erneuerbarer Energien anerkannt, wenn...“
Gesetzesbegründung zum EWärmeG-BaWü	Zu § 17 Abs. 3 (S. 51): „ Abwärmenutzung ist die Nutzung von bisher nicht genutzter Abwärme aus anderen Prozessen als dem Wärmeerzeugungsprozess für das Gebäude selbst zum Zwecke der (anteiligen) Deckung des Wärmeenergiebedarfs des Gebäudes“
GEG-E ¹⁵⁸	§ 3 Abs. 1 Nr. 1: „Im Sinne dieses Gesetzes ist oder sind „ Abwärme “ die Wärme oder Kälte , die aus technischen Prozessen und aus baulichen Anlagen stammenden Abluft- oder Abwasserströmen entnommen wird“
KWKG	§ 2 Nr. 9 „ industrielle Abwärme “ [ist] nicht genutzte Wärme aus industriellen Produktionsanlagen oder -prozessen in Unternehmen des verarbeitenden Gewerbes“
KlimSchG-BaWü	Abwärme wird weder definiert, noch adressiert
IEKK BaWü	S. 87: „ Abwärme bezeichnet hier den Teil der Energie, der im Unternehmen nicht genutzt wird und damit als Wärmeüberschuss durch Abluft oder Kühlwasser über gerichtete Wärmeströme oder diffuse Quellen „entsorgt“ werden muss.“
Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0 (Förderprogramm) ¹⁵⁹	Merkblatt zu den technischen Anforderungen an ein Wärmenetzsysteme 4.0, S. 5: „ Abwärme im Sinne dieser Förderbekanntmachung ist Wärme, die ansonsten ungenutzten Wärmequellen [...], beispielsweise Abluft- und Abwasserströmen oder sonstigen Medien, entnommen wird.“

Anhang

¹⁵⁸ Referentenentwurf des BMWi und des BMUB zu einem Gebäudeenergiegesetz, der am 23. Januar 2017 der Öffentlichkeit vorgestellt wurde (keine Rechtskraft)

¹⁵⁹ In anderen im Rahmen der Studie betrachteten Förderprogrammen wird der Begriff „Abwärme“ nicht definiert. Teilweise erfolgen Beschreibungen der geförderten Maßnahmen, teilweise steht der Begriff „Abwärme“ für sich selbst.

6.3 Begriffsbestimmung Abwärme (Förderprogramme)

.....
Anhang
.....

Programm	Definition
KfW Effizienzprogramm – Abwärme (Kredit 294)	Keine Definition, aber beispielhafte Aufzählung: „a) Innerbetriebliche Vermeidung und Nutzung von Abwärme, z. B. Prozessoptimierung, Umstellung von Produktionsverfahren auf energieeffiziente Technologien zur Vermeidung bzw. Nutzung von Abwärme, Dämmung/Isolierung von Anlagen, Rohrleitungen und Armaturen, Rückführung von Abwärme in den Produktionsprozess, Vorwärmung von anderen Medien, Stromeffizienzmaßnahmen nur soweit sie in unmittelbarem Zusammenhang mit der Durchführung der Abwärmemaßnahme stehen. b) Außerbetriebliche Nutzung von Abwärme, Maßnahmen zur Auskopplung der Abwärme, Verbindungsleitungen zur Weitergabe von Wärme; bei Einspeisung der Wärme in Wärmenetze werden die Verbindungsleitungen bis zum Anschlusspunkt an die Wärmenetze gefördert. c) Verstromung von Abwärme, z. B. ORC-Technologie. d) Abwärmekonzept sowie Umsetzungsbegleitung und Controlling. Förderfähig sind Aufwendungen für die Erstellung eines Abwärmekonzepts einschließlich Umsetzungsbegleitung und Controlling der geförderten Investitionsmaßnahme durch externe Sachverständige.“ ¹⁶⁰
KfW Effizienzprogramm – Abwärme (Zuschuss 494)	Siehe KfW Kredit 294
Modellvorhaben Wärmenetze 4.0	„Abwärme im Sinne dieser Förderbekanntmachung ist Wärme, die ansonsten ungenutzten Wärmequellen [...], beispielsweise Abluft- und Abwasserströmen oder sonstigen Medien, entnommen wird.“ ¹⁶¹
Investitionszuschüsse zum Einsatz hocheffizienter	Abwärmevermeidung und Abwärmennutzung umfasst alle Maßnahmen innerhalb eines Unternehmens zur

¹⁶⁰ Änderung der Richtlinie für die Förderung der Abwärmevermeidung und Abwärmennutzung in gewerblichen Unternehmen, 25.8.2017, S. 2.

¹⁶¹ Wärmenetze 4.0, Technisches Merkblatt, S. 5, http://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/waermenetze_node.html.

Programm	Definition
Querschnittstechnologie	Minderung des Anfalls von Abwärme sowie zur wirtschaftlichen Weiterverwertung von Abwärme. ¹⁶²
KfW-Energieeffizienzprogramm für Produktionsanlagen und -prozesse (Kredit 292, 293)	Keine Definition, nur Bezug auf Abwärme aus Produktionsprozessen ¹⁶³
KfW IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Kredit 220, 219)	Keine explizite Definition, aber Differenzierung „Abwärme 1) über ein technisches System für das Gebäude nutzbar gemacht oder 2) direkt an den Raum, in dem die Produktionsprozesse stattfinden, abgegeben wird und kein technisches System zur Nutzung vorhanden ist“. ¹⁶⁴
KfW IKK - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Kredit 217, 218)	Siehe IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Kredit 220, 219)
KfW-Energieeffizienzprogramm unter Energieeffizient Bauen und Sanieren (Kredit 276)	Siehe IKU - Energieeffizient Bauen und Sanieren (Kredit 220, 219)
Programm der KfW-Bankengruppe zur Verbesserung der Energieeffizienz kommunaler Infrastruktur im Quartier (Kredit 201)	Keine Definition, nur Bezug auf industrielle Abwärme ¹⁶⁵
Energieberatung im Mittel-	Keine Definition ¹⁶⁶

.....
Anhang
.....

¹⁶² Richtlinie für Investitionszuschüsse zum Einsatz hocheffizienter Querschnittstechnologien, 29.4.2016, BAnz AT 10.5.2016 B1.

¹⁶³ Siehe Merkblatt, [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003416_M_292_293_EEP_Produktion.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003416_M_292_293_EEP_Produktion.pdf).

¹⁶⁴ Siehe Infoblatt S. 30, [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000003931_Technische_FAQ_217_218_219_220_276_277_278.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003931_Technische_FAQ_217_218_219_220_276_277_278.pdf).

¹⁶⁵ Siehe Merkblatt, [https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-\(Inlandsf%C3%B6rderung\)/PDF-Dokumente/6000002292-M-Stadtsanierung-QV-201.pdf](https://www.kfw.de/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002292-M-Stadtsanierung-QV-201.pdf).

¹⁶⁶ Richtlinie über die Förderung von Energieberatung im Mittelstand, 11.10.2017.

Programm	Definition
stand	
6. Energieforschungsprogramm	Keine Definition, aber beispielhafte Aufzählung: „z.B. Grubenwasser, Abwasser, erneuerbare Energien“ ¹⁶⁷
Kleinserien Klimaschutzprodukte	Keine explizite Definition, aber Beschreibung: „Förderfähig ist die Anschaffung und Installation folgender dezentraler Geräte bzw. Anlagen zur Wärmerückgewinnung aus Abwasser im Gebäude: a)Duschrinnen mit Wärmeübertrager b)Duschtassen mit Wärmeübertrager c)Duschrohre mit Wärmeübertrager d)Anlagen zur Wärmerückgewinnung aus dem gesamten, im Gebäude anfallenden Grauwasser.“ ¹⁶⁸
Anreizprogramm für Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien	Keine Definition, nur Bezug auf „betriebliche oder industrielle Abwärme“ ¹⁶⁹

.....
Anhang
.....

¹⁶⁷ Forschungsförderung im 6. Energieforschungsprogramm „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“, 8.12.2014,

¹⁶⁸ Richtlinie zur Förderung von innovativen marktreifen Klimaschutzprodukten im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (Kleinserien-Richtlinie), 21.2.2018, BAnz AT 8.3.2018 B4, unter 2.

¹⁶⁹ Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt, 11.3.2015, unter 4.

6.4 Expertenfragebogen

.....
Anhang
.....

Im Folgenden seitenweise als Bilder abgelegt.



April 2018 — SEITE 1/8
Expertenfragebogen zum Forschungsprojekt:
Abwärmennutzung in Unternehmen in Baden-Württemberg



Allgemeines

1. Warum wird Ihrer Ansicht nach Abwärme in Baden-Württemberg nicht stärker genutzt?

2. Was motiviert Ihrer Ansicht nach Unternehmen in Baden-Württemberg, Abwärme zu nutzen?

3. Sind in Ihrem Unternehmen Maßnahmen zur Abwärmenutzung geplant oder umgesetzt worden (bitte beschreiben)? Was waren die Gründe für diese Entscheidung?

4. Sofern in Ihrem Unternehmen Maßnahmen zur Abwärmenutzung untersucht oder geplant waren, jedoch nicht umgesetzt wurden, was waren hierfür die Gründe?

Technik, Wirtschaft und Organisation

5. Inwieweit erschweren fehlende personelle Kapazitäten Ihrer Ansicht nach die Abwärmenutzung in Unternehmen?

6. Inwieweit erschwert fehlendes Fachwissen Ihrer Ansicht nach die Abwärmenutzung in Unternehmen?

7. Welche technischen und wirtschaftlichen Einflussfaktoren hemmen bzw. befördern Ihrer Ansicht nach die Abwärmennutzung am stärksten?

8. Inwieweit stellt fehlende (langfristige) Planungssicherheit eine mögliche Hürde für die außerbetriebliche Abwärmennutzung dar (bspw., weil wärmeabgebende oder wärmeaufnehmende Betriebe in Zukunft abwandern oder den Betrieb einstellen könnten)?

Recht, Regulierung

9. Inwieweit steht das Genehmigungsrecht (Baurecht, Immissionsschutzrecht) Ihrer Ansicht nach einer Abwärmennutzung entgegen?¹ Am besten konkrete Fälle bzw. Beispiele benennen.

10. Haben Sie Erfahrung bezüglich der Zusammenarbeit von Kommunen mit den Wärmereizbetreibern im Hinblick auf Gestattungsverträge über die Nutzung öffentlicher Straßen beim Wärmenetzbau? Sind die angebotenen/vereinbarten Nutzungsentgelte Ihrer Ansicht nach angemessen ausgestaltet?

¹ Beispielsweise, wenn Schwefel im Abgas vorliegt und deswegen bestimmte Kaminaustrittstemperaturen aufgrund umweltrechtlicher Vorgaben eingehalten werden müssen.



April 2018 — SEITE 6/8
Expertenfragebogen zum Forschungsprojekt:
Abwärmennutzung in Unternehmen in Baden-Württemberg



11. Wie schätzen Sie die Kooperationsbereitschaft zwischen Wärmenetzbetreibern und Lieferanten von Abwärme bzgl. der Anschlussfrage an das Wärmenetz ein?

Weiterentwicklungsansätze

12. Welchen Maßnahmen halten Sie für geeignet, um die oben angesprochenen möglichen Hemmnisse oder Hürden abzubauen, mit dem Ziel, dass zukünftig mehr Abwärme nutzbar gemacht werden kann? Welche Mechanismen und Rahmenbedingungen könnten Ihnen dabei helfen?

13. Welche (weiteren) (Förder-)Instrumente zur verstärkten Abwärmennutzung halten Sie für zielführend oder sind die bestehenden Angebote von Bund und Land ausreichend?

14. Welche Förderinstrumente haben Ihrer Ansicht nach in der Vergangenheit den größten Erfolg zur Abwärmenutzung gebracht, welche haben sich aus ihrer Sicht als ungeeignet herausgestellt (bitte begründen)?

Herzlichen Dank für Ihre Teilnahme!

Ansprechpartner

Hannes Doderer
IKEM
hannes.doderer@ikem.de
+49 157 56153151

Ali Aydemir
Fraunhofer ISI
ali.aydemir@isi.fraunhofer.de
+49 721 6809-305