



Ergebnisbericht

Foto © energielenker

## Strategisches Energie- und Wärmekonzept „Minden 2040“



### Projektpartner

Dieses Projekt wurde unter Zusammenarbeit der Stadt Minden und der energielenker projects GmbH durchgeführt.

### Auftraggeber

Stadt Minden

Kleiner Domhof 17  
32423 Minden

Tel.: +49 571 89-270

Ansprechpartner: Herr Lars Bursian

### Auftragnehmer

energielenker projects GmbH

Hüttruper Heide 90

48268 Greven

Tel.: +49 2571 58866 10

Ansprechpartner: Herr Reiner Tippkötter



### Lesehinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde im vorliegenden Bericht bei Personenbezeichnungen in der Regel die maskuline Form verwendet. Diese schließt jedoch gleichermaßen die feminine Form mit ein. Die Leserinnen und Leser werden dafür um Verständnis gebeten.

## VORWORT

Liebe Mindenerinnen und Mindener,

Klimaschutz ist ein globales Thema, das weltweit viele Menschen bewegt. Sie setzen sich für eine ressourcenschonende Politik ein. Das ist auch genau unser Ansatz hier im Lokalen, hier bei uns in Minden. Wir verfolgen ambitionierte Ziele, um unseren Teil dazu beizutragen, die Treibhausgasemissionen zu senken, das Klima zu schützen und unsere Stadt noch lebenswerter zu machen. Minden soll damit gut auf die Zukunft vorbereitet sein.

Um unsere ehrgeizigen Klimaschutzziele zu erreichen, sind große Anstrengungen notwendig, die effektiv, nachhaltig und langfristig sowohl den Energieverbrauch als auch die Treibhausgas-Emissionen senken.

Energie besteht dabei jedoch nicht nur aus Strom, sondern auch aus Wärme. Als „schlafender Riese“ bei der Energiewende birgt der Wärmebereich ein enormes Potenzial, das mit der Umsetzung dieses Konzeptes nach und nach ausgeschöpft werden soll. Rund die Hälfte der in Deutschland benötigten Endenergie macht allein Warmwasser, Raum- und Prozesswärme aus. Eine echte Energiewende kann ohne eine Wärmewende also nicht stattfinden.

Das Konzept sieht dabei eine ganzheitliche Vorgehensweise vor. Im Rahmen der sogenannten Sektorenkopplung wird so beispielsweise auch der Verkehrssektor berücksichtigt und eingeplant.

Das vorliegende strategische Energie- und Wärmekonzept ist ein wichtiger Meilenstein und eine große Chance für die Stadt Minden, um die Aufgabe der Energiewende in Zukunft planvoll und zielorientiert anzugehen.



A handwritten signature in blue ink that reads "Michael Jäcke". The signature is written in a cursive, flowing style.

Ihr Bürgermeister

Michael Jäcke

VORWORT.....	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	7
TABELLENVERZEICHNIS .....	9
1 Einleitung .....	4
1.1 Hintergrund und Motivation.....	4
1.2 Vorgehensweise und Projektplanung .....	4
2 Darstellung der Ausgangssituation.....	6
2.1 Kommunale Basisdaten.....	6
2.1.1 Geografische Lage.....	6
2.1.2 Demografische Entwicklung .....	6
2.1.3 Energieversorgung .....	7
2.1.4 Wirtschaft.....	7
2.1.5 Verkehrliche Anbindung .....	7
2.2 Methodik der Datenauswertung.....	8
2.3 Endenergieeinsatz zur Wärmebereitstellung und Treibhausgasemissionen .....	9
2.3.1 Endenergieeinsatz zur Wärmebereitstellung Stadt Minden .....	9
2.3.2 THG-Emissionen in der Stadt Minden .....	10
2.4 Auswertung der Anlagentechnik.....	12
3 Technologiematrix .....	16
3.1 Wärmeversorgungs-Infrastruktur .....	16
3.1.1 Zentrale Wärmeversorgung.....	16
3.1.2 Keimzellen .....	17
3.1.3 Ebene Einzelgebäude .....	17
3.1.4 Wärmespeicher.....	17
3.1.5 Erdgasnetz .....	18
3.2 Wärmeerzeugungs-Technologien.....	20
3.2.1 Lokale Biomasse .....	21
3.2.2 Solare Wärmenetze .....	22
3.2.3 Wärmepumpen .....	23

3.2.4	Geothermie.....	24
3.2.5	Abwasserwärme .....	25
3.2.6	Fluss-, See- und Grundwasserwärme.....	26
3.2.7	Abwärmennutzung aus Industrie und Gewerbe.....	27
3.2.8	Power-to-Heat.....	29
3.2.9	Power-to-Gas.....	30
3.2.10	All electric .....	31
4	Potenzialanalyse .....	32
4.1	Sanierung der Wohngebäude und kommunalen Gebäude.....	32
4.2	Wirtschaftssektor.....	33
4.3	Endenergieeinsparung durch Heizungstausch .....	35
4.4	Photovoltaik .....	37
4.5	Solarthermie .....	39
4.6	Biomasse .....	40
4.7	Geothermie.....	41
4.7.1	Erdwärmekollektoren .....	41
4.7.2	Erdwärmesonden .....	42
4.7.3	Thermische Nutzung von Oberflächengewässern .....	44
4.7.4	Hydrothermale Grundwassernutzung.....	45
4.8	Abwärmepotenzial .....	47
5	Identifikation von Hotspots für Wärmebedarfe im Stadtgebiet .....	49
5.1	Melittabad.....	50
5.2	Im Hohen Felde .....	51
5.3	Stettiner Straße .....	52
5.4	Wettinerallee .....	53
5.5	PortasträÙe/ Poststraße .....	54
5.6	Hansastraße .....	55
5.7	Oberstraße.....	56
5.8	Mittelweg/ Bismarckstraße.....	57
5.9	Kingsleyallee.....	58
5.10	Grillepark.....	59

5.11	Innenstadt.....	60
6	Szenarientwicklung .....	61
6.1	Szenario: R75 .....	61
6.2	Szenario: R95 .....	65
7	Investitionskosten.....	70
7.1	Wohngebäude saniert mit und ohne Heizungstausch .....	70
7.2	Heizungstausch Wohn- und Nichtwohngebäude ohne Sanierung .....	72
7.3	Wärmenetz .....	72
7.3.1	Wärmeerzeuger im Wärmenetz.....	72
7.3.2	Wärmeverteilnetz, Anschlussleitungen und Übergabestationen .....	73
7.4	Zusammenfassung .....	74
8	Wärmeplan „Minden 2040“ .....	76
8.1	Fernwärmenetz.....	76
8.2	Keimzellen .....	80
8.3	Dezentrale Wärmeversorgung .....	80
8.4	Gasnetz.....	80
8.5	Wärmeversorgung Minden 2040.....	80
9	Zusammenfassung .....	83
10	Fördermöglichkeiten .....	83
10.1	BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetzsysteme 4.0).....	85
10.2	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) .....	86
10.3	Erneuerbare Energien - Standard (270).....	88
10.4	Erneuerbare Energien - Premium (271, 281).....	89
10.5	KfW 430: Energieeffizient Sanieren.....	91
10.6	IKK / IKU – Energetische Stadtsanierung – Quartiersversorgung (201, 202).....	92
10.7	Innovative KWK-Systeme .....	93
10.8	Kommunale Klimaschutz-Modellprojekte.....	94

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1.1: Zeitschiene [energielenker projects] .....	5
Abbildung 2.1: Ortsteile der Stadt Minden (Quelle: Stadt Minden) .....	6
Abbildung 2.2: Verkehrsanbindung Minden (www.minden.de) .....	7
Abbildung 2.3: Anteile der Endenergie nach Sektoren – Stadt Minden [energielenker projects; Datengrundlage Stadtwerke Minden und Schornsteinfegerinnung OWL] .....	9
Abbildung 2.4: Endenergieeinsatz nach Sektoren und Energieträger - Stadt Minden [energielenker projects; Datengrundlage Stadtwerke Minden und Schornsteinfegerinnung OWL] ....	10
Abbildung 2.5: THG-Emissionen nach Sektoren - Stadt Minden [energielenker projects] .....	11
Abbildung 2.6: Anteile der Gas- und Ölheizungen - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL] .....	12
Abbildung 2.7: Bestand der Gas- und Ölheizungen nach Leistungsklasse - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL] .....	13
Abbildung 2.8: Bestand an Feststoffanlagen - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL] .....	13
Abbildung 2.9: Bestand an Blockheizkraftwerken - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL] .....	14
Abbildung 2.10: Prozentuale Verteilung der erfassten Energieträger [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL] .....	14
Abbildung 2.11: Anzahl der Gas- und Ölheizungsanlagen nach Altersklasse [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL] .....	15
Abbildung 3.1: Komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien [KEA-BW, Grafik verändert nach Research Center 4DH, Universität Aalborg, Abkürzung WP: Wärmepumpe]) .....	19
Abbildung 3.2: Wärmespezifischer Urbanitätsgrad in Abhängigkeit von Wärmedichte und Siedlungstyp [Roedel & Partner].....	20
Abbildung 3.3: Prinzip Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Biomasse [www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse].....	21
Abbildung 3.4: Freiflächen-Solarthermieanlage in Crailsheim [www.sonnewindwaerme.de/solarthermie/solare-waermenetze-baden-wuerttemberg] .....	22
Abbildung 3.5: Wärmeerzeugung durch die Nutzung von Geothermie (www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm) .....	24
Abbildung 3.6: Nutzung von Abwasserwärme [www.um.baden- wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung/] .....	25
Abbildung 3.7: Energieintensität verschiedener Branchen [Hirtzel und Sonntag] .....	27
Abbildung 3.8: Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme in Abhängigkeit vom Temperaturniveau [dena] .....	28
Abbildung 3.9: Funktionsweise Elektrodenheizkessel [Stadtwerke Flensburg].....	29
Abbildung 3.10: Das Prinzip von „Power-to-Gas“ [Fraunhofer Institut] .....	30
Abbildung 4.1: Prozentualer Anteil der Gebäudetypen - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Stadtwerke Minden].....	32
Abbildung 4.2: Altersstruktur der Wohngebäude - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Zensus 2011] .....	32
Abbildung 4.3: Endenergieeinsparung bei Erreichung verschiedener Sanierungsraten [energielenker projects] .....	33
Abbildung 4.4: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heizungstausch und Sanierung [energielenker projects] .....	36

Abbildung 4.5: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heizungstausch und Sanierung [energielenker projects] .....	37
Abbildung 4.6: Ausschnitt aus dem Solarpotenzialkataster des Landes NRW – Ermitteltes Solarpotenzial auf Dachflächen [Energieatlas NRW].....	38
Abbildung 4.7: Berechnungsschema zur Bestimmung der Strom- und Wärmepotenziale über den Technologiepfad Biogas aus Anbaubiomasse (Quelle: LANUV Potenzialstudie Erneuerbare Energien) .....	41
Abbildung 4.8: Eignung für Erdwärmekollektoren [Geologischer Dienst NRW] .....	42
Abbildung 4.9: Schutzgebiete und hydrogeologisch kritische Bereiche [Geologischer Dienst NRW]....	43
Abbildung 4.10: Eignung für Sonden (100m) [Geologischer Dienst NRW] .....	44
Abbildung 4.11: Tagesmitteltemperaturen der Weser nach Rohdaten des LANUV [LANUVa].....	45
Abbildung 4.12: Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind [UBA, 2008].....	46
Abbildung 5.1: Wärme-Hotspots in Minden [energielenker projects].....	49
Abbildung 5.2: Abgrenzung Hotspot Melittabad [energielenker projects] .....	50
Abbildung 5.3: Wärmeklassen [energielenker projects] .....	50
Abbildung 5.4: Ausbaustufen [energielenker projects].....	50
Abbildung 5.5: Abgrenzung Hotspot im Hohen Felde [energielenker projects].....	51
Abbildung 5.6: Abgrenzung Hotspot Stettiner Straße [energielenker projects].....	52
Abbildung 5.7: Abgrenzung Hotspot Stettiner Straße [energielenker projects].....	53
Abbildung 5.8: Abgrenzung Hotspot Portastraße/ Poststraße [energielenker projects].....	54
Abbildung 5.9: Abgrenzung Hotspot Hansastrasse [energielenker projects].....	55
Abbildung 5.10: Abgrenzung Hotspot Oberstraße [energielenker projects].....	56
Abbildung 5.11: Abgrenzung Hotspot Mittelweg/ Bismarckstraße [energielenker projects].....	57
Abbildung 5.12: Abgrenzung Hotspot Kingsleyallee [energielenker projects].....	58
Abbildung 5.13: Abgrenzung Hotspot Am Exerzierplatz [energielenker projects].....	59
Abbildung 5.14: Fachwerkhäuser am Johanneskirchhof in Minden (Ulrich Antas, Minden / pixelio.de)	60
Abbildung 6.1: Wärmemix in 2040 im R75-Szenario [energielenker projects].....	61
Abbildung 6.2: Anteile der Energieträger im Wärmenetz 2040 – R75 [energielenker projects] .....	62
Abbildung 6.3: Entwicklung des Wärmemixes - R75-Szenario [energielenker projects].....	63
Abbildung 6.4: Entwicklung der THG-Emissionen - R75-Szenario [energielenker projects] .....	63
Abbildung 6.5: Wärmemix in 2040 - R75 (synth. Methan) [energielenker projects] .....	64
Abbildung 6.6: Entwicklung des Wärmemixes bis 2040 - R75 (synth. Methan) [energielenker projects] .....	65
Abbildung 6.7: Wärmemix in 2040 – R95-Szenario [energielenker projects].....	66
Abbildung 6.8: Anteile der Energieträger im Wärmenetz 2040 – R95 [energielenker projects] .....	66
Abbildung 6.9: Entwicklung des Wärmemixes - R95-Szenario [energielenker projects].....	67
Abbildung 6.10: Entwicklung der THG-Emissionen - R95-Szenario [energielenker projects].....	67
Abbildung 6.11: Wärmemix in 2040 - R95 (synth. Methan) [energielenker projects].....	68
Abbildung 6.12: Entwicklung des Wärmemixes - R95-Szenario (synth. Methan) [energielenker projects] .....	69
Abbildung 7.1: Sanierungskosten nach Gebäudetyp und -alterklassen [energielenker projects] .....	71
Abbildung 7.2: Anzahl der zu sanierenden Wohngebäude nach Gebäudetyp und -altersklasse [energielenker projects].....	71
Abbildung 7.3: Sanierungskosten nach Gebäudetyp und -altersklasse [energielenker projects].....	71
Abbildung 8.1: Methode zur Identifizierung von Eignungsgebieten für Wärmenetze [energielenker projects] .....	76
Abbildung 8.2: Energieplan – Minden 2040 [energielenker projects] .....	77
Abbildung 8.3: Bestehendes Fernwärmenetz in Minden [energielenker projects] .....	78



Abbildung 8.4. Ausbaustufe 1 des Fernwärmenetzes in Minden [energielenker projects]..... 78  
 Abbildung 8.5: Ausbaustufe 2 des Fernwärmenetzes in Minden [energielenker projects]..... 78  
 Abbildung 8.6: Evolution der Wärmenetze (Quelle: MrmwAndol nach Henrik Lund et al: 4th Generation District Heating (4GDH) ..... 79

**TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Emissionsfaktoren der Energieträger (Quelle: energielenker projects 2020 auf Grundlage des GEG). ..... 10  
 Tabelle 2: Einsparpotenzial der Wohngebäude - Stadtgebiet Minden [energielenker projects]..... 33  
 Tabelle 3: Anforderungen an den U-Wert gem. KfW Einzelmaßnahme [energielenker projects nach KfW] ..... 33  
 Tabelle 4: Grundlagendaten für R75-Ziel [energielenker projects nach IREES 2015]..... 34  
 Tabelle 5: Grundlagendaten für R95-Ziel ..... 35  
 Tabelle 6: Endenergieeinsparung durch verbesserte Anlageneffizienz [energielenker projects]..... 35  
 Tabelle 7: Übersicht des Photovoltaik-Potenzials - Stadtgebiet Minden [energielenker projects] ..... 38  
 Tabelle 8: Industriebetriebe mit möglichem Abwärmepotenzial ..... 47  
 Tabelle 9: Industrie und Gewerbe mit Abwärmepotenzial..... 48  
 Tabelle 10: Zusammenfassung der Ergebnisse - R75 [energielenker projects] ..... 64  
 Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse - R75 (synth. Methan) [energielenker projects]..... 65  
 Tabelle 12: Zusammenfassung der Ergebnisse - R95 [energielenker projects] ..... 68  
 Tabelle 13: Zusammenfassung der Ergebnisse - R95 (synth. Methan) [energielenker projects]..... 69  
 Tabelle 14: Gebäude der Stadt Minden nach Art der Berücksichtigung in der Kostenberechnung [energielenker projects]..... 70  
 Tabelle 15: Referenzkennwerte der zu sanierenden Gebäude [energielenker projects] ..... 70  
 Tabelle 16: Spezifische Kennwerte zur Kostenabschätzung der Wärmeerzeuger im Wärmenetz [energielenker projects nach AGFW, Perspektive der Fernwärme, 2020) ..... 73  
 Tabelle 17: Kostenberechnung der Wärmeerzeuger des Wärmenetzes im R95-Szenario [energielenker projects] ..... 73  
 Tabelle 18: Gebäudezahlen im Wärmenetzgebiet sowie spezifische Kosten für Sticheleitungen und Übergabestationen [energielenker projects]..... 73  
 Tabelle 19: Kostenübersicht nach Systembestandteil im Wärmenetz [energielenker projects] ..... 74  
 Tabelle 20: Übersicht der Investitionskosten zur Systemtransformation [energielenker projects]..... 75

## 1 EINLEITUNG

### 1.1 HINTERGRUND UND MOTIVATION

Die Stadt Minden hat die Aufgabe des Klimaschutzes bereits in der Vergangenheit als eine wichtige kommunale Aufgabe verstanden und befasst sich daher seit einigen Jahren mit Maßnahmen zur Einschränkung der Treibhausgasemissionen auf dem Stadtgebiet. Zu nennen sind hier die Erstellung des Klimaschutzkonzeptes im Jahr 2013 und die Umsetzung von darin erarbeiteten Maßnahmen sowie die erfolgreiche Teilnahme am European Energy Award (EEA) seit 2016 (Auszeichnung 2019). Darüber hinaus ist die Stadt bereits seit einigen Jahren in vielen Einzelprojekten aktiv.

Die Aktivitäten der Stadt Minden zu den Themen „Klimaschutz und Klimaanpassung“ sowie „Energiewende“ werden seit dem Jahr 2019 im Vergleich zu den Vorjahren nochmals intensiviert. Über entsprechende politische Beschlüsse (vgl. Stadtverordnetenversammlung vom 11.07.2019) werden umfassende Handlungen eingefordert. Die Stadt Minden wird zukünftig einen strategischen Schwerpunkt im Bereich Klima- und Umweltschutz setzen.

Neben den politischen Forderungen ist es das Ziel der Stadtverwaltung, die zukünftige Entwicklung der Stadt Minden klimaneutral auszugestalten.

Im Bereich der Energieversorgung sind zwei Großprojekte auf dem Stadtgebiet momentan in einem Entwicklungsstadium, welches strategische Entscheidungen hinsichtlich einer zukünftigen Energie- und Wärmeversorgung im Stadtgebiet erforderlich macht. Dabei handelt es sich zum einen um die zukünftige Nutzung der Überkapazitäten im Fernwärmenetz westlich der Weser (Umfeld Melitta), zum anderen um den geplanten Ausbau des EBS-Heizkraftwerks auf dem rechten Weserufer.

Mit dem vorliegenden strategischen Energie- und Wärmekonzept „Minden 2040“ sollen die Themen Wärmeversorgung und

Sektorenkopplung in einer mittel- bis langfristigen Strategie berücksichtigt werden. Auch die weitere Entwicklung der Stadt Minden im Bereich der Digitalisierung (Smart City) wird im Rahmen der Strategie thematisiert.

Ein vernetztes Denken zwischen den relevanten Akteuren und Verbrauchssektoren in Minden führt zu mehr Energieeffizienz sowie zur Erhöhung der Energieerzeugung aus regenerativen Energiequellen und Abwärme. Daher werden im Erstellungsprozess des Konzeptes verstärkt Wirtschaftsunternehmen eingebunden, die mit ihrem hohen Energiebedarf und gleichzeitiger Nähe zu anderen Energieverbrauchern und -erzeugern, ein großes Potenzial für eine integrierte Wärmenutzung bieten.

Auf diese Weise erhält die Stadt Minden ein Instrument, um die zukünftige Stadtentwicklung strategisch an den beschlossenen Klimaschutzziele auszurichten und systematisch die dafür erforderlichen Weichenstellungen vornehmen zu können.

### 1.2 VORGEHENSWEISE UND PROJEKTPLANUNG

Zur erfolgreichen Konzepterstellung bedarf es einer ausführlichen Vorarbeit und einer systematischen Projektbearbeitung. Hierzu sind unterschiedliche Arbeitsschritte notwendig, die aufeinander aufbauen und die relevanten Einzelheiten sowie projektspezifischen Merkmale einbeziehen. Die Konzepterstellung lässt sich grob in die nachfolgenden Bausteine gliedern:

1. Analyse & Bewertung der Ist-Situation
2. Darstellung der verfügbaren Technologie-Matrix

3. Darstellung der Potenziale und Aufstellung von Szenarien

4. Akteursbeteiligung

5. Wärmeplan „Minden 2040“

Die einzelnen Bausteine bauen aufeinander auf und sind nicht trennscharf abzugrenzen. Die Vorgehensweise der einzelnen Arbeitsschritte wird in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beschrieben.

Die nachfolgende Abbildung visualisiert die Zeitschiene, diese zeigt die gewählte Vorgehensweise sowie den zeitlichen Rahmen der Konzeptarbeit. Zur Prozessbegleitung fand eine regelmäßige Abstimmung mit dem Auftraggeber statt. Am 16.02.2021 wurde das Projektvorhaben ebenfalls durch die Lenkungsgruppe im Arbeitskreis Perspektiven der Mindener Energieversorgung vorgestellt und diskutiert.

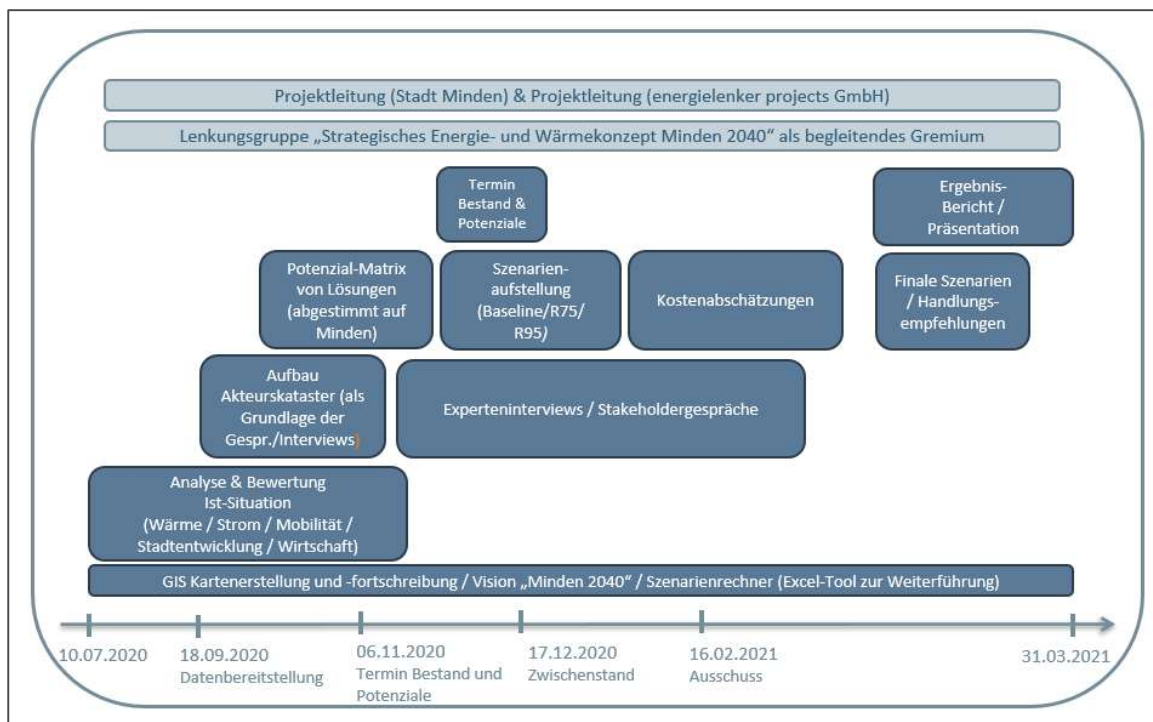


Abbildung 1.1: Zeitschiene [energielenker projects]

## 2 DARSTELLUNG DER AUSGANGSSITUATION

### 2.1 KOMMUNALE BASISDATEN

Minden ist eine junge Stadt mit einer über 1200-jährigen Geschichte. Mit ihrer lebendigen Kulturlandschaft, mit Museen, Theater und Baudenkmälern und wichtigen öffentlichen Einrichtungen wie dem Johannes-Wesling-Klinikum und der Fachhochschule, stellt die Stadt Minden ein wichtiges Oberzentrum im Mindener Land dar.

Nach der Hauptsatzung der Stadt wurden in der Stadt Minden 19 Stadtbezirke gebildet. Die Namen und die Lage der Stadtbezirke werden in Abbildung 2.1 dargestellt.

Die Stadt Minden liegt im Nordosten des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen (NRW) und ist Verwaltungssitz des ostwestfälischen Kreises Minden-Lübbecke im Regierungsbezirk Detmold.

#### 2.1.1 Geografische Lage

Die Stadt liegt beiderseits der Weser im Flachland und reicht mit den Stadtbezirken Häverstädt, Dützen und Haddenhausen im Süden bis an den Kamm des Wiehengebirges heran. Charakteristisch für die Stadt ist das Wasserstraßenkreuz, an dem sich der Mittellandkanal und die Weser in einem Bauwerk kreuzen.

#### 2.1.2 Demografische Entwicklung

Minden weist aktuell ein leichtes Wachstum auf und zählt 84.158 Einwohner (Stand: Dezember 2019). In einer Prognose rechnet die Bertelsmann-Stiftung bis 2030 jedoch mit einem leichten relativen Bevölkerungsrückgang von -4,5 % und einem Anstieg der älteren Bevölkerungsgruppe (über 80 Jahre) um 26,9 %.

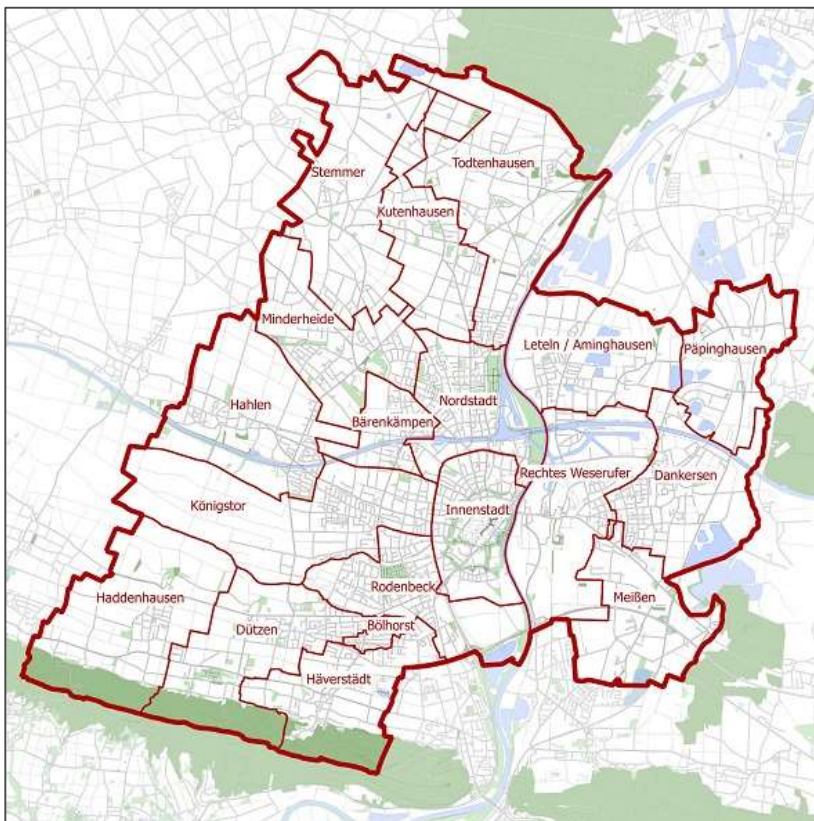


Abbildung 2.1: Ortsteile der Stadt Minden (Quelle: Stadt Minden)

### 2.1.3 Energieversorgung

Die Mindener Stadtwerke sind der lokale Energieversorger für die Stadt Minden sowie die umliegenden Städte Petershagen, Bückeburg, Porta-Westfalica und Hille. Unter dem Motto „Energie. Für uns. Für morgen.“ beliefern sie die Haushalte und Unternehmen im Versorgungsgebiet mit Erdgas, Wasser und Strom.

Der Wärmenetzbetreiber Energieservice Westfalen Weser erzeugt Fernwärme im Heizkraftwerk Minden Nord und versorgt damit Teile der Innenstadt.

### 2.1.4 Wirtschaft

Bedingt durch die gute Anbindung an verschiedene Verkehrsträger ist Minden traditionell ein bedeutender Umschlagplatz und Standort zahlreicher Industrie- und Gewerbeunternehmen. Die Wirtschaftsstruktur ist u. a. geprägt von der Elektroindustrie,

der Chemieindustrie, der Lebensmittelindustrie sowie durch Logistik - Unternehmen. Neben den großen und traditionsreichen Firmen wie Melitta und Wago haben insgesamt rund 3.600 Unternehmen und Betriebe ihren Sitz in Minden.

### 2.1.5 Verkehrliche Anbindung

Die Stadt Minden befindet sich zwischen den Autobahnen A2 und A30. In Kombination mit der Anbindung an das Bahnnetz und den kurzen Wegen zu den Wirtschaftsregionen Hannover, Braunschweig, Göttingen, Oldenburg und OWL liegt Minden somit an zentral wichtigen Verkehrswegen. Die Flughäfen Hannover und Paderborn sind binnen einer Stunde zu erreichen. Mit dem geplanten Containerterminal RegioPort Minden Weser kann die Stadt das Potenzial des Wasserstraßenkreuzes nachhaltig ausnutzen. Schon heute ist der Industriehafen voll ausgelastet und verbindet Straße, Schiene und Wasserwege effizient miteinander.



Abbildung 2.2: Verkehrsanbindung Minden (www.minden.de)

## 2.2 METHODIK DER DATENAUSWERTUNG

Zur Entwicklung einer zukunftsfähigen Wärmestrategie ist zunächst eine Analyse der Ist-Situation erforderlich. Dazu wurden die Endenergieverbräuche aus Gas und Fernwärme aus den von der Stadt Minden zur Verfügung gestellten Daten zu Gasverbrauch und Nah- bzw. Fernwärmebedarf ermittelt.

Neben dem genannten Datensatz wurden die Daten der Bezirksschornsteinfeger für das Stadtgebiet Minden sowie die Endenergieverbräuche der kommunalen Gebäude von der Stadt zur Verfügung gestellt. Durch die ergänzenden Daten konnten die nicht-leitungsgebundenen Energieträger bestimmt werden.

Die Daten des Schornsteinfegers enthalten sowohl die Anzahl der jeweiligen Anlagenarten nach Energieträger als auch eine Einteilung in Leistungs- / sowie Altersklassen.

Um von der Anlagenleistung der Ölheizungen auf die eingesetzte Endenergiemenge schließen zu können, wurden die Volllaststunden der leitungsgebundenen Energieträger anhand der, durch die Schornsteinfeger vorhandenen Leistungsdaten der Gasanlagen, ermittelt und für die Berechnung der Wärmemenge zu den nicht-leistungsgebundenen Energieträger herangezogen. Dazu erforderlich war die Mittelung der Leistungsklassen, die eine Annäherung an die tatsächlichen Endenergiewerte darstellt. Das Erfassungsschema der Daten des Schornsteinfegers umfasst keine Einteilung in Gebäudetypen oder Sektoren, sodass eine Abgrenzung anhand der Wärmeleistung vorgenommen wurde. Die Anlagen mit einer Leistung kleiner als 50 kW sind dem Privatsektor zugeordnet worden. Da die Daten der kommunalen Gebäude gebäudescharf vorlagen, konnten diese eindeutig zugeordnet werden. Durch diese Einordnung der Heizanlagen konnte die Differenz zur Gesamtanzahl dem Wirtschaftssektor zugewiesen werden.

Keine Daten liegen zur Wärmebereitstellung durch Solarthermie und Umweltwärme vor. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die vorhandenen Daten den Großteil der eingesetzten Energieträger abbilden. Wenngleich erneuerbare Energien bereits einen entscheidenden Anteil am Strommix in Deutschland haben, so ist der Anteil im Wärmebereich derzeit als gering einzuschätzen. Recherchearbeiten innerhalb der Studie lassen die Vermutung zu, dass dies auch auf die Wärmeversorgung auf dem Mindener Stadtgebiet zutrifft.

Ergänzend zur Energiebilanz wurde eine Treibhausgasbilanz erstellt. Zur Erstellung der Treibhausgasemissionen wurden im Wesentlichen die CO<sub>2</sub>-Faktoren des Gebäudeenergiegesetz [GEG 2020] herangezogen. Ausnahmen davon wurden gekennzeichnet und beschrieben.

## 2.3 ENDENERGIEEINSATZ ZUR WÄRMEBEREITSTELLUNG UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Für die Erstellung von Reduktionsszenarien ist die Definition einer Ausgangsbilanz erforderlich. Aufgrund der Daten aus verschiedenen Quellen und Jahren (2018/2019) sowie notwendigen Hochrechnungen, ist sie als Annäherung an den tatsächlichen Endenergieeinsatz zu verstehen. Die Endenergie ist die Energie, die nach Wandlungs- und Übertragungsverlusten von der Primärenergie übrigbleibt und die den Hausanschluss des Energienutzers passiert.

Die Ausgangsbilanz dient als Grundlage, um nach der Bewertung verschiedener Einsparpotenziale in den Sektoren Privat, Wirtschaft und Kommune, den Endenergiebedarf im Jahr 2040 zu prognostizieren.

Ein interkommunaler Vergleich dieser Bilanz ist häufig nicht zielführend, da regionale und strukturelle Unterschiede sehr hohen Einfluss auf die Energieverbräuche und THG-Emissionen von Kommunen haben.

Im Folgenden werden die Endenergieverbräuche sowie die THG-Emissionen der Stadt Minden, aufgeschlüsselt nach Sektoren, dargestellt.

### 2.3.1 Endenergieeinsatz zur Wärmebereitstellung Stadt Minden

Das Stadtgebiet Minden weist sektorenübergreifend einen Endenergiebedarf von rund 1.250 MWh auf.

Die Abbildung 2.3 stellt die prozentuale Verteilung der Endenergieeinsätze je Sektor dar. Demnach lässt sich anhand der nachfolgenden Verteilung feststellen, dass der Sektor der privaten Haushalte mit 54 % den größten Anteil am Gesamtendenergieeinsatz ausmacht. Der Sektor Wirtschaft hat einen Anteil von 45 %, die kommunalen Gebäude von 1 %.

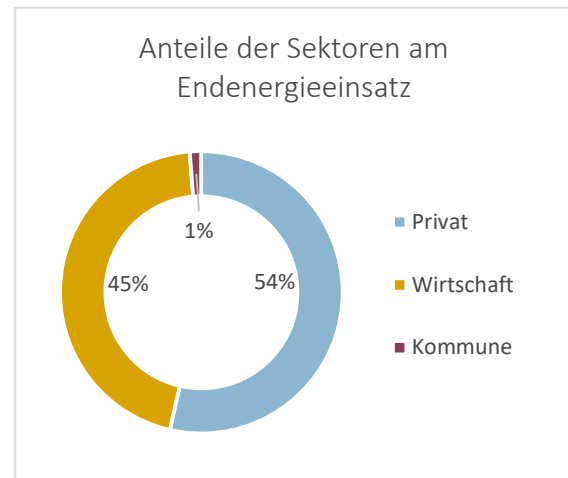


Abbildung 2.3: Anteile der Endenergie nach Sektoren – Stadt Minden [energielenker projects; Datengrundlage Stadtwerke Minden und Schornsteinfegerinnung OWL]

Das leitungsgebundene Erdgas ist in allen Sektoren der am häufigsten eingesetzten Energieträger und hat einen Anteil von rund 71 % an der Wärmezeugung.

Der Wirtschaftssektor setzt dabei prozentual mehr auf Erdgas zur Wärmebereitstellung als der Privatsektor. Die Unternehmen nutzen zu 78 % Erdgas. Der Privatsektor hingegen etwa 65 %. Dies lässt sich auf ein gut ausgebautes Gasnetz zurückführen. Zukünftig kann dieses Netz zu einer nachhaltigen Energieversorgung beitragen, indem es zur Verteilung klimafreundlicher, leitungsgebundener Energieträger wie synthetisches Erdgas oder Wasserstoff genutzt wird.

Der Energieträger Öl weist über alle Sektoren hinweg einen Anteil von 23 % auf. Insgesamt stellen die Energieträger Gas und Öl somit 94 % der Energie zur Wärmebereitstellung. Der verbleibende Bedarf wird durch Holz bzw. das erdgasbasierte Wärmenetz mit jeweils rund 3 % gedeckt.

Der Wärmebedarf der kommunalen Gebäude wird bereits zu knapp 41 % durch das o. g. Wärmenetz gedeckt, sodass der Anteil von Erdgas mit 59 % um mehr als 10 %-Punkte, unter dem der anderen Sektoren liegt. Heizöl hat keinen nennenswerten Anteil an der Wärmeversorgung kommunaler Gebäude (<1 %).

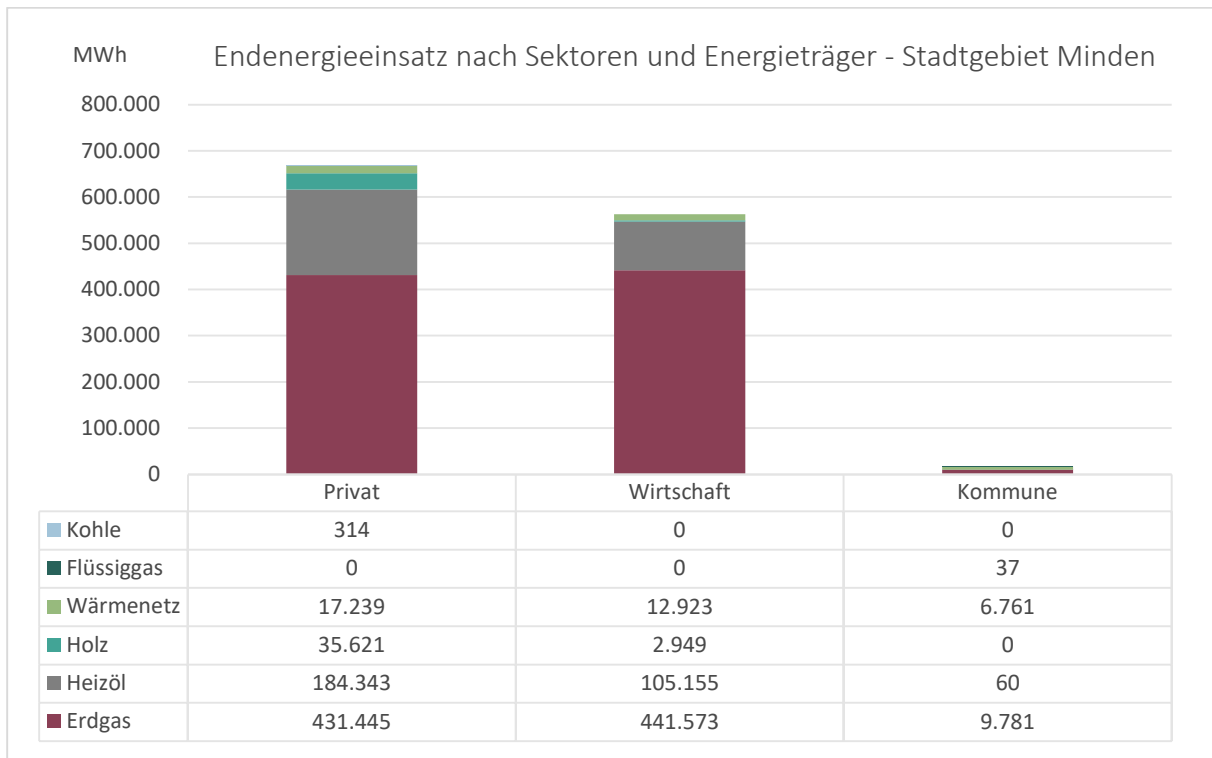


Abbildung 2.4: Endenergieeinsatz nach Sektoren und Energieträger - Stadt Minden [energielenker projects; Datengrundlage Stadtwerke Minden und Schornsteinfegerinnung OWL]

### 2.3.2 THG-Emissionen in der Stadt Minden

Die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren sind durch den Gesetzgeber im Gebäudeenergiegesetz (GEG) bestimmt und werden nachfolgend zur Bilanzierung angewandt. Bei diesen Emissionsfaktoren handelt es sich um sogenannte LCA-Faktoren (life-cycle-analysis, engl. für Lebenszyklusanalyse), also Faktoren, welche die gesamten zur Produktion und Distribution benötigten Vorketten mit einbeziehen. Da es sich um CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Faktoren handelt, also Emissionsfaktoren, die Kohlenstoffdioxid-Äquivalente bewerten, wurden die Wirkungen weiterer Treibhausgase neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), wie z. B. Methan und Stickoxide, in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet und mit in den Faktor einbezogen. Beispielsweise entspricht 1 kg Methan etwa 21 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent. Deshalb sind die verwendeten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren immer etwas höher als reine CO<sub>2</sub>-Faktoren, da die Auswirkungen weiterer Treibhausgase mit

bilanziert werden (im Folgenden vereinfacht nur mit CO<sub>2</sub> bezeichnet). Eine Ausnahme stellt der Emissionsfaktor für Wärmenetze dar. Dieser wurde individuell ermittelt und beträgt für die Bestandsanalyse 168 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde. Zum Vergleich: Der Emissionsfaktor für ein allgemeines Wärmenetz, das mit gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen betrieben wird, beträgt nach GEG 2020 180 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde.



Tabelle 2.1: Emissionsfaktoren der Energieträger  
(Quelle: energielenker projects 2020 auf Grundlage des GEG).

Ausgewählte Energieträger	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktor [g/kWh]
Heizöl	310
Erdgas	240
Wärmenetz	168*
Holz	20
Umweltwärme	0
Sonnenkollektoren	0
Biomethan**	40
Abfall	20
Flüssiggas	270
Kohle	430

\*von energielenker berechnet \*\*gilt für den Einsatz in Wärmenetzen mit einem Anteil der KWK von 70 %.

Entsprechend der aufgestellten Ausgangsbilanz fallen auf dem Stadtgebiet Minden CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von knapp 309.000 Tonnen pro Jahr an.

Entsprechend dem Energieträgereinsatz sind die prozentualen Anteile der Sektoren an den stadtweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen ähnlich, mit einem leichten Übergewicht des Privatsektors. Dieser hat einen Anteil von 53 %. Der Wirtschaftssektor hat einen Anteil von 46 %. Die übrigen Emissionen von weniger als 1 % entfallen auf die kommunalen Gebäude.

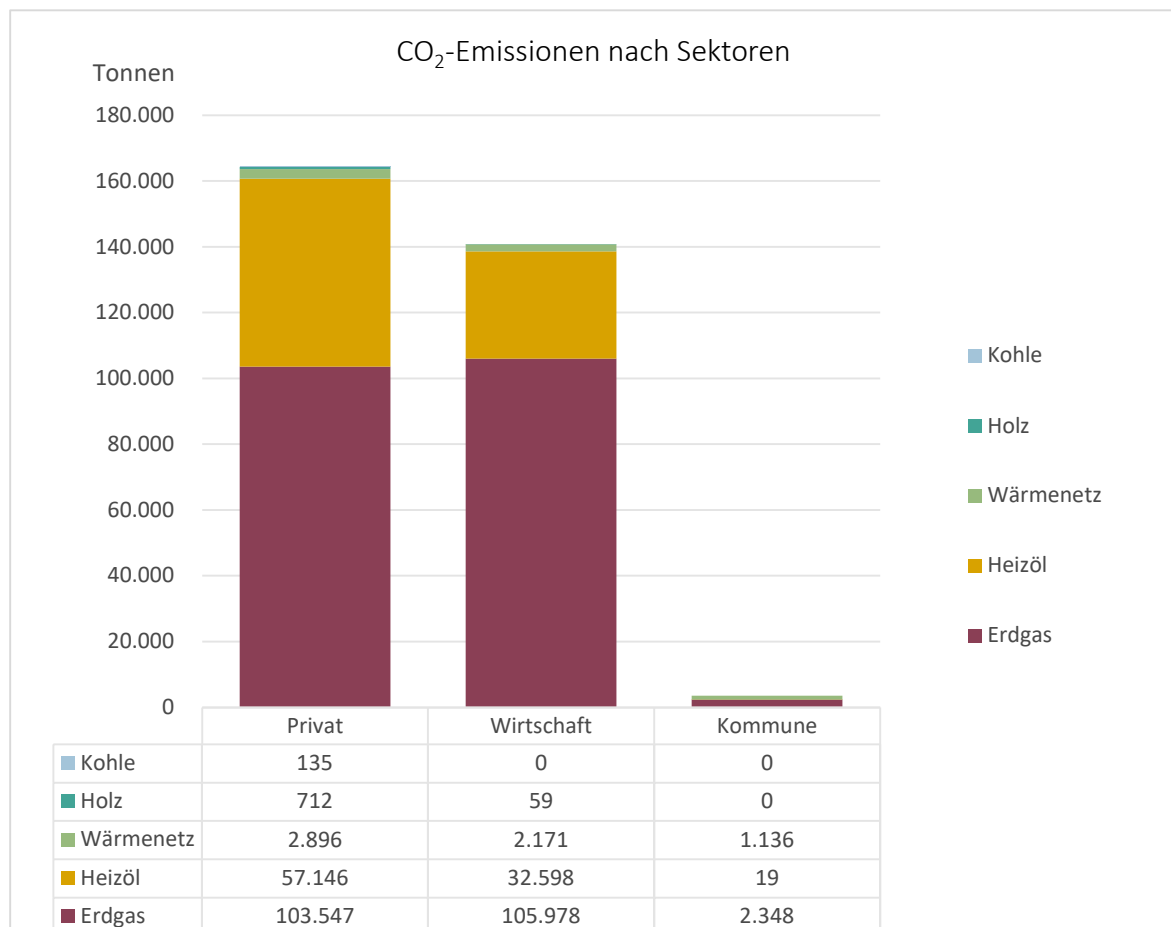


Abbildung 2.5: THG-Emissionen nach Sektoren - Stadt Minden [energielenker projects]

## 2.4 AUSWERTUNG DER ANLAGENTECHNIK

Insgesamt sind 32.301 heiztechnische Anlagen durch die Daten des Schornsteinfegers erfasst. Der Großteil (23.562 Anlagen) ist in Abbildung 2.7 nach Anzahl je Leistungsklasse dargestellt. In der Abbildung nicht enthalten sind Einzelfeuerungsanlagen, Blockheizkraftwerke sowie Feststoffheizungen, die aufgrund der Erfassungsstruktur der Schornsteinfeger-Innung in anderen Leistungsklassen aufgeschlüsselt und daher separat dargestellt sind.

Den Großteil der Heiztechnik bilden die knapp 11.000 Gasfeuerungsanlagen. Fast 9.000 dieser Anlagen entfallen auf den Leistungsbereich zwischen 10-25 kW, welche im Wesentlichen dem Wohngebäudebereich zugeordnet werden können. Im Bereich der Feuerungsanlagen bis 25 kW, als auch über das Gesamtbild, sind die Gasfeuerungsanlagen am häufigsten vertreten. Abbildung 2.6 zeigt, dass diese knapp die Hälfte der Öl- und Gasheizungen stellen. Die effizientere Ausführung, die Gasbrennwertgeräte, weisen einen Anteil von 32 % auf. Diese haben einen Effizienzvorteil aufgrund der Nutzung der Wärme im Abgas des Systems, sodass hier

bereits ein Effizienzpotenzial durch die Umrüstung der Heizwert-Gasheizungen auf die brennwertnutzenden Systeme festzustellen ist.

Weiterhin werden auf dem Stadtgebiet gut 4.200 Ölfeuerungsanlagen betrieben. Die Ölbrennwertanlagen haben einen Anteil von 2 % an den Öl- und Gasheizungen. Im Gegensatz zu den Gas-Brennwertanlagen, haben sich Öl-Brennwertanlagen im Allgemeinen nicht durchgesetzt und fanden keine weite Verbreitung. Dies gilt auch für Minden.

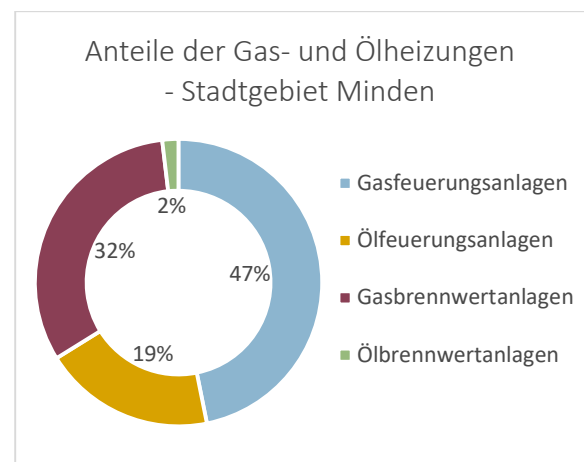


Abbildung 2.6: Anteile der Gas- und Ölheizungen - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL]

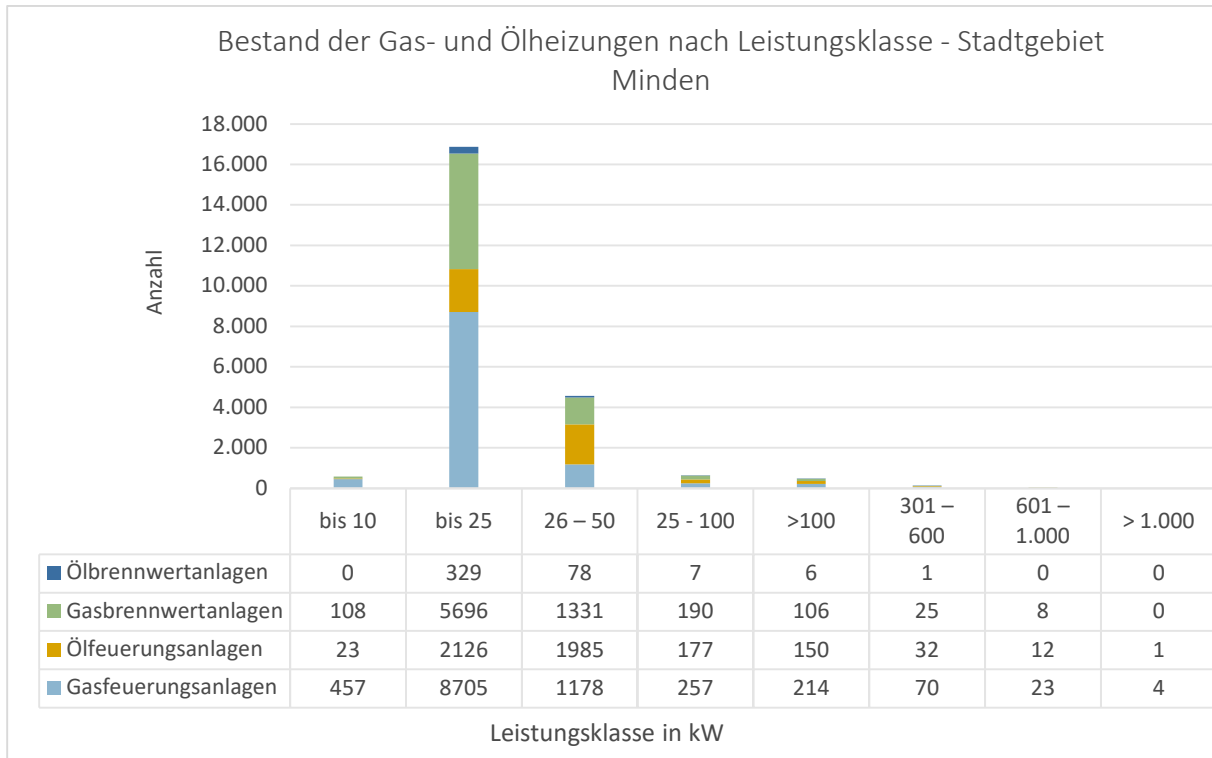


Abbildung 2.7: Bestand der Gas- und Ölheizungen nach Leistungsklasse - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL]

Die Anzahl der Feststoffanlagen ist der Abbildung 2.8 zu entnehmen. Der wesentliche Anteil der Anlagen liegt im Leistungsbereich bis 50 kW. Die Feststoffanlagen teilen sich in Holz- und Kohleheizungen, wobei die Feststoff-Kohleheizungen keinen nennenswerten Anteil haben. Laut den Daten des Schornsteinfegers werden auf dem gesamten Stadtgebiet drei Kohleheizungen betrieben. Dahingegen sind im Jahr 2019 263 Holzheizungen erfasst worden.

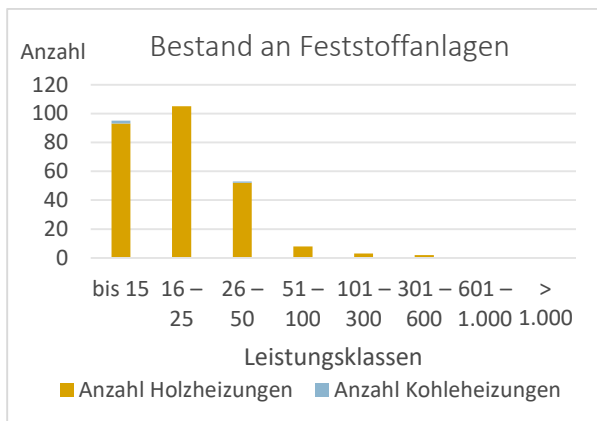


Abbildung 2.8: Bestand an Feststoffanlagen - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL]

Die Energieträger Holz und Kohle werden, neben dem Einsatz in den sogenannten Feststoffanlagen, auch in den Einzelraumfeuerstätten eingesetzt. Auch Öl kommt in diesen Feuerstätten auf dem Stadtgebiet Minden zum Einsatz. Eine Klassifizierung dieser Anlagen ist aufgrund der Erfassungsstruktur der Daten des Schornsteinfegers nicht möglich. Sämtliche Anlagen werden in der Kategorie *bis 15 kW* geführt. Hauptsächlich vertreten sind hier die Einzelraumfeuerungsanlagen, welche den Energieträger Holz zur Wärmeenergieerzeugung einsetzen. Insgesamt beläuft sich die Anzahl auf knapp 8.500 Anlagen. 69 Anlagen nutzen zur Wärmeerzeugung Kohle, weitere 28 Heizöl. Diese Anlagen werden vornehmlich als Kaminöfen ausgeführt sein.

Dementsprechend haben die Kohle beziehungsweise Heizölanlagen eine geringe prozentuale Beteiligung am Gesamtanteil mit jeweils unter einem Prozent.

Auf dem Stadtgebiet Minden werden auch Anlagen zur Wärmeerzeugung eingesetzt,

welche nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip arbeiten. Die Daten weisen eine Anzahl von insgesamt 58 Blockheizkraftwerken aus. Diese sind in die, in Abbildung 2.9 dargestellten Leistungsklassen nach eingesetztem Energieträger aufgeführt.

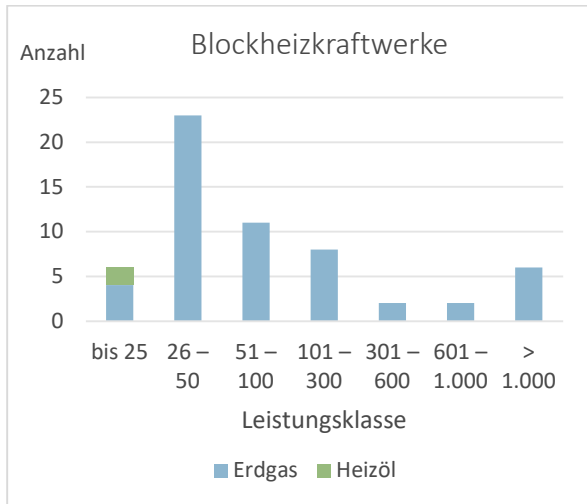


Abbildung 2.9: Bestand an Blockheizkraftwerken - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL]

Ölbetriebene BHKW's kommen lediglich im unteren Leistungsbereich bis 25 kW zum Einsatz. Biogasbetriebene BHKW's sind in den vorliegenden Daten nicht vorhanden.

Zur Darstellung der eingesetzten heiztechnischen Anlagen wurde die prozentuale Verteilung unabhängig von den Leistungsklassen summiert. Daraus hat sich die in Abbildung 2.10 dargestellte Verteilung ergeben.

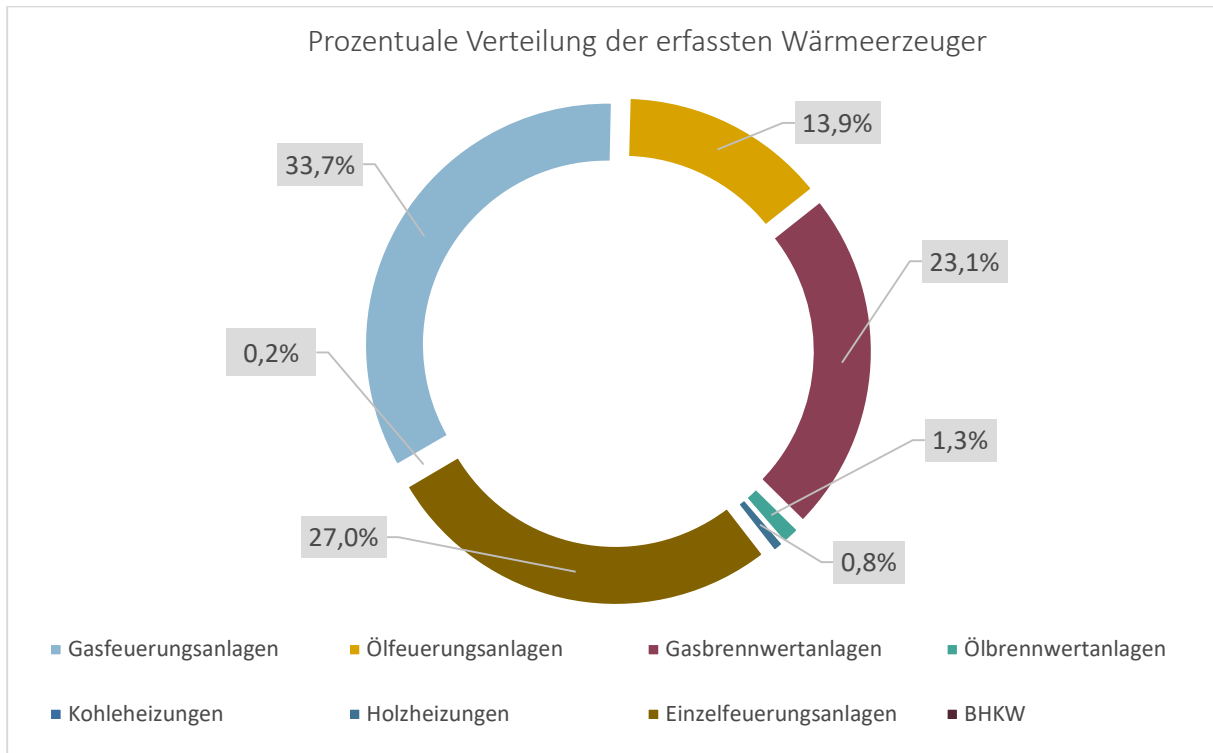


Abbildung 2.10: Prozentuale Verteilung der erfassten Energieträger [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL]

Die Anlagenart und insbesondere der eingesetzte Energieträger haben wesentlichen Einfluss auf die THG-Emissionen. Durch den Wechsel auf emissionsärmere Energieträger lassen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduzieren. Die Umrüstung auf effizientere Anlagen verspricht zudem eine Steigerung des Wirkungsgrades und dadurch eine effizientere Nutzung des Energieträgers und damit einhergehend eine Reduktion der THG-Emissionen. Dementsprechend wurden die Gas- und Ölheizungen auch auf das Alter hin aufgeschlüsselt. Aufgrund der Datenlage

können die Feststoffheizungen sowie die Einzelraumfeuerungsanlagen keiner Altersklasse zugewiesen werden.

Die Altersklassen der Daten des Schornsteinfegers reichen von 1978 bis 2016 und sind in fünf Zeitbereiche geteilt, welche hin zum Jahr 2016 jeweils größer werden. Umfasst die erste Altersklasse noch drei Jahre, so werden in der jüngsten Altersklasse von 1998 bis 2016 bereits 18 Jahre erfasst.

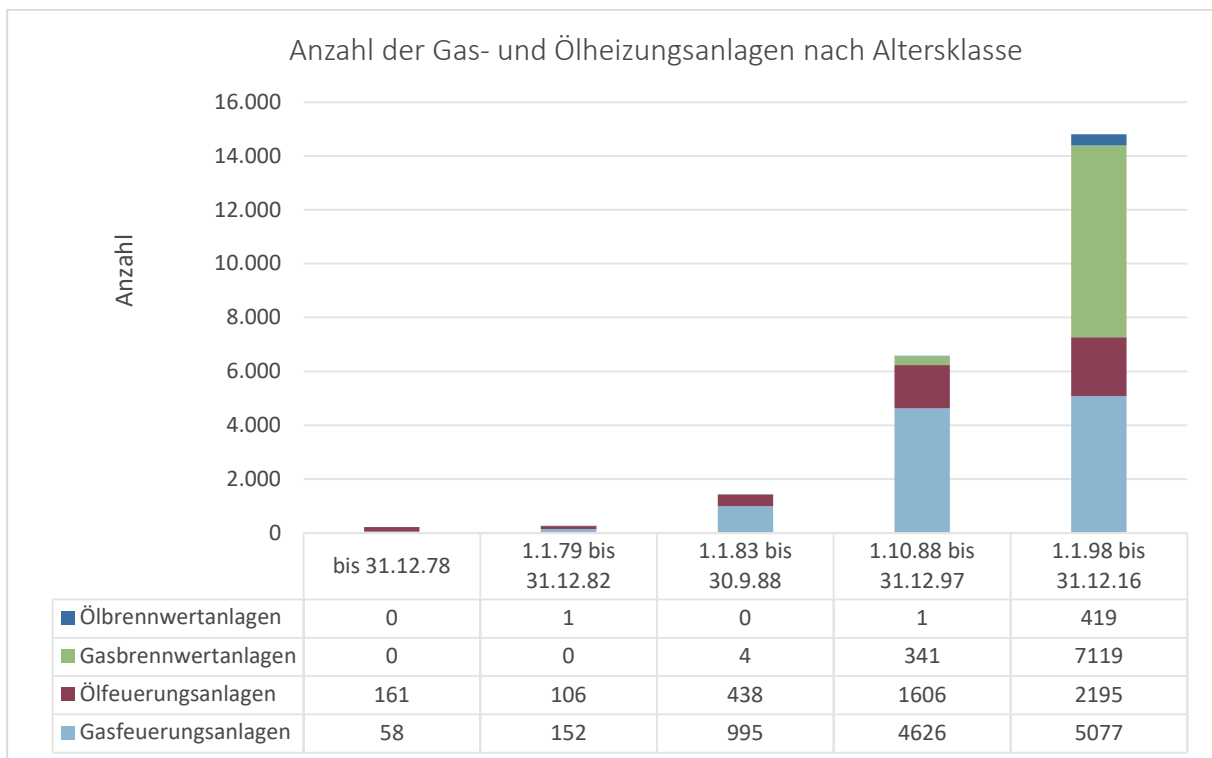


Abbildung 2.11: Anzahl der Gas- und Ölheizungsanlagen nach Altersklasse [energielenker projects; Datengrundlage Schornsteinfegerinnung OWL]

### 3 TECHNOLOGIEMATRIX

Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müssen die lokalen Wärmequellen lokalisiert und genutzt werden. Dazu stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung, von denen einige bereits ausgereift und jahrzehntelang erprobt sind, während andere, neue Technologien aktuell noch nicht wirtschaftlich eingesetzt werden können.

Um die zukünftige Rolle der Technologien am Energiemarkt bewerten zu können, sind die Aspekte des Flächenbedarfs bzw. Flächenverbrauchs, der örtlichen Verfügbarkeit, des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes sowie ökonomische Aspekte wie Investitionskosten und Betriebskosten zu analysieren. Neben der Erzeugung werden auch infrastrukturelle Aspekte, wie die Verteilung der Wärme über Fernwärmenetze sowie die Speicherung thermischer Energie eine wesentliche Rolle spielen. Lokale Wärmequellen können Abwärme aus dem Gewerbe, Abwasserwärme, Flusswasserwärme, Erdwärme, Solarenergie, oder bislang ungenutzte Biomasse sein. An einem konkreten Standort sind die Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme allerdings häufig so groß, dass für ein einzelnes Gebäude nur ein Bruchteil des Potenzials nutzbar ist. Effektiver und kostengünstiger ist es, die Potenziale möglichst umfassend zu erschließen. Das geht meist nur mit einem gebäudeübergreifenden Ansatz (Keimzelle) oder über ein Fernwärmenetz.

Im Abschnitte 3.1 werden zuerst die unterschiedlichen Wärmeversorgungsinfrastrukturen dargestellt und im Abschnitt 3.2 ein Überblick über die möglichen Wärmequellen und Nutzungs-Technologien gegeben.

#### 3.1 WÄRMEVERSORGUNGS-INFRASTRUKTUR

Für eine erfolgreiche Dekarbonisierung des Wärmesektors spielt nicht alleine die Nutzung erneuerbarer Wärmequellen eine wichtige Rolle. Ebenso wichtig ist die Rolle der

Infrastrukturen, dazu gehören Wärmenetze, Wärmespeicher aber auch die Gebäude selbst. Es kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft die Wärmeversorgung diverser wird und es stärker darauf ankommt, alle Akteure und Systembestandteile multivalent in das Versorgungssystem einzubeziehen. Das bedeutet, dass einzelne, in das Wärmenetz eingebundene Akteure zu unterschiedlichen Zeiten Wärmeabnehmer und Wärmelieferant sein können.

Um niedrig temperierte Wärme, zum Beispiel aus erneuerbaren Wärmequellen und Abwärme, aufnehmen zu können und bei der Verteilung möglichst wenig Wärme an die Umwelt zu verlieren, werden Wärmenetze sukzessive umgebaut und in moderne Wärmenetze transformiert. Voraussetzung dafür ist, dass dies technisch und aus Sicht der Wärmekunden bedarfsgerecht möglich und für die Betreiber der Wärmenetze wirtschaftlich zumutbar ist (bauliche Voraussetzungen Gebäude).

Bei einer steigenden Bedeutung der Versorgung durch Wärmenetze stellt sich die Frage, welche Rolle die heute oft flächendeckend vorhandenen Gasnetze in Zukunft spielen werden. Da für den wirtschaftlichen Betrieb der Wärmenetze die Anschlussquote entscheidend ist, gilt es zu vermeiden, dass Wärmenetze und Gasnetze miteinander konkurrieren und sich „kannibalisieren“. Gasnetze können perspektivisch als Speichermedium genutzt werden, indem sie vermehrt biogene und synthetische Gase aufnehmen und transportieren.

##### 3.1.1 Zentrale Wärmeversorgung

Die Zentrale Wärmeversorgung bezeichnet die Versorgung mehrerer Gebäude über Wärmeleitungen. Wärmenetze bieten einen strategischen Vorteil zum Erreichen der Klimaschutzziele: Bei der Modernisierung von Erzeugungsanlagen oder der Umstellung auf erneuerbare Energien werden auf einem Schlag alle angeschlossenen Verbraucher erreicht –

Maßnahmen in diesem Bereich haben also einen großen Hebel im Vergleich zu objektbezogenen Maßnahmen. Auf diese Weise können in der Fernwärme durch den Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energien verhältnismäßig schnell größere Mengen CO<sub>2</sub>-Emissionen vermieden werden.

Potenziale für Wärmenetze finden sich in städtebaulichen Strukturen mit entsprechend hoher Wärmedichte. Die Wärmedichte ist dabei ein Indikator für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmeleitungen – je höher die Wärmedichte, desto geringer fällt der Anteil der Leitungsverluste aus. Eine langfristige nachhaltige Fernwärmeversorgung weist ein niedrigeres Temperaturniveau auf und integriert lokale, erneuerbare Wärme und Abwärme. Dafür müssen schon heute durch geeignete Maßnahmen die Weichen für eine langfristige Transformation der Wärmeversorgung gestellt werden.

### 3.1.2 Keimzellen

Neben großen Fernwärmenetzen mit vielen Hausanschlüssen kann auch eine kleinere Gruppierung von Gebäuden über Wärmeleitungen von einer gemeinsamen Heizzentrale mit Wärme versorgt werden. Solche Nahwärmeinseln können als „Keimzellen“ Wärmeversorgungskonzepte im Quartier ermöglichen und nach und nach zu größeren Netzen zusammengeschlossen werden. Gute Voraussetzungen für eine Keimzelle bestehen für Gebäude, die einen großen Teil des Wärmeverbrauchs in einem Quartier ausmachen und durch einen Akteur verwaltet werden können, z.B. öffentliche Gebäude, Gebäude von Wohnungsbaugesellschaften oder -genossenschaften, Gewerbe oder Neubau. Für die Wärmeerzeugung wird ein geeigneter Standort für die Heizzentrale benötigt.

Solche „Keimzellen“ für Nahwärmeinseln sind in Bezug auf die Wärmeerzeugung grundsätzlich technologieoffen. Zur Wärmeversorgung können Erdgas-BHKWs als

Brückentechnologie eingesetzt werden, die dann sukzessive durch erneuerbare Wärme ersetzt werden.

### 3.1.3 Ebene Einzelgebäude

Nicht alle Gebäude können sinnvollerweise über Wärmenetze versorgt werden. Liegt der Wärmebedarf in einem Bereich unter 100 MWh/ (ha\*a), kann davon ausgegangen werden, dass ein Wärmenetz in diesem Bereich nicht wirtschaftlich ist und dass die Gebäude auch zukünftig durch dezentrale Einzelheizungsanlagen versorgt werden müssen.

Nur knapp ein Viertel der rund 20 Millionen Einzelheizungsanlagen in Deutschland sind auf dem aktuellen Stand der Technik, d.h. sie verfügen mindestens über Brennwerttechnologie oder nutzen erneuerbare Energien. Neben der Einsparung von Wärmeenergie durch Sanierungs- und Dämmmaßnahmen an der Gebäudesubstanz, stellt der Austausch von Öl- und Gas-Einzelheizungen ein großes Potenzial zum Erreichen der Klimaschutzziele dar.

Die hohen Investitionskosten und langen Produktzyklen von Heizungsanlagen erschweren dabei jedoch die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Die Kommune hat auf die Wahl der Heizungstechnologien auf der Ebene der Einzelgebäude nur geringen Einfluss, beispielsweise durch die Nutzung vertragsrechtlicher Instrumente wie z.B. Festlegungen in Kaufverträgen für Grundstücke oder Bebauungsplänen.

Für Gebäudeeigentümer ergibt sich jedoch häufig ein konkreter Anlass für einen Heizungstausch durch die bundesweiten attraktiven Fördermöglichkeiten.

### 3.1.4 Wärmespeicher

Während Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis fossiler Energieträger genau dann Wärme produzieren, wenn diese benötigt wird, findet die Wärmeerzeugung durch erneuerbare

Wärmequellen häufig zeitlich unabhängig vom Wärmebedarf statt. Wärmespeicher bieten je nach Speichertechnologie und Dimension die Möglichkeit die erzeugte Wärme über einen Zeitraum von einigen Stunden bis zu mehreren Monaten zu speichern, bis diese vom Wärmeabnehmer benötigt wird. Daher werden Wärmespeicher häufig in Kombination mit erneuerbaren Wärmequellen eingesetzt und finden sowohl auf der Ebene der Einzelgebäude als auch in Wärmenetzen Anwendung.

Folgende Wärmespeicher-Technologien kommen dabei zum Einsatz:

- Behälter-Wärmespeicher
- Erdbecken-Wärmespeicher
- Erdsonden-Wärmespeicher
- Aquifer-Wärmespeicher

### 3.1.5 Erdgasnetz

Eine Transformation des Wärmesektors hat ebenso Auswirkungen auf die Gestaltung der Strom- und Gasversorgungsnetze. Vor diesem Hintergrund stellt sich insbesondere für Betreiber und Eigentümer von Gasverteilnetzen die Frage, welche Funktion die Netze auf lange Sicht einnehmen werden und welche wirtschaftlichen Effekte damit verbunden sind.

Grundsätzlich kann die Gasinfrastruktur im Rahmen der Systemtransformation zukünftig eine wichtige Ergänzung zu den Erneuerbaren Energien darstellen. Dabei ist die Entwicklung der Gasverteilnetze insbesondere davon abhängig, inwieweit die bereits vorhandene Gasinfrastruktur zur Lösung der zunehmenden Flexibilitätsprobleme im Energiesystem beiträgt. Auch die sogenannten grünen Gase (Biogas, Biomethan, Wasserstoff oder synthetisches Methan) können bei der Veränderung des Energiesystems eine tragende Rolle spielen. Deren Nutzung muss zunächst in den Sektoren erfolgen, die aus technologischen Gründen auf die hohe Energiedichte des Brennstoffes angewiesen sind. Priorität werden zunächst die Sektoren Mobilität und Strombereitstellung haben, gefolgt von PtG-

Anlagen für die Kopplung der Sektoren und Nutzung in KWK-Anlagen.

Stehen Verantwortliche in Zukunft also vor der Entscheidung, ob und wie die Gasnetze ausgebaut werden sollen, muss dies insbesondere in Einklang mit der Fernwärmestrategie und in Betrachtung des gesamten Energiesystems erfolgen. In den dicht besiedelten Gebieten wird es auf Dauer wirtschaftlich nicht möglich sein, eine doppelte Infrastruktur aufrechtzuerhalten.

Abbildung 3.1 veranschaulicht die komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien.



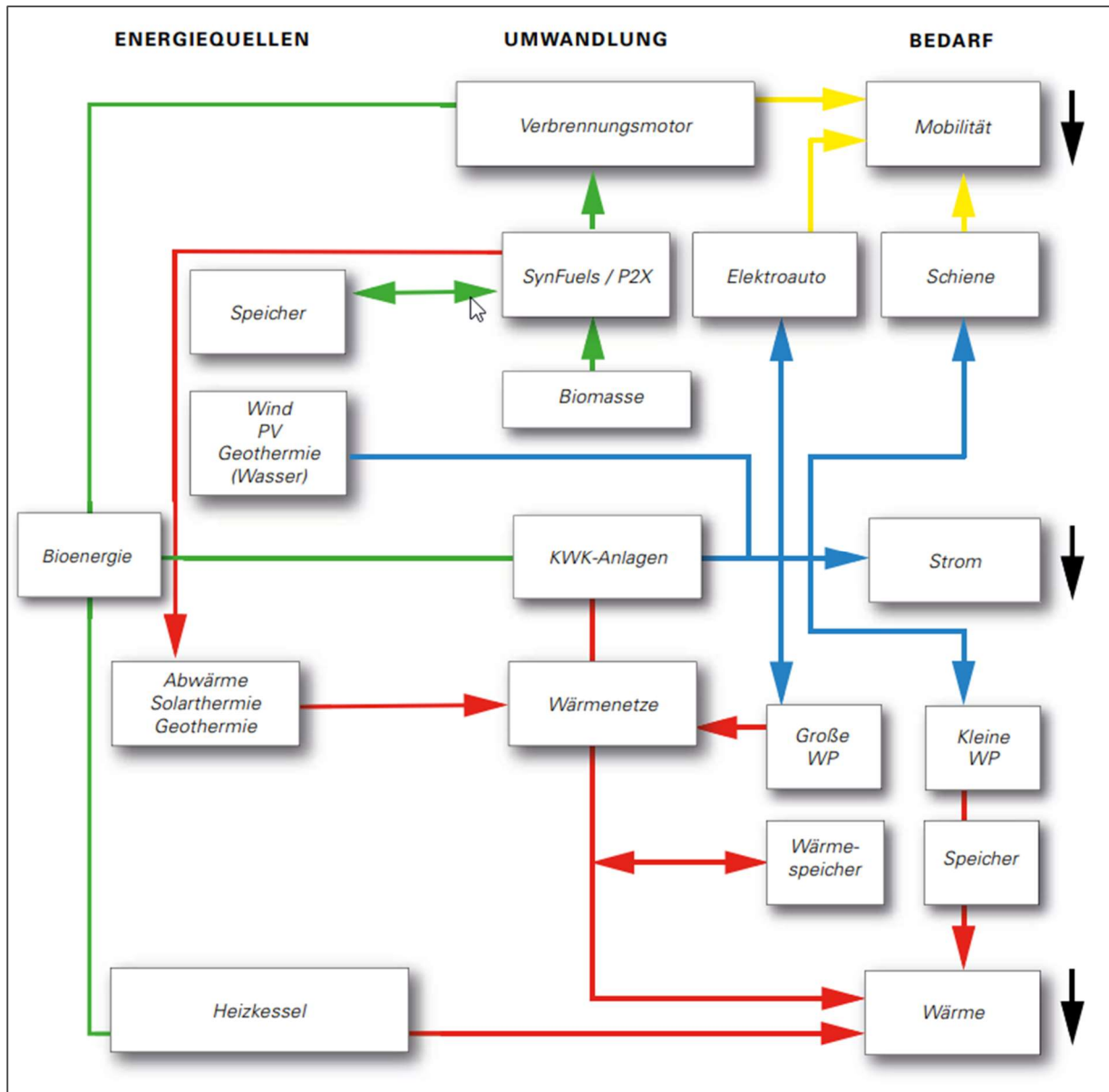


Abbildung 3.1: Komplexe Struktur des Energiesystems der Zukunft mit 100 Prozent erneuerbaren Energien [KEA-BW, Grafik verändert nach Research Center 4DH, Universität Aalborg. Abkürzung WP: Wärmepumpe]

### 3.2 WÄRMEERZEUGUNGS-TECHNOLOGIEN

Der Wärmebedarf lässt sich anhand des wärmespezifischen Urbanitätsgrads unterscheiden, der die Wärmedichte in einen Zusammenhang mit den Siedlungstypen stellt.

Dicht besiedelte Gebiete zeichnen sich durch eine hohe Wärmedichte aus, und sind insbesondere in urbanen Ballungszentren anzutreffen. Dünn besiedelte Gebiete liegen schwerpunktmäßig am Stadtrand und in den ländlich gelegenen Stadtteilen. Mittel besiedelte Gebiete liegen im Wärmebedarf pro Fläche zwischen dünn und dicht besiedelten Flächen, wobei die Übergänge oft fließend sind.

Bei der Analyse dieser drei Bereiche zeigt sich, dass 30 Prozent des Wärmebedarfs auf nur 5 Prozent der Fläche in den dicht besiedelten Gebieten anfallen (vgl. Die Wärmezielscheibe, Roedel & Partner).

In den folgenden Kapiteln werden unterschiedliche Wärmeerzeugungs-Technologien vorgestellt. Alle diskutierten Technologien haben ihre Daseinsberechtigung und ihre Vorteile, was sie für eine erfolgreiche Wärmewende und zur Erreichung der Klimaziele unabdingbar macht. Dafür sind die jeweiligen lokalen und strukturellen Gegebenheiten zu analysieren und die jeweils optimalen Technologien auszuwählen. Wichtig dabei ist, dass die Technologien nicht miteinander konkurrieren, sondern in den Urbanitätsgraden zum Einsatz kommen, die dem Anforderungsprofil der Technologie optimal entsprechen. Damit können für alle Technologien geeignete Marktsegmente mit jeweils ausreichendem Marktvolumen herausgearbeitet werden. Abbildung 3.2 stellt die verschiedenen Wärmeerzeugungs-Technologien in Abhängigkeit zum wärmespezifischen Urbanitätsgrad und dem Siedlungstyp dar.

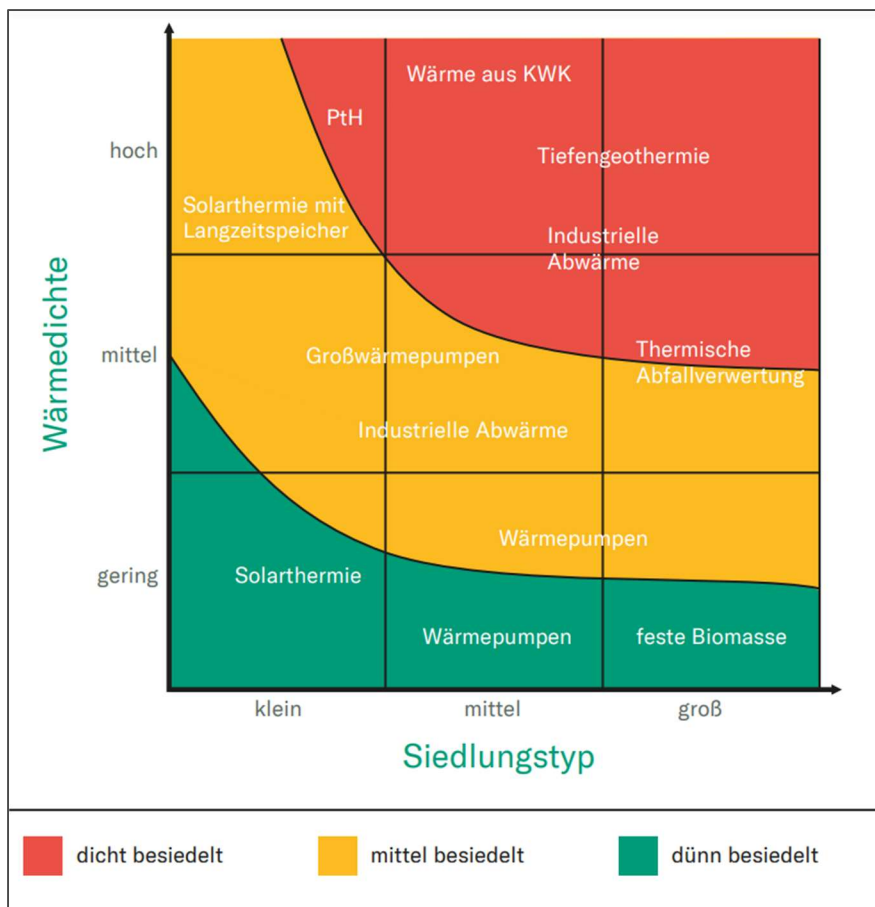


Abbildung 3.2: Wärmespezifischer Urbanitätsgrad in Abhängigkeit von Wärmedichte und Siedlungstyp [Roedel & Partner]

### 3.2.1 Lokale Biomasse

Findet die Biomasse Verwendung als Energieträger, so wird generell zwischen der primären und der sekundären Biomasse unterschieden. Die primäre Biomasse bezeichnet dabei die direkt für die energetische Nutzung kultivierte Biomasse wie z.B. Raps oder Getreide. Die sekundäre Biomasse, auch Abfall-Biomasse genannt, wird aus organischen Reststoffen wie beispielsweise Altpapier oder Sägereststoffen sowie Lebensmittelabfällen gebildet. Je nach Aufbereitungsweg zu festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen ergeben sich Möglichkeiten zur Erzeugung von Strom, Treibstoffen und Wärme. In jüngster Zeit gewinnt vor allem die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität und die anschließende Einspeisung in das Erdgasnetz zunehmend an Bedeutung. Das zu Biomethan aufbereitete Biogas erweist sich als eine klimafreundliche Alternative zu Erdgas.

Ein wesentlicher Umweltvorteil liegt in der Verminderung treibhauswirksamer Emissionen,

zumal nur so viel CO<sub>2</sub> freigesetzt werden kann, wie zuvor durch die Biomasse gebunden wurde. Biomasse ist sowohl grundlastfähig als auch flexibel einsetzbar. Ein wesentlicher Vorteil liegt darin, dass Biomasse zur Erzeugung hoher Temperaturen im industriellen Bereich genutzt werden kann.

Unter ethischen Gesichtspunkten ist die Problematik der Flächenkonkurrenz von konventionell angebauten Energiepflanzen zur Lebensmittelproduktion nicht außer Acht zu lassen. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist es demnach sinnvoll, auch die biogenen Reststoffe und Abfälle zu berücksichtigen und den Substratmix entsprechend zu gestalten.

Der Einsatz von Bioenergie spielt im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle, da Bioenergie polyvalent in den Bereichen Wärme, Strom und Verkehr nutzbar ist. Darüber hinaus ist Bioenergie transportierbar, lagerfähig und teilweise vor Ort einsetzbar. Abbildung 3.3 zeigt das Prinzip der Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Biomasse.

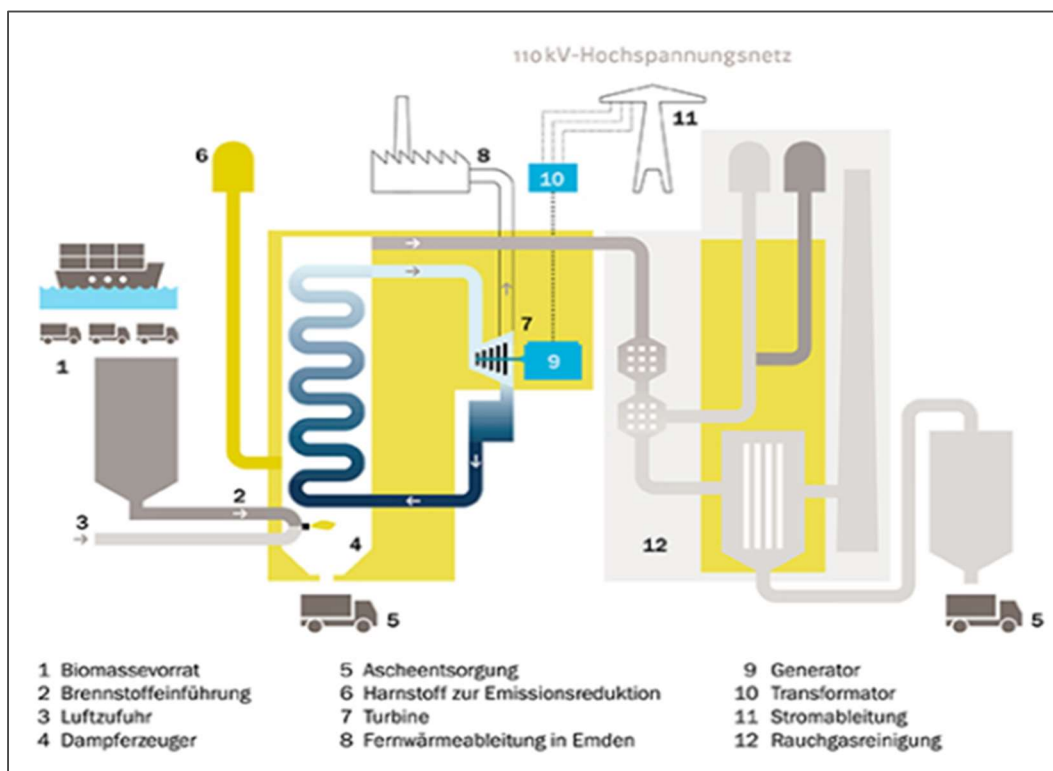


Abbildung 3.3: Prinzip Wärmeerzeugung durch den Einsatz von Biomasse  
[[www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse](http://www.statkraft.de/stromerzeugung/biomasse)]

### 3.2.2 Solare Wärmenetze

Solare Wärmenetze sind großflächige Solarthermieranlagen, deren Wärme durch ein Wärmenetz verteilt wird. Die Installation der Kollektorfelder kann auf geeigneten Freiflächen oder integriert in Gebäudedachflächen stattfinden. Die Wärmegestehungskosten durch Freiflächen Solarthermie ist mit 3-5 ct/kWh sehr günstig, auch im Verhältnis zu individuellen Dachanlagen.

Lokale Wärmenetze sind eine sinnvolle Option für die Wärmeversorgung von Stadtgebieten, sowohl bei Neubau- als auch bei Sanierungsgebieten. Wird Solarthermie in solche Netze eingebunden, kann der solare Anteil bis zu 20 % der gesamten Wärmeversorgung betragen. Durch die Einbindung von saisonalen Wärmespeichern kann er bis auf 50 % erhöht werden.

Große Solaranlagen haben relevante Auswirkungen auf die Raumnutzung und stellen demzufolge raumbedeutsame Vorhaben dar. Noch stärker als Windkraft- oder Fotovoltaik-Anlagen sind große Solarwärme-Anlagen an bestimmte Standort-Bedingungen geknüpft.

Während Strom ohne erhebliche Verluste über große Entfernungen vom Erzeugungsort zum Verbraucher transportiert werden kann, ist die Transportfähigkeit von Wärmeenergie begrenzt – die hohen Kosten für den Bau und Betrieb der Wärmeleitung und höhere Energieverluste sprechen dafür, dass eine solarthermische Wärmeversorgung immer in der Nähe zu den Wärmeverbrauchern erfolgen muss. Also innerhalb weniger Kilometer zu Wärmeverteilnetzen und den Verbrauchern.

Häufig werden Solarthermie-Großanlagen in Wärmenetze integriert, die primär Biomasse als Brennstoff nutzen. Biomasse-befeuerte Wärmenetze arbeiten im Sommer oft im ineffizienten Teillast-Betrieb, was u.a. auch mit dem Nachteil von höheren Emissionen und Kosten verbunden ist. Durch die Installation einer Solarthermieanlage zur Deckung großer Teile der Sommerlast, können diese Anlagen sinnvoll ergänzt werden.

Diese Technologie ist ausgereift und erprobt und wird in Deutschland u.a. in Crailsheim und Ludwigsburg erfolgreich angewendet (s. Abbildung 3.4).



Abbildung 3.4: Freiflächen-Solarthermieanlage in Crailsheim [www.sonnewindwaerme.de/solarthermie/solare-waermenetze-baden-wuerttemberg]

### 3.2.3 Wärmepumpen

Wärmepumpen bieten flexible Einsatzmöglichkeiten auf dem Wärmemarkt. Da Wärmepumpen Wärme aus der Umwelt (Luft-, Wasser- oder Erdwärme) nutzen, sind sie nicht auf die Verfügbarkeit von Brennstoffen angewiesen. Im Zusammenhang mit erneuerbarem Strom können Wärmepumpen einen Beitrag zur Dekarbonisierung besonders in dünn besiedelten Gebieten leisten. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind im Systemverbund mit anderen erneuerbaren Wärmeerzeugern und Wärmenetzen möglich.

Wärmepumpen bestehen grundsätzlich aus vier Komponenten: Verdampfer, Verdichter, Kondensator und Expansionsventil. In dem Verdampfer wird die aus der Umgebung gewonnene Wärme an das Kältemittel abgegeben, welches anschließend anfängt zu sieden und verdampft. Aufgrund des niedrigen Siedepunktes des Kältemittels können auch niedrige Temperaturen von wenigen Grad über Null zur Wärmebereitstellung verwendet werden. Der Kältemitteldampf wird anschließend in einen Verdichter geleitet und dort komprimiert. Im nächsten Schritt wird das Kältemittel im Kondensator wieder verflüssigt. Das flüssige Kältemittel wird mittels eines Expansionsventils entspannt und danach wieder dem Verdampfer zugeführt. Technische Voraussetzung für die Nutzung der Potenziale ist eine ausreichende Nähe zwischen der Wärmequelle und dem zu versorgenden Objekt oder einem Einspeisepunkt in ein Wärmenetz.

Wichtige Unterscheidungsmerkmale von Wärmepumpen sind das Abwärme- und das Arbeitsmedium: Luft-Luft-Wärmepumpen nutzen Luft als Wärmequelle und geben Warmluft an die Wärmesenke ab. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen dient Luft als Wärmequelle, sie geben die Energie im Wärmetauscher an das Arbeitsfluid ab.

Sole-Wasser-Wärmepumpen nutzen Erdwärme als Wärmequelle. In einem Solekreislauf, der ein frostsicheres Fluid enthält, wird die Erdwärme aufgenommen und anschließend im

Wärmetauscher an das Arbeitsfluid übergeben (vgl. Kapitel 3.2.3).

Bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen dient die Wärme aus Gewässern als Wärmequelle, sie geben die Energie im Wärmetauscher an das Arbeitsfluid ab (vgl. Kapitel 3.2.5 und 3.2.6).

Während die Anzahl der Wärmepumpen in Deutschland in den vergangenen Jahren im dezentralen Bereich stark gestiegen ist, sind Großwärmepumpen bisher eher ein Nischenprodukt.

Ein Nachteil bei der Nutzung von Wärmepumpen ist die häufige Verwendung von klimaschädlichen Kältemitteln. Inzwischen werden auch Wärmepumpen mit klimaneutralem Kältemittel (CO<sub>2</sub> oder Ammoniak) angeboten.

### 3.2.4 Geothermie

Als Geothermie wird sowohl die in der Erdkruste gespeicherte Wärmeenergie als auch deren ingenieurtechnische Nutzbarmachung bezeichnet. Die grundsätzliche geothermische Eignung hängt von der Beschaffenheit des Bodens bzw. der Temperaturen im Untergrund ab. Bei der Energiegewinnung aus Geothermie wird zwischen der Tiefengeothermie (petrothermale und hydrothermale Geothermie) und der oberflächennahen Geothermie und Erdwärmekollektoren differenziert.

**Tiefe Geothermie** bezeichnet die Nutzung geothermischer Lagerstätten unter 400 m Tiefe zur Stromproduktion und/oder Wärmebereitstellung und bietet die Möglichkeit, größere Energieversorgungsprojekte umzusetzen.

Systeme zur Nutzung **oberflächennaher Geothermie** verwenden die thermische Energie des Untergrundes bis in eine Tiefe von 400 m zur Gebäudeklimatisierung (Heizen und/ oder Kühlen).

**Erdwärmekollektoren** sind eine oberflächennahe Geothermie-Technik, bei der horizontale Rohrleitungen unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 Metern in den Boden installiert werden. Die Wärme beziehen die Kollektoren aus der eingestrahnten Sonnenwärme und über versickerndes Niederschlagswasser. Diese Technik gefährdet das Grundwasser nicht und dementsprechend ist kein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren notwendig. Die genutzte Fläche muss jedoch das 1,5- bis 2-fache der zu beheizenden Fläche betragen.

Bei der Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonden und -kollektoren stammt bis zu 75 % der Energie aus dem Untergrund, bei Grundwasserbrunnen bis zu 80 %. Die restliche, konventionell erzeugte Energie wird für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt.

Bei guten geologischen Voraussetzungen kann die Tiefe Geothermie für eine künftig klimaneutrale Wärmeversorgung in den Städten eine herausragende Rolle spielen.

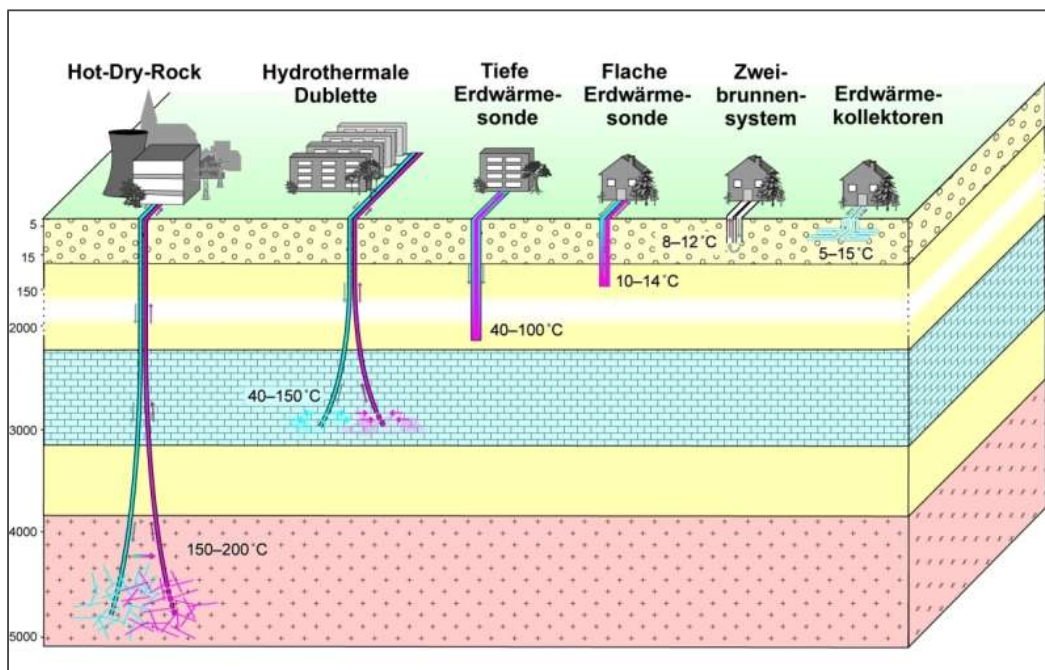


Abbildung 3.5: Wärmeerzeugung durch die Nutzung von Geothermie ([www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/geologie/geothermie/index.htm))

### 3.2.5 Abwasserwärme

Im Haushalt und in der Industrie wird Wasser täglich erwärmt. Nach dem Gebrauch wird das noch warme Wasser in die Abwasserkanäle geleitet. Diese Wärme kann durch moderne Wärmepumpentechnologie zum Heizen oder Kühlen größerer Gebäude und Quartiere genutzt werden. Das Potenzial ist beträchtlich: Eine Studie von enervis energy advisors GmbH kam 2017 zu dem Ergebnis, dass zwischen 5-14 % aller deutschen Gebäude mit Wärme aus Abwasser versorgt werden könnten.

Die Energiemenge, die sich in Form von Abwärme aus dem Abwasser gewinnen lässt, ist riesig. Dies zeigt folgender Vergleich: Wenn Abwasser beim Wärmeentzug um lediglich 1 Kelvin abgekühlt wird, um den Betrieb der Abwasserreinigungsanlage möglichst nicht zu beeinträchtigen, kann aus 1 m<sup>3</sup> Abwasser rund 1,5 Kilowattstunden Wärme gewonnen werden. Aus der gleichen Menge Abwasser kann in einer Abwasserreinigungsanlage (ARA) etwa 0,05 m<sup>3</sup> Klärgas erzeugt werden. Dies entspricht einem Energieinhalt von rund 0,3 Kilowattstunden. Mit anderen Worten: Das Potenzial an Abwärme im Abwasser ist um ein Vielfaches größer als das Potenzial an Klärgas auf den ARA.

Unter Berücksichtigung der zwei grundlegenden Bedingungen, dass in einem Kanalisationsabschnitt ein genügendes Wärmeangebot für den Einsatz einer Wärmepumpe vorhanden und der Einbau von Wärmetauschern möglich ist, kommt die Nutzung von Abwasserwärme in der Regel für mittlere Trockenwetterabflussmengen ab 15 l/s, d. h. für Gemeinden ab 3'000-5'000 Einwohnern und idealerweise in Kanälen mit einem Innendurchmesser von mindestens 800 mm in Frage.

Die Abwasserwärmenutzung ist eine langfristig sichere und erneuerbare Energiequelle und leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz. Die in Deutschland betriebenen Abwasserwärmenutzungsanlagen sind zumeist kleinere Anlagen mit Heizleistungen im Kilowattbereich. In Skandinavien und der Schweiz ist diese Technik jedoch bereits deutlich weiter verbreitet und es werden dort auch größere Aggregate im Megawatt-Bereich eingesetzt.

Eine der größten Anlagen in Deutschland befindet sich im Quartier Neckarpark in Stuttgart und versorgt einen Gewerbepark, ein Sportbad und rund 850 Wohnungen mit Wärme.

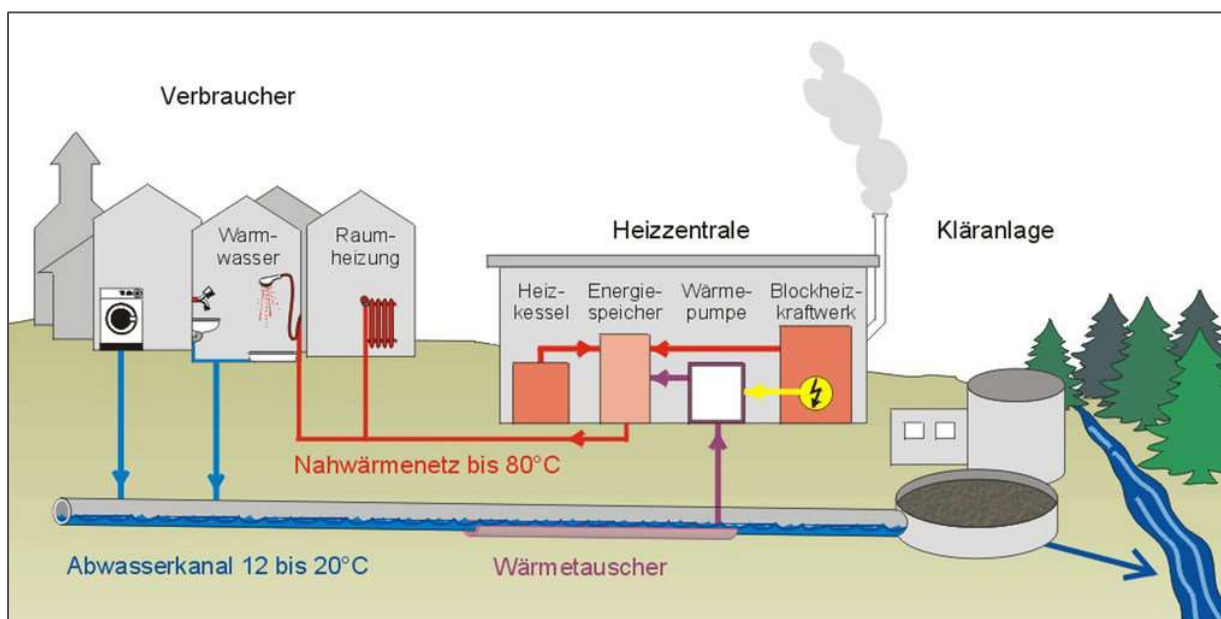


Abbildung 3.6: Nutzung von Abwasserwärme [www.um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz/abwasserwaermenutzung/]

### 3.2.6 Fluss-, See- und Grundwasserwärme

In Oberflächengewässern, also Fließgewässer und Seen, aber auch im Grundwasser sind enorme Menge an Wärmeenergie gespeichert. Um dieses Potenzial zu nutzen, sind Wärmetauscher im Gewässer notwendig, die über Rohrleitungen mit einer Wärmepumpe verbunden sind.

Die Wärmemenge, die sich einem Gewässer entnehmen lässt, ist wesentlich von der Temperatur und der Fließgeschwindigkeit des Gewässers abhängig. Die Temperatur von Oberflächenwasser hängt erheblich stärker von der Außentemperatur ab als die des Grundwassers, weshalb im Winter bei hohem Wärmebedarf durch Vereisung unter Umständen keine Wärmeentnahme möglich ist. Ein Beispiel für die thermische Nutzung von Oberflächenwasser im größeren Maßstab ist die Anlage Värtan Ropsten mit einer Leistung von 180 MW, welche Ostseewasser als Wärmequelle nutzt.

Für den Einsatz einer Flusswasserwärmepumpe bedarf es einer wasserrechtlichen Erlaubnis gemäß § 8 Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Weitere relevante Vorschriften des WHG sind der § 9 Abs.1 Nr.1 (Entnehmen und Ableiten von Wasser), § 9 Abs.1 Nr.4 (Einbringen von Stoffen in Gewässer) und § 9 Abs.2 Nr.2, da die Anlage grundsätzlich geeignet ist „dauernd oder in einem nicht nur unerheblichen Ausmaß nachteilige Veränderungen der Wasserbeschaffenheit herbeizuführen“. Es besteht kein Anspruch von Wasser in einer bestimmten Menge oder Qualität (§ 10 Abs. 2 WHG). Für Anlagen, die sich in einem Gewässer befinden, ist § 36 WHG anzuwenden. Grundsätzlich darf der Einsatz einer Flusswasserwärmepumpe die Gewässereigenschaften nicht nachteilig verändern. Nach einer ersten Einordnung der verantwortlichen Verwaltungsabteilung ist eine nachteilige Veränderung der Kanäle nicht zu erwarten, eine genaue Prüfung steht jedoch noch aus. Da die Kanäle Bundeswasserstraßen darstellen, ist das Wasser- und Schifffahrtsamt

Berlin stellvertretend für den Eigentümer und als Schifffahrtsbehörde mit in die Planungen einzubeziehen.

Für den Einsatz von Flusswärmepumpen bestehen ähnliche Restriktionen wie für den von Abwasserwärmepumpen. Da die Wärmepumpe aufgrund der geringen Wassertemperatur und möglichen Vereisung in den Wintermonaten nicht betrieben werden kann, besteht in besonderem Maße eine Diskrepanz zwischen der zeitlichen Verfügbarkeit der Wärme und der Höhe des Wärmebedarfs.



### 3.2.7 Abwärmenutzung aus Industrie und Gewerbe

Das Einsparpotenzial für Primärenergie und CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Nutzung von industrieller Abwärme in Nordrhein-Westfalen ist enorm. Eine Studie des LANUV kam 2019 zu dem Ergebnis, dass für NRW ein technisch verwendbares Abwärmepotenzial in Höhe von ca. 44 bis 48 TWh/a vorhanden ist, das entspricht möglichen CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 13 Mio. t CO<sub>2</sub>/a und rund 20 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie.

Abwärme kann über ein Wärmenetz zur Beheizung nahe gelegener Gebäude und Quartiere genutzt werden. Die Integration eines Wärmespeichers kann einen Ausgleich zwischen der zeitversetzten Wärmebereitstellung und dem Wärmebedarf schaffen.

Abwärme fällt insbesondere in energieintensiven Industrie- und Gewerbebetrieben bei verschiedensten

Prozessen an (vgl. Abbildung 3.7). Je nach Rahmenbedingungen kann sie durch unterschiedliche Technologien genutzt werden. Dabei ist das Temperaturniveau der vorhandenen Abwärmequelle einer der wichtigsten Faktoren bei der Auswahl der entsprechenden Technik zur industriellen Abwärmenutzung. Abbildung 3.8 stellt die Nutzungsmöglichkeiten der Abwärme in Abhängigkeit der Temperatur dar. Darüber hinaus bestimmen die Abwärmemenge, die chemische Zusammensetzung des Abwärmestroms, die Bündelung der Abwärmeströme am Standort und die räumliche Nähe von Wärmequellen- und Wärmesenken die Nutzungsmöglichkeiten der Abwärme.

Folgende Technologien kommen für die Nutzung der Abwärme in Betracht:

- Wärmerückgewinnung

Hierbei handelt es sich um den effizientesten und zugleich einfachsten technologischen Ansatz zur Abwärmenutzung. Die Abwärme

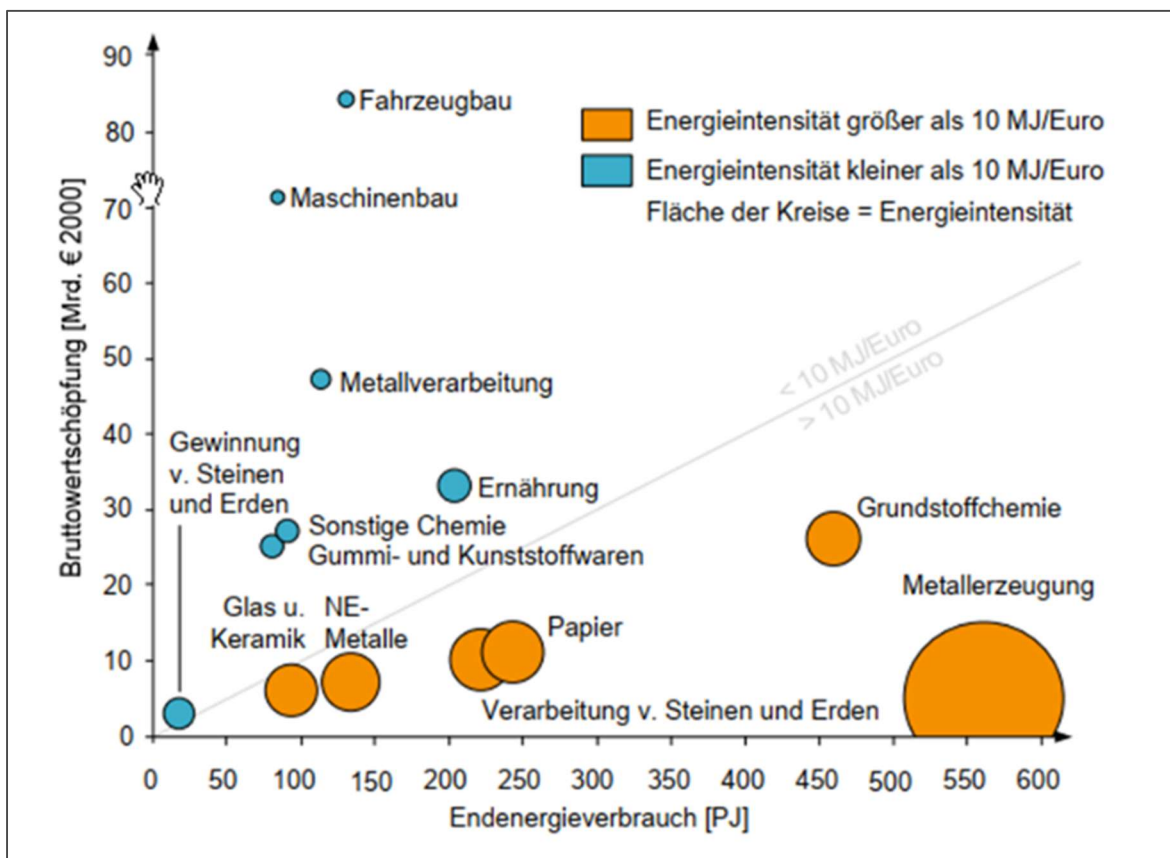


Abbildung 3.7: Energieintensität verschiedener Branchen [Hirtzel und Sonntag]

wird über einen Wärmetauscher beispielsweise aus einem Abgasstrom ausgekoppelt und an ein anderes Medium übertragen. Das Wärmeträgermedium kann dabei Heißwasser, Thermoöl, Dampf oder ein gasförmiges Fluid sein. Die übertragene Wärme wird über das Wärmeträgermedium zu vorhandenen Wärmesenken transportiert und dort weiter genutzt.

- Kühlung und Klimatisierung durch Abwärmenutzung

Mit Abwärme lässt sich auch die Kühlung oder Klimatisierung von Gebäuden oder Prozessschritten realisieren. Dazu wird diese ausgekoppelt, um Niedertemperaturwärme auf ein Wärmeträgermedium zu übertragen. Die nutzbar gemachte Niedertemperaturwärme kann dann in einer Sorptionskälteanlage zur Erzeugung von Kaltwasser genutzt werden.

In den Sorptionskälteanlagen wird über Absorption- oder Adsorptionsprozesse Kaltwasser erzeugt, welches für weitere Verwendungszwecke zur Verfügung steht. Somit lässt sich Kälte aus herkömmlichen Kompressionskälteanlagen und deren Strombedarf substituieren.

- Abwärmenutzung durch Wärmepumpen

Diese Form sieht vor, das Temperaturniveau der erzeugten Nutzwärme durch Zuführung höherwertiger Energie anzuheben, um diese nutzbar zu machen. Die höherwertige Energie kann dabei elektrischer Strom oder Wärme auf einem hohen Temperaturniveau sein, welches durch Kompressionswärmepumpen oder Sorptionswärmepumpen angehoben wird, um beispielsweise den Heizbedarf einer Liegenschaft zu decken oder der Produktion zuzuführen.

Neben der thermischen Nutzung der Abwärme kommt auch eine Verstromung der Abwärme in Frage. Für eine Verstromung sind in der Regel höhere Abwärmepemperaturen nötig als für die thermische Nutzung. Eine Verstromung kommt insbesondere dann in Frage, wenn lokal keine Wärmesenken oder Wärmenetze vorhanden sind.



Abbildung 3.8: Nutzung von industrieller und gewerblicher Abwärme in Abhängigkeit vom Temperaturniveau [dena]

### 3.2.8 Power-to-Heat

Power-to-Heat (Pth) beschreibt allgemein die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme, die auch zur Einbindung in Wärmenetze genutzt werden kann.

Power-to-Heat-Anlagen können sowohl im Niedertemperaturbereich als auch im Hochtemperaturbereich (Dampf) ihren Einsatz finden und sind daher für die Dekarbonisierung sowohl im Bereich der privaten Haushalte als auch der Industrie eine wichtige Option.

Im dezentralen Niedertemperaturbereich werden vor allem Heizstäbe oder Heizpatronen eingesetzt. Im Hochtemperaturbereich werden Elektrodenheizkessel (EHK) eingesetzt. Mit einem EHK ist eine Erzeugung von Prozessdampf von bis zu 30 bar technisch möglich. Der so erzeugte Satttdampf kann mit einem nachgeschalteten Elektrodendurchlauferhitzer auf höhere Temperaturen überhitzt und damit auch höheren Anforderungen an die Dampferzeugung gerecht werden.

Aufgrund der kompakten Größe der Module ist ein Einsatz auch in dicht besiedelten Gebieten optimal, wo kurzfristig hohe Wärmemengen bereitgestellt werden müssen.

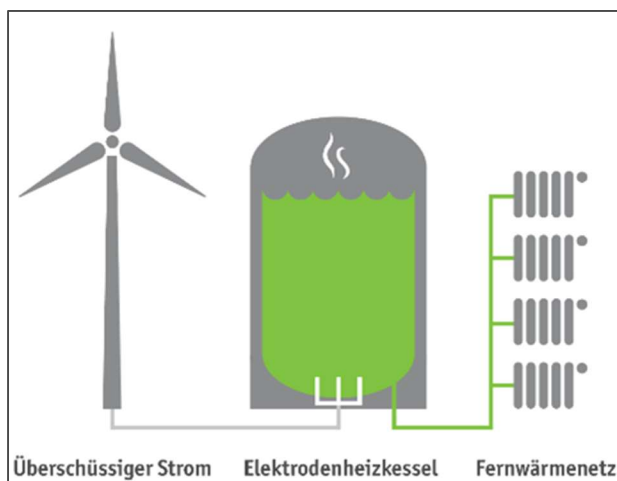


Abbildung 3.9: Funktionsweise Elektrodenheizkessel [Stadtwerke Flensburg]

### 3.2.9 Power-to-Gas

Neben Power-to-Heat ist auch Power-to-Gas (PtG) eine wichtige Sektorkopplungs-Technologie. PtG nutzt die Elektrolyse, um unter Einsatz von Strom Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zu spalten. Danach kann der gewonnene Wasserstoff entweder bis zu einem Anteil von 10 Prozent direkt in das Erdgasnetz eingespeist oder für die Synthetisierung von  $\text{CO}_2$  zu Methan und Wasser genutzt werden. Das durch die Methanisierung entstandene synthetische Methan ähnelt Erdgas und kann komplett in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden. Wie Erdgas kann synthetisches Methan gespeichert oder als Brennstoff für die (erneute) Stromerzeugung oder Umwandlung in Wärme genutzt werden.

Die Nutzung von synthetischem Methan ist mit der vorhandenen Infrastruktur für Transport und Verteilung möglich. Dadurch kann es sowohl im Erdgasnetz transportiert als auch in den vorhandenen Speichern langfristig gelagert und je nach Bedarf in den unterschiedlichen Sektoren eingesetzt werden. Besonders im industriellen Umfeld und für ausgewählte Transportaufgaben wird auch zukünftig ein einfach verfügbarer, hochkalorischer Brennstoff benötigt werden.

Der Ersatz von Erdgas durch synthetisches Methan bietet den Vorteil einer geringeren Importabhängigkeit und der Unterstützung der lokalen Wertschöpfung.

Ein wesentlicher Nachteil besteht darin, dass die Umwandlungsverfahren (Elektrolyse und Methanisierung) keine ausreichenden Wirkungsgrade vorweisen. Die Elektrolyse erfolgt mit einem Wirkungsgrad von ca. 70 Prozent, die Methanisierung erreicht rund 80 Prozent. Somit beträgt der Energiegehalt des synthetischen Methans ca. 55 Prozent der ursprünglich aufgewendeten elektrischen Energie. Je nach Einsatzsektor und Transportweg folgen weitere Verluste. Um die im Methan gebundene Energie dann wieder in Strom oder Wärme umzuwandeln, sind zusätzliche Umwandlungsverluste zu berücksichtigen.

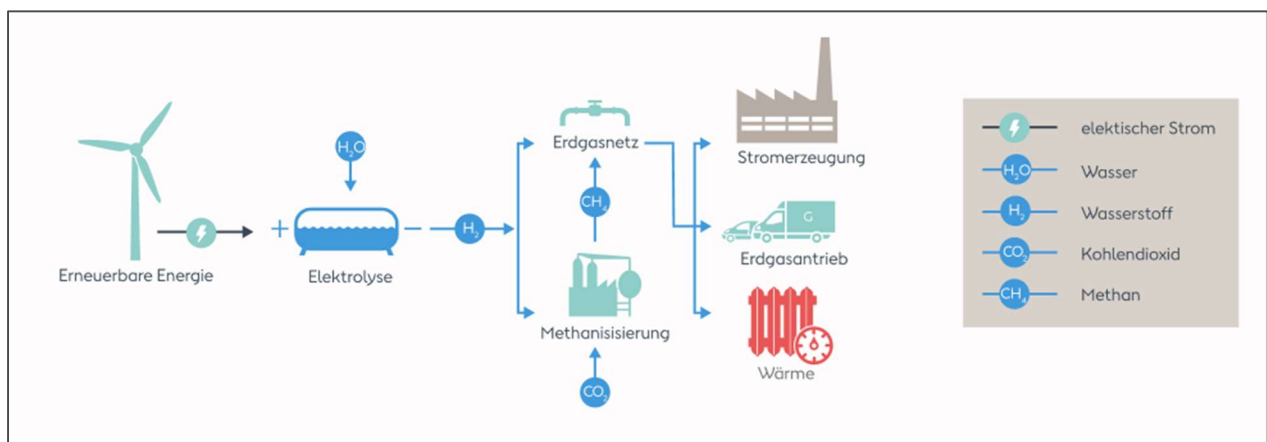


Abbildung 3.10: Das Prinzip von „Power-to-Gas“ [Fraunhofer Institut]

### 3.2.10 All electric

„All Electric“ steht für ein Energieversorgungssystem, bei dem regenerativ gewonnener Strom die zentrale Energieform darstellt und darüber die Sektoren Strom, Wärme und Mobilität koppelt. Sowohl die Wärmeversorgung als auch die Mobilität erfolgt elektrisch. Der hierfür notwendige Strom könnte zu einem Teil direkt aus der hauseigenen PV-Anlage stammen. Die Wärmeerzeugung erfolgt durch eine Wärmepumpe.

## 4 POTENZIALANALYSE

Im Rahmen der Potenzialanalyse werden verschiedene Möglichkeiten zur Endenergieeinsparung aufgezeigt und bewertet. Zudem werden Potenziale zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Bereich der Wärmeversorgung beschrieben. Die daraus resultierenden Ergebnisse sind die Grundlage für die zwei in Kapitel 6 aufgestellten Szenarien zur zukünftigen Wärmeversorgung in Minden.

Das R75-Szenario berücksichtigt das Ziel, die THG-Emissionen bis zum Jahr 2040, ausgehend von der in Kapitel 2.3 aufgestellten Ausgangsbilanz, um 75 % zu reduzieren. Das ambitioniertere R95-Szenario wird unter der Prämisse einer THG-Einsparung gegenüber der Ausgangsbilanz von 95 % aufgestellt.

### 4.1 SANIERUNG DER WOHN- GEBÄUDE UND KOMMUNALEN GEBÄUDE

Das größte Potenzial zur Einsparung von Endenergie innerhalb der Wärmeversorgung bietet die Sanierung der Gebäudehülle. Zur Abschätzung der Höhe des Einsparpotenzials wurde zunächst ermittelt, welche Anzahl welchen Gebäudetyps auf dem Stadtgebiet vorzufinden ist. Dies konnte dem Datensatz der Stadtwerke entnommen werden. Darin wurden knapp 21.000 Gebäude den Gebäudetypen Einfamilienhaus (EFH), Mehrfamilienhaus (MFH), großes Mehrfamilienhaus (GMH) und Reihenhaus (RH) zugeteilt.

Über die Daten des [Zensus 2011] konnte die Altersstruktur des Gebäudebestandes der Stadt Minden ermittelt werden. Die sich ergebene prozentuale Verteilung wurde zur Ermittlung der Altersstruktur je Gebäudetyp übertragen.

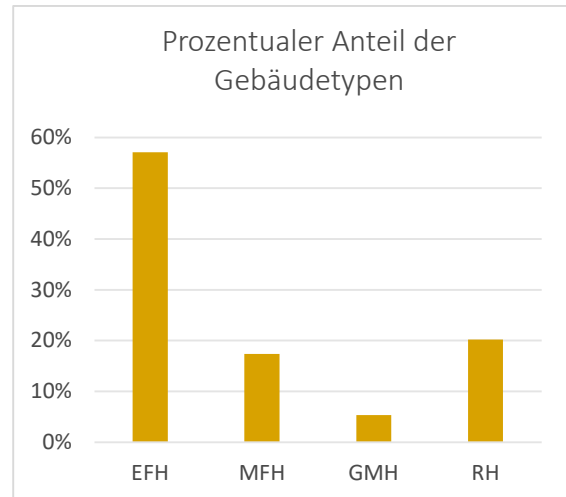


Abbildung 4.1: Prozentualer Anteil der Gebäudetypen - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Stadtwerke Minden]

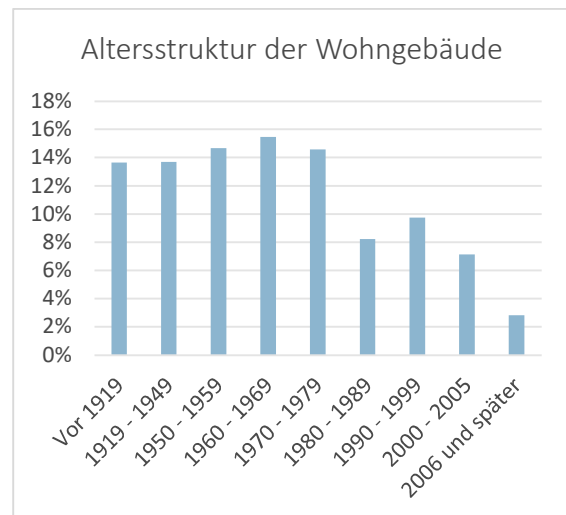


Abbildung 4.2: Altersstruktur der Wohngebäude - Stadtgebiet Minden [energielenker projects; Datengrundlage Zensus 2011]

Um das Einsparpotenzial der Wohngebäude zu ermitteln, wurde die Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt [IWU 2015] herangezogen. Die Typologie hat für verschiedene Gebäudetypen und Altersklassen spezifische Endenergiebedarfe und Energiebezugsflächen bestimmt. Da die Altersklassen des Zensus 2011 nicht den Kategorien der IWU-Gebäudetypologie entsprechen, wurde eine anpassende Aufteilung vorgenommen. Die großen Mehrfamilienhäuser wurden der Gebäudeklasse der Mehrfamilienhäuser zugeordnet.

Zur Bewertung des Einsparpotenzials sind die Referenzgebäudetypen aus der IWU-Gebäudetypologie mit einer Sanierung auf KfW 55 Standard simuliert worden. Die Sanierungsvariante auf den KfW 55 Standard setzt die Maßgaben der KfW-Bank für die Förderung von Einzelmaßnahmen (Technischen Mindestanforderung des KfW-Programms 151/152/430, ab Juli 2021 BEG WG) als Sanierungsniveau an.

Die Differenz zwischen dem durchschnittlichen Endenergiebedarf nach IWU Typologie und dem nach der simulierten Sanierung, ergibt das Einsparpotenzial je Gebäudetyp und Altersklasse. Um die stadtspezifische Verteilung der Gebäude in den Altersklassen und Gebäudekategorien zu berücksichtigen, wurde jeweils eine gewichtete Mittelung vorgenommen.

Tabelle 4.1: Einsparpotenzial der Wohngebäude - Stadtgebiet Minden [energielenker projects]

Gebäudekategorie	Mittlere Endenergieeinsparung (Altersklassen gewichtet)
Einfamilienhaus	46 %
(Großes) Mehrfamilienhaus	37 %
Reihenhaus	36%
Einsparpotenzial (gewichtete)	42 %

Die nachstehende Tabelle zeigt die jeweiligen Anforderungen an die Bauteile in Form der U-Werte.

Tabelle 4.2: Anforderungen an den U-Wert gem. KfW Einzelmaßnahme [energielenker projects nach KfW]

Bauteil	Anforderungen an den U-Wert gem. KfW Einzelmaßnahme [W/(m <sup>2</sup> *K)]
Steildach	0,14

Oberste Geschossdecke	0,14
Außenwand	0,20
Fenster	0,95
Boden	0,25

Es wird somit in der folgenden Szenarienentwicklung davon ausgegangen, dass der Endenergiebedarf zur Wärmebereitstellung durch eine Sanierung aller Gebäude um 42 % gesenkt werden kann. Ein Heizungstausch ist aufgrund der Bedarfsänderung sinnvollerweise nach einer Sanierung durchzuführen.

Um die berechnete Einsparung von 42 % des Wärmeenergiebedarfs durch Sanierung bis 2040 zu erzielen, müssten 5 % der Gebäudehüllen pro Jahr saniert werden.

Abbildung 4.3 stellt die möglichen Einsparungen bei jährlichen Sanierungsraten von 1 – 5 % im Zieljahr 2040 dar.

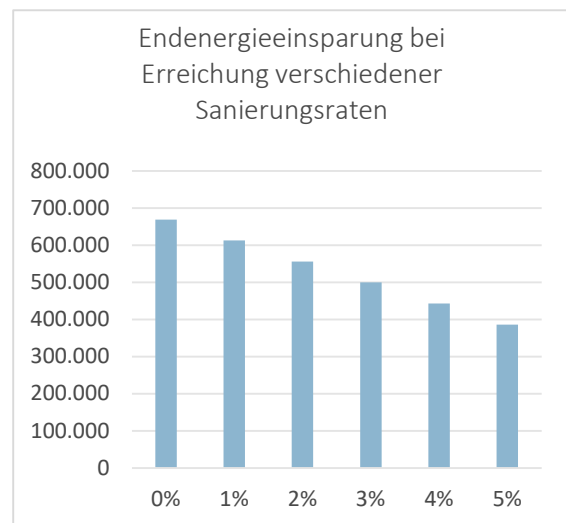


Abbildung 4.3: Endenergieeinsparung bei Erreichung verschiedener Sanierungsraten [energielenker projects]

## 4.2 WIRTSCHAFTSSEKTOR

Im industriellen Bereich liegen die Einsparpotenziale vor allem im effizienteren Umgang mit Prozesswärme (Brennstoffe) und

mechanischer Energie (Strom). Im Bereich Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) wird dagegen ein großer Teil der Energie zur Bereitstellung von Raumwärme sowie zur Beleuchtung und Kommunikation eingesetzt.

Für die Ermittlung der Einsparpotenziale von Industrie und GHD in den Bereichen Raumwärme, Warmwasser sowie Prozesswärme wird auf eine Studie des Institutes für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES, 2015) zurückgegriffen. Diese weist in den zwei Szenarien Potenziale für die Entwicklung des Energiebedarfes in Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistung aus. Die Szenarien werden in Kapitel 6 für das R75 bzw. R95-Szenario in der Szenarienaufstellung zugrunde gelegt.

Um den ermittelten Energieverbrauch des Wirtschaftssektors auf die Bereiche GHD und Wirtschaft umzurechnen, wurde eine Verteilung von 70 % zu 30 % aus den Daten des eea-Prozesses abgeleitet.

Für die Berechnung werden folgende Größen verwendet:

- Spezifischer Effizienzindex: Entwicklung der Energieeffizienz der

entsprechenden Technologie bzw. der Effizienzpotenziale im spezifischen Einsatzbereich.

- Nutzungsintensitätsindex: Intensität des Einsatzes einer bestimmten Technologie, bzw. eines bestimmten Einsatzbereiches. Hier spiegelt sich in starkem Maße auch das Nutzerverhalten oder die technische Entwicklung hin zu bestimmten Anwendungen wider.
- Resultierender Energiebedarfsindex: Aus der Multiplikation von spezifischem Effizienzindex und Nutzungsintensitätsindex ergibt sich der Energiebedarfsindex. Mit Hilfe dieses Wertes lassen sich nun Energiebedarfe für zukünftige Anwendungen berechnen. Dies geschieht, indem der heutige Energiebedarf mit dem resultierenden Energiebedarfsindex für 2040 multipliziert wird.

Nachfolgend werden die der Entwicklung der Bedarfe zugrunde liegenden Werte dargestellt:

Tabelle 4.3: Grundlagendaten für R75-Ziel [energielenker projects nach IREES 2015]

R75-Szenario	Energiebedarfsindex in 2010	Spezifischer Effizienzindex in 2050	Nutzungsintensitätsindex in 2050	Resultierender Energiebedarfsindex in 2050.
Prozesswärme	100%	95%	90%	86%
Warmwasser	100%	95%	100%	95%
Raumwärme	100%	60%	100%	45%



Tabelle 4.4: Grundlagendaten für R95-Ziel

R95-Szenario	Energiebedarfsindex in 2010	Spezifischer Effizienzindex in 2050	Nutzungsintensitätsindex in 2050	Resultierender Energiebedarfsindex in 2050.
Prozesswärme	100%	95%	90%	86%
Warmwasser	100%	95%	90%	86%
Raumwärme	100%	45%	100%	45%

In den Szenarien ist kein Wirtschaftswachstum berücksichtigt. Es muss beachtet werden, dass bereits ein geringes Wirtschaftswachstum einen hohen Unterschied in der Energie- und THG Bilanz ausmachen kann.

Aus den Berechnungen resultieren Einsparpotenziale für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme im Wirtschaftssektor von 11 % im R75-Szenario und 14 % im R95-Szenario.

#### 4.3 ENDENERGIEEINSPARUNG DURCH HEIZUNGSTAUSCH

Neben der Sanierung der Gebäudehüllen kann der Endenergiebedarf durch einen Heizungstausch gesenkt werden. Dies begründet sich durch den höheren Wirkungsgrad moderner Anlagen, der es erlaubt, den wärmeerzeugenden Anlagen weniger Energie bei gleichbleibendem Ertrag einzusetzen.

Zur Bestimmung des maximalen Einsparpotenzials wird angenommen, dass jede vorhandene Anlage bis 2040 saniert wird. Grundlage dieser Annahme ist zum einen die VDI 2067 „Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“, wonach Heizungsanlagen im Gebäudesektor eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 18 Jahren aufweisen. Zum anderen das angestrebte Ziel der Stadt Minden eine Klimaneutralität zu erreichen.

Für die quantitative Abschätzung der Endenergieeinsparungen beim Austausch von Heizungsanlagen, werden folgende prozentuale Einsparungen durch eine verbesserte Effizienz der Heizungsanlagen (z.B. Einsatz von Brennwerttechnik, verbesserte Anlagentechnik) gegenüber den bestehenden Anlagen zugrunde gelegt:

Tabelle 4.5: Endenergieeinsparung durch verbesserte Anlageneffizienz [energielecker projects]

Technologie	Endenergieeinsparung durch verbesserte Anlageneffizienz
Gas/Öl (Niedertemperatur)	20 %
Holzheizungen	10 %
Wärmenetz	10 %
Kohle	20 %

Die bereitgestellte Wärmemenge durch Niedertemperaturheizungen mit den fossilen Brennstoffen wurde anhand der vorhandenen Anlagentechnik berechnet. Es wird angenommen, dass diese vollständig ersetzt werden und sich daraus ein Effizienzvorteil gegenüber der neuen Heizung von 20 % bzw. rund 150 GWh einstellt. Der derzeit durch Holzheizungen bereitgestellten Endenergie wird unterstellt, dass sie durch Heizungstausch oder Effizienzsteigerung der Peripherie um 10 % gesenkt werden kann. Dadurch ergibt sich eine Reduzierung von etwa 4 GWh. Weiterhin wird die aktuell durch Wärmenetze

bereitgestellte Energie mit einer Reduktion von 10 % bewertet. Es wird also davon ausgegangen, dass die Energie im Jahr 2040, entweder erneut durch Wärmenetze oder durch einen anderen Energieträger effizienter bereitgestellt werden kann.

Die Einsparungen durch Heizungstausch bzw. Energieträgerwechsel werden dabei

sektorenübergreifend angesetzt. Nicht berücksichtigt sind hierbei die entstehenden Strombedarfe zur Wärmebereitstellung durch Wärmepumpen und synthetische Methan. Die möglichen Gesamteinsparungen über die drei Sektoren stellen sich nach Umstellung der Heizungstechnik je Szenario wie folgt dar:

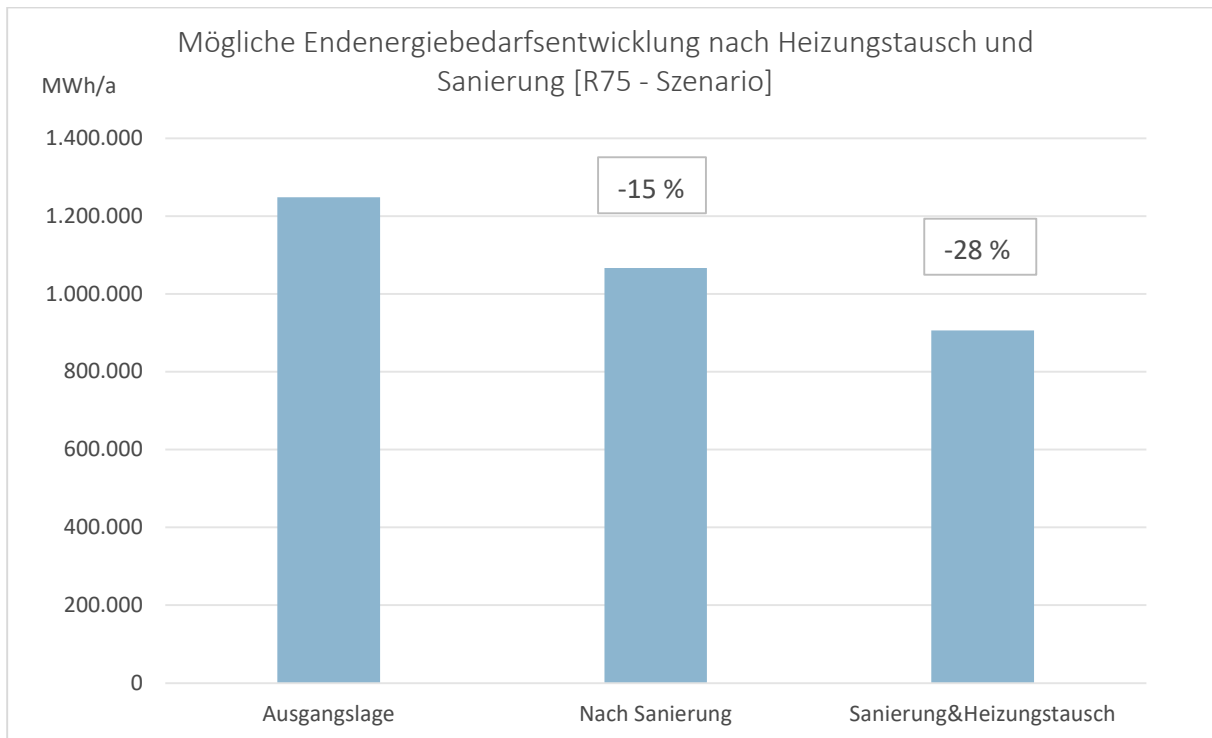


Abbildung 4.4: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heizungstausch und Sanierung [energielenker projects]

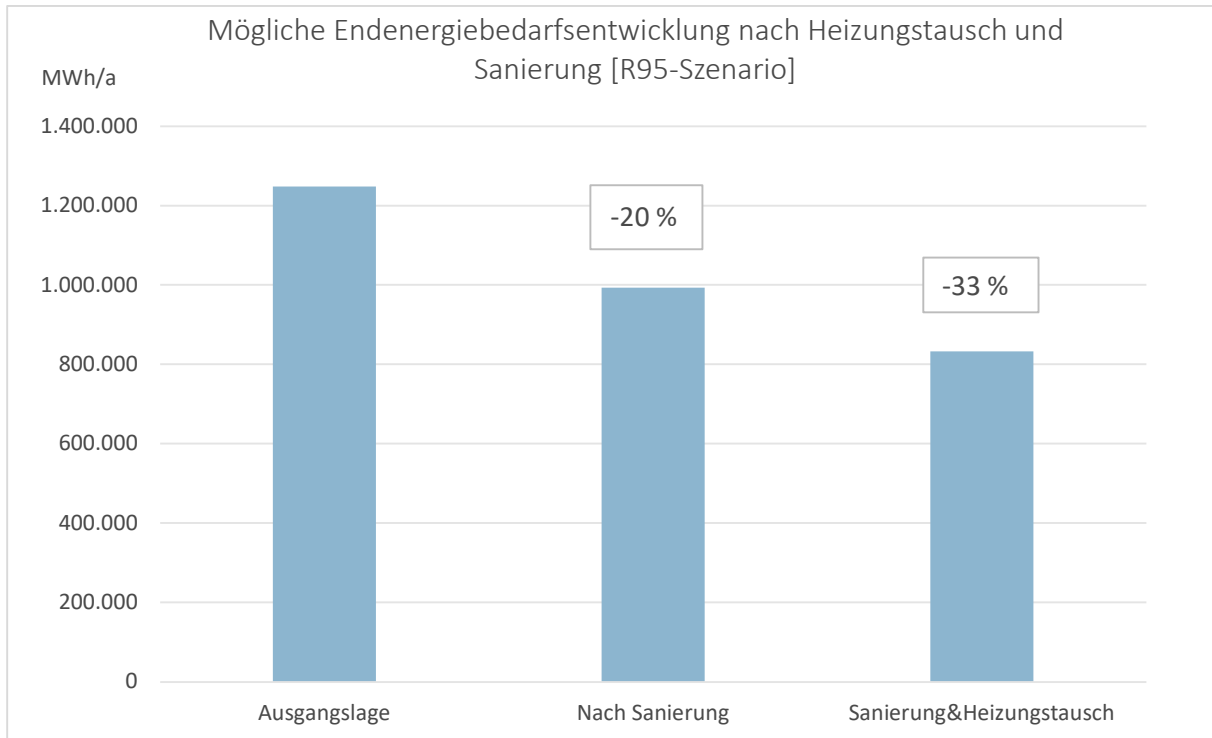


Abbildung 4.5: Endenergiebedarfsentwicklung nach Heizungstausch und Sanierung [energielenker projects]

#### 4.4 PHOTOVOLTAIK

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) hat ein onlinebasiertes Solarpotenzialkataster erstellt. Das Kataster gibt an, welche Dachflächen in NRW für Photovoltaik geeignet sind. Demnach können erste gebäudescharfe Informationen zum standortspezifischen Solarpotenzial bereitgestellt werden, die auf einem automatisierten Verfahren basieren. Die Karten dienen dabei zur groben Übersicht und teilen das Solarpotenzial der Dachflächen in zwei Ertragskategorien ein. Die Kategorien betiteln geeignete und noch durch ein Fachunternehmen zu prüfenden Dachflächen. Die Potenzialanalyse des Katasters bezieht sich auf Standortfaktoren wie Dachneigung,

Gebäudeausrichtung, Verschattung sowie die lokalen Einstrahlungsdaten.

Gebäudeeigentümern wird jedoch im Rahmen von konkreten Absichten zur Installation einer Anlage die Hinzuziehung einer neutralen Energieberatung empfohlen, die die Dacheignung prüft (z. B. Statik), für technische Fragen und das Genehmigungsrecht zur Seite steht sowie weitere Informationen zu Wirtschaftlichkeit und Fördermöglichkeiten bereitstellt. Die Angaben des Solarpotenzialkatasters dienen einer ersten Einschätzung, die keine Energieberatung vor Ort ersetzt. Jedoch kann über das Kataster ein überschlägiges Potenzial im Rahmen der Potenzialanalyse für die Stadt Minden herangezogen werden.

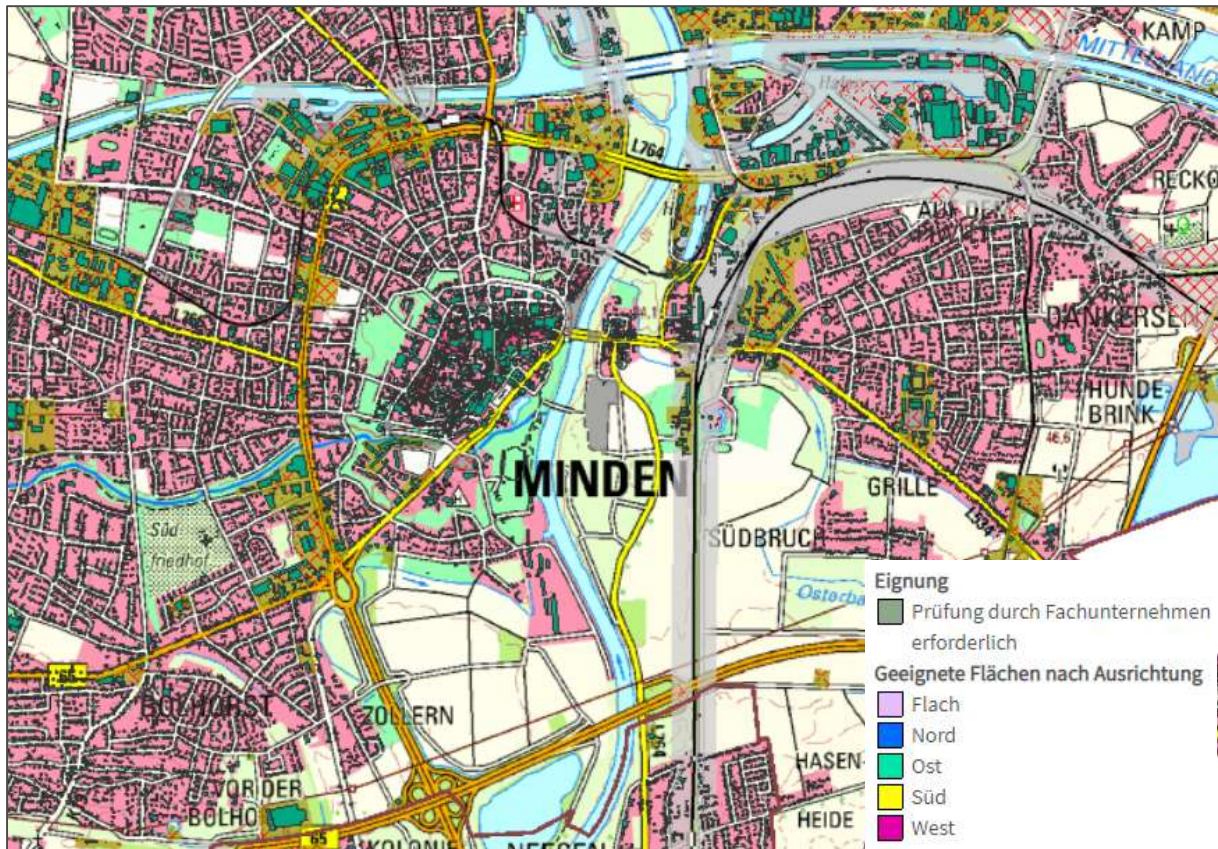


Abbildung 4.6: Ausschnitt aus dem Solarpotenzialkataster des Landes NRW – Ermitteltes Solarpotenzial auf Dachflächen [Energieatlas NRW]

Zudem gibt das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen [LANUV 2013] eine Auskunft zu den Potenzialen der PV-Nutzung in der Region. Dabei ist noch nicht berücksichtigt, dass die Dachflächen begrenzt zur Verfügung stehen und somit in Konkurrenz zur Solarthermie-

Nutzung stehen. Im Gegensatz zur Solarthermiebetachtung sind bei der Photovoltaik die geeigneten Dachflächen in Himmelsrichtungen und Flachdächer kategorisiert.

Tabelle 4.6: Übersicht des Photovoltaik-Potenzials - Stadtgebiet Minden [energielenker projects]

Technologie	Installierbare Modulfläche	Möglicher Stromertrag
Photovoltaik Dach	2.357.000 m <sup>2</sup>	350 GWh/a
Photovoltaik Freifläche	807.000 m <sup>2</sup>	120 GWh/a
Photovoltaik gesamt	3.344.000 m <sup>2</sup>	470 GWh/a
Mobilisierungsfaktor 20 %	668.800 m <sup>2</sup>	94 GWh
Mobilisierungsfaktor 30 %	1.003.200 m <sup>2</sup>	141 GWh/a

Die Daten des LANUV weisen im Bereich der Photovoltaik auf Dächern und Freiflächen ein Strompotenzial von 470 GWh/a und eine mögliche installierbare Modulfläche von 3.344.000 m<sup>2</sup> aus. Dies ist als das maximale Potenzial für das Stadtgebiet Minden zu sehen. Um das Potenzial zur Stromerzeugung aus Photovoltaik nicht zu überschätzen werden für die Szenarien Mobilisierungsfaktoren von 20 % im R75-Szenario und 30 % im R95-Szenario angesetzt.

Ausgehend von einem COP-Wert von 3,5 für Wärmepumpen könnten demnach im R75-Szenario rund 330 GWh/a und im R95-Szenario rund 490 GWh/a thermische Energie erzeugt werden.

In einem Szenario der kombinierten Energieerzeugung aus Photovoltaik und Solarthermie ergibt sich unter der Annahme einer Flächennutzung von 80 % der Photovoltaik- und 20 % der Solarthermie-Dachfläche ein Wärmepotenzial von rund 1.820.000 MWh/a.

Als einschränkende Faktoren für die Nutzung von Photovoltaik sind folgende Punkte zu nennen:

- Wirtschaftlichkeit
- Statik des Daches
- Brandschutz
- Denkmalschutz
- Lebensdauer der Dachhaut

Durch diese Faktoren kann die Installation einer Anlage ganz oder teilweise verhindert oder zumindest zeitlich verzögert werden. Daher wird für die weitere Betrachtung der möglichen Gewinnung von Strom aus Photovoltaikanlagen nur ein Teil der ausgewiesenen Werte berücksichtigt.

#### 4.5 SOLARTHERMIE

Die Daten des LANUV-Energieatlas [Energieatlas NRW] weisen neben dem PV-Potenzial auch eine Potenzialfläche für Solarthermie auf Dachflächen aus. Die installierbare Modulfläche beträgt hierbei 2.2000.000 m<sup>2</sup>. Die Erträge von Solarthermieanlagen können im Gegensatz zu Photovoltaikanlagen bei einem Überangebot jedoch nicht in ein Netz eingespeist werden. Daher kann das hier ausgewiesene Potenzial nicht realisiert werden.

Zusätzlich besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen Photovoltaik und Solarthermie. Da Photovoltaikanlagen in der Regel eine bessere Wirtschaftlichkeit aufweisen und darüber hinaus die gewonnene Energie vielfältiger einsetz- und speicherbar ist, wird davon ausgegangen, dass Solarthermieanlagen im Vergleich nur eine geringe Rolle spielen werden.

Die Nutzung im privaten Bereich wird sich auf kleine Anlagen beschränken, die heute errichtet werden, um gesetzliche Vorgaben einhalten zu können. Diese Anlagen sind in der Regel wenige m<sup>2</sup> groß und tragen daher nur zu einem geringen Anteil zur Energiegewinnung bei.

Im Gegensatz zu privaten Solarthermieanlagen stellt sich die Situation für große Solarthermieanlagen in Verbindung mit effizienten Wärmenetzen anders dar. Während die Wärmegestehungskosten für Solarthermieanlagen auf Hausdächern mit 14,3-18,1 ct/ kWh relativ hoch liegen, bieten große Freiflächen-Solarthermieanlagen mit Wärmegestehungskosten zwischen 3,7 und 4,6 ct /kWh die Möglichkeit einer kostengünstigen Wärmeversorgung. Die größte Herausforderung stellt dabei die Verfügbarkeit geeigneter Flächen dar. Insbesondere im verdichteten Innenstadtbereich kommen hier große Dachflächen und große Infrastrukturflächen, wie z. B. Parkplätze oder Flächen entlang von Verkehrswegen sowie Lärmschutzbauwerke in Frage.

#### 4.6 BIOMASSE

Der Einsatz von Bioenergie spielt im Rahmen der Energiewende eine wichtige Rolle, da Bioenergie polyvalent in den Bereichen Wärme, Strom und Verkehr nutzbar ist. Darüber hinaus ist Bioenergie transportierbar, lagerfähig und teilweise vor Ort einsetzbar.

Als Biomasse werden in diesem Kontext die zur Herstellung von Bioenergie verwendeten Rohstoffe bezeichnet. Diese Rohstoffe entstammen primär der Land-, Forst- und Abfallwirtschaft. Diesbezüglich ist zwischen holzartiger Biomasse, Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger aus der Landwirtschaft und biogenen Rest- und Abfallstoffen zu unterscheiden. Bioenergie kann in den Energieformen fest, flüssig und gasförmig genutzt werden. Typisch für feste Biomasse sind verschiedenste Holzbrennstoffe (u. a. Scheitholz, Holzhackschnitzel oder Holzpellets). Flüssige Bioenergien sind vor allem Biokraftstoffe wie Pflanzenöl, Biodiesel oder Bioethanol. Als gasförmige Bioenergie ist Biogas zu nennen.

Grundlage der Potenzialanalyse ist vor allem Teil 3 *Potenzialstudie Erneuerbare Energien [LANUV 2015]* zu dem Thema Biomasse-Energie. In der Studie wird das technische und machbare energetische Potenzial der Sektoren Land-, Forst- und Abfallwirtschaft ermittelt. Als technisches Potenzial wird dabei der mögliche

Beitrag zur Energiebereitstellung, der sowohl zeit- als auch ortsabhängig aus technischer Sicht zur Verfügung gestellt werden kann, bezeichnet. Dem gegenüber umfasst das machbare Potenzial einen Anteil des technischen Potenzials, der unter Hinzunahme spezifischer Annahmen als mögliche Zielgröße für die tatsächliche, langfristige Realisierung aufgefasst werden kann. Weiterführend wird im Rahmen des machbaren Gesamtpotenzials zwischen bereits realisiertem (gebundenem) und noch verfügbarem Potenzial (Ausbaupotenzial) differenziert. Als gebundenes Potenzial wird dabei der Anteil bezeichnet, der ausgehend vom Anlagenbestand mit entsprechenden Kennziffern zur Anlagenleistung bereits erzeugt wird. Das gebundene Potenzial wird in einer Situationsanalyse ermittelt. Das Ausbaupotenzial hingegen wird in einer Szenarien-Betrachtung in Form von Spannweiten ausgewiesen. Die Szenarien beinhalten Variationen bzgl. Veränderungen u. a. in den Bereichen Düngeverordnung, Naturschutzanforderungen oder einer erhöhten Mengenmobilisierung. Die Kommune bildet die Bilanzgrenze der Potenzialermittlung. Bezüglich der Nährstoffbilanzen wird eine Kommune als einzelner Betrieb betrachtet und zusätzlich die Begriffe Flächenpotenzial (unter den jeweiligen Annahmen zur Verfügung stehende Fläche) und Substratpotenzial (Menge an Biomasse, die auf dieser Fläche unter den jeweiligen Annahmen erzeugt werden kann) verwendet.

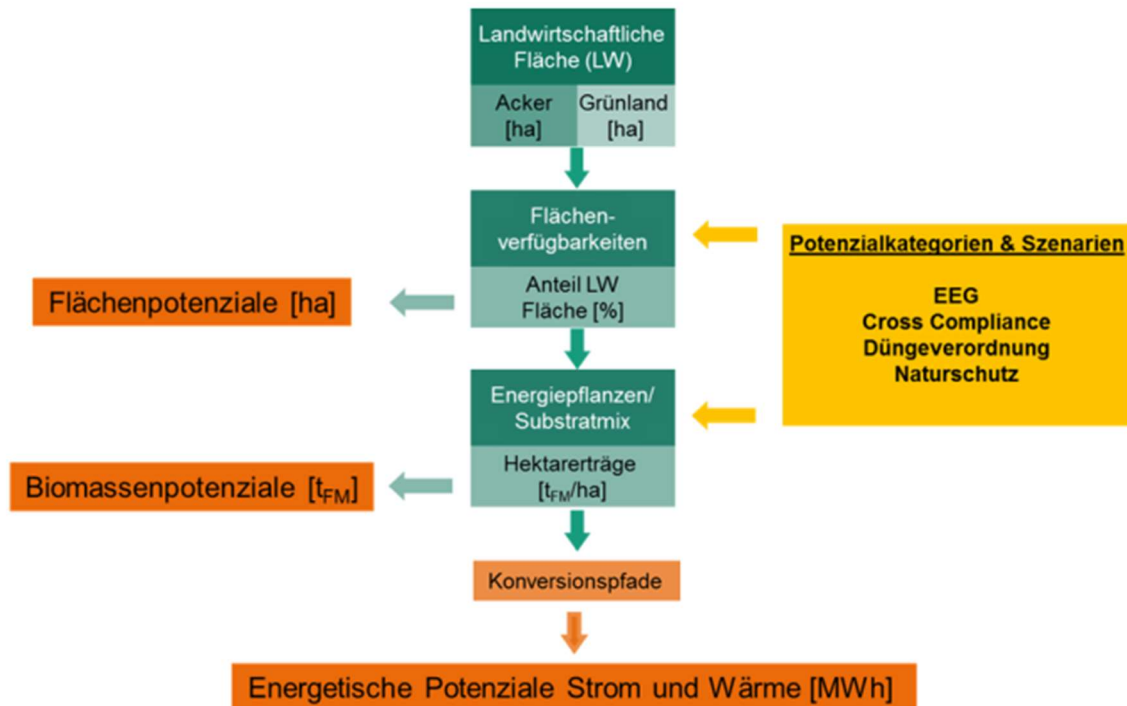


Abbildung 4.7: Berechnungsschema zur Bestimmung der Strom- und Wärmepotenziale über den Technologiepfad Biogas aus Anbaubiomasse (Quelle: LANUV Potenzialstudie Erneuerbare Energien)

Als maximales Gesamtpotenzial auf dem Kreisgebiet Minden-Lübbecke werden 515 GWh Strom und 929 GWh Wärme aus landwirtschaftlicher Biomasse, Forst- und Abfallwirtschaft ausgewiesen. Diese Werte werden jedoch in der Praxis nicht zu erreichen sein.

Die Stadt Minden verfügt durch den Hafen darüber hinaus über eine Möglichkeit, Biomasse aus anderen Regionen einzuführen.

#### 4.7 GEOTHERMIE

Nachfolgende Einschätzungen und dargestellte Abbildungen basieren auf Daten des Geologischen Dienstes NRW und dienen als erste Orientierung. Sie ersetzen keine spezifische Standortbeurteilung, die im Falle konkreter Umsetzungsplanungen auf jeden Fall zusätzlich erfolgen muss.

Das LANUV weist in seiner Potenzialstudie einen Wert von maximal 844 GWh Ertrag

jährlich für die Stadt Minden aus. Dieser Wert ist jedoch als absolutes Maximum zu verstehen, da Erdwärme grundsätzlich nur in Gebäuden mit geeignetem energetischem Standard eingesetzt werden kann.

##### 4.7.1 Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren sind eine oberflächennahe Geothermie-Technik, bei der horizontale Rohrleitungen unterhalb der Frostgrenze bis zu einer Einbautiefe von 1,5 Metern in den Boden installiert werden. Die Wärme beziehen die Kollektoren aus der eingestrahnten Sonnenwärme und über versickerndes Niederschlagswasser. Diese Technik gefährdet das Grundwasser nicht und dementsprechend ist kein wasserrechtliches Erlaubnisverfahren notwendig. Die genutzte Fläche muss jedoch das 1,5- bis 2-fache der zu beheizenden Fläche betragen.

Bei der Wärmeerzeugung mit Erdwärmesonden und -kollektoren stammt bis zu 75 % der

Energie aus dem Untergrund, bei Grundwasserbrunnen bis zu 80 %. Die restliche, konventionell erzeugte Energie wird für den Betrieb der Wärmepumpen benötigt.

Die geothermische Ergiebigkeit für Erdwärmekollektoren in Minden ist fast durchweg als „mittel“ eingestuft. Stellenweise sind kleinere Flächen als „grundnass“ und „zu flach“ eingestuft.

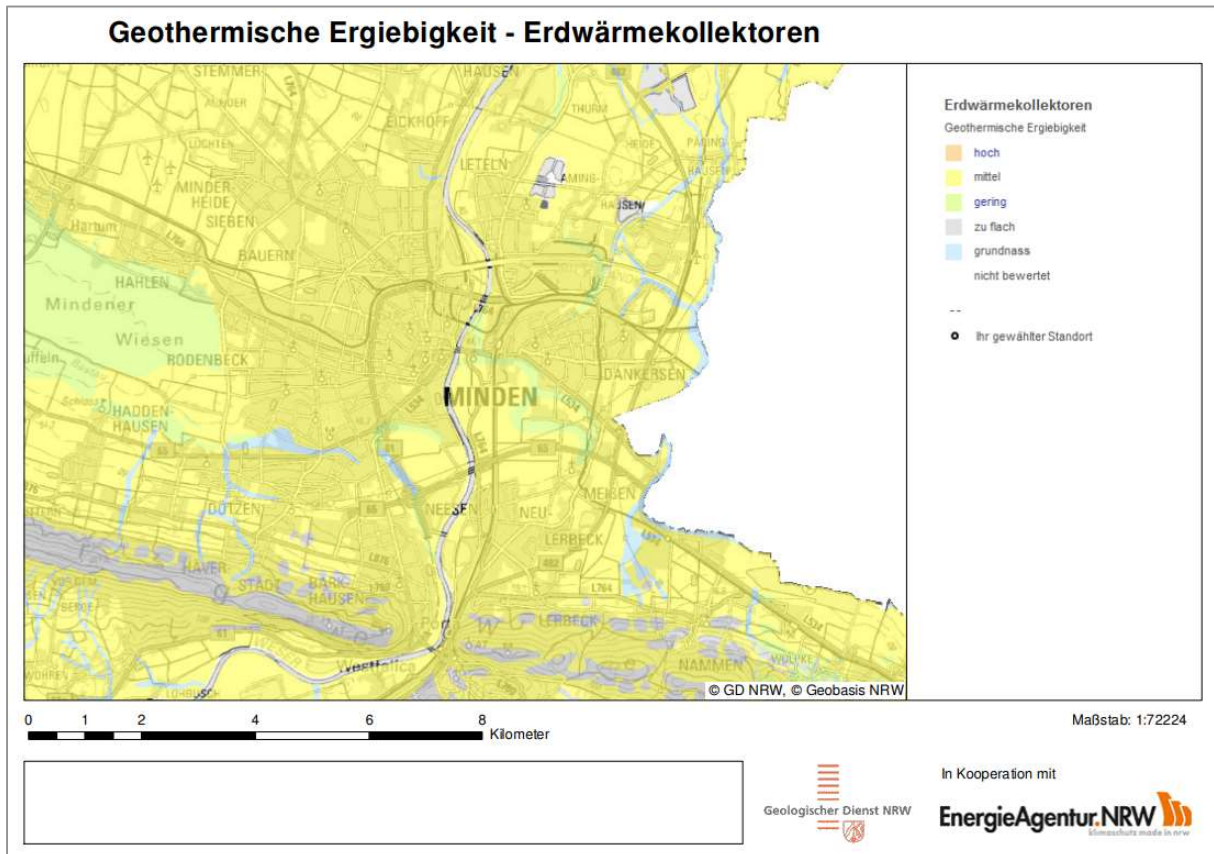


Abbildung 4.8: Eignung für Erdwärmekollektoren [Geologischer Dienst NRW]

#### 4.7.2 Erdwärmesonden

Mit Hilfe von Erdwärmesonden wird die Erdwärme nutzbar gemacht. Dazu wird eine mit einer Wärmeträgerflüssigkeit befüllte Erdwärmesonde – anders als bei Erdwärmekollektoren – vertikal oder schräg in ein Bohrloch eingebracht. Auf diese Weise wird dem umgebenden Erdreich Wärme entzogen oder zugeführt [Bundesverband Geothermie]. Die Nutzung oberflächennaher Erdwärmesonden ist daher von der geographischen Lage von Wasser- und Heilquellenschutzgebieten sowie der Hydrogeologie abhängig. Das Kartenmaterial

des Geologischen Dienstes NRW zeigt, dass insbesondere im Westen und Süden Bereiche, in denen der Einsatz von Erdsonden als wasserwirtschaftlich kritisch bewertet wird. Eine Einbringung von Erdsonden ist in wasserwirtschaftlich kritischen Bereichen nicht ausgeschlossen, eine Umsetzung aber genehmigungsrechtlich schwieriger. Oft verlangt dies ein Kältemittel in den Sonden, dass als „nicht wassergefährdend“ zertifiziert ist.

Im Süden der Stadt Minden befindet sich ein großer Abschnitt, die als hydrogeologisch kritisch eingestuft ist.



### Wasser- und Heilquellenschutzgebiete

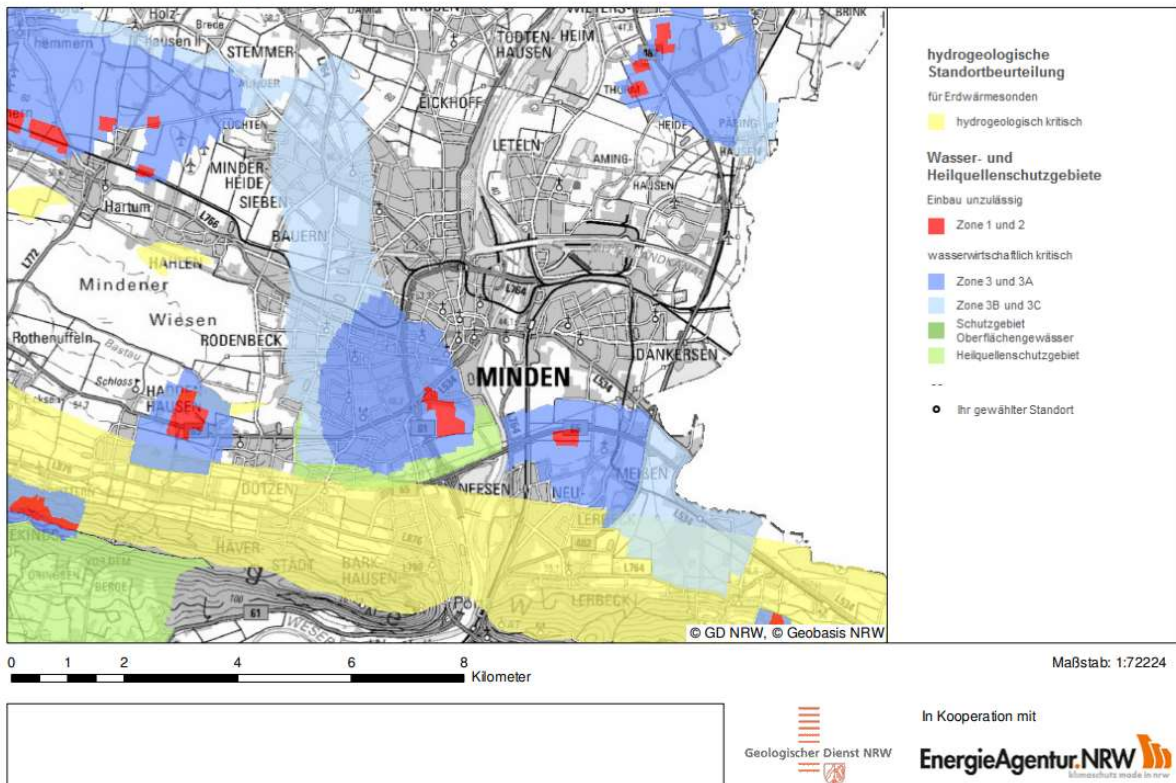


Abbildung 4.9: Schutzgebiete und hydrogeologisch kritische Bereiche [Geologischer Dienst NRW]

Je nach Beschaffenheit des Untergrundes ist die geothermische Ergiebigkeit anders. Die Ergiebigkeit wird daher differenziert. Die Klasseneinteilung beschreibt eine geothermische Ergiebigkeit von unter 60 kWh/(m·a) (Klasse 5) bis zu über 150 kWh/(m·a) (Klasse 1). Die geothermische Ergiebigkeit ist zudem wesentlich von der Tiefe der eingebrachten Sonde abhängig und kann beim Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen abgefragt werden.

In der Stadt Minden kann die geothermische Ergiebigkeit von Erdwärmesonden mit einer Tiefe von 100 m überwiegend als „mittel / Klasse 3a“ bezeichnet werden. Im südlichen Bereich liegen Flächen mit einer als „gut“ bewerteten Ergiebigkeit vor. Diese überschneiden sich jedoch mit den wasserwirtschaftlich kritischen Bereichen.

## Geothermische Ergiebigkeit - Erdwärmesonden

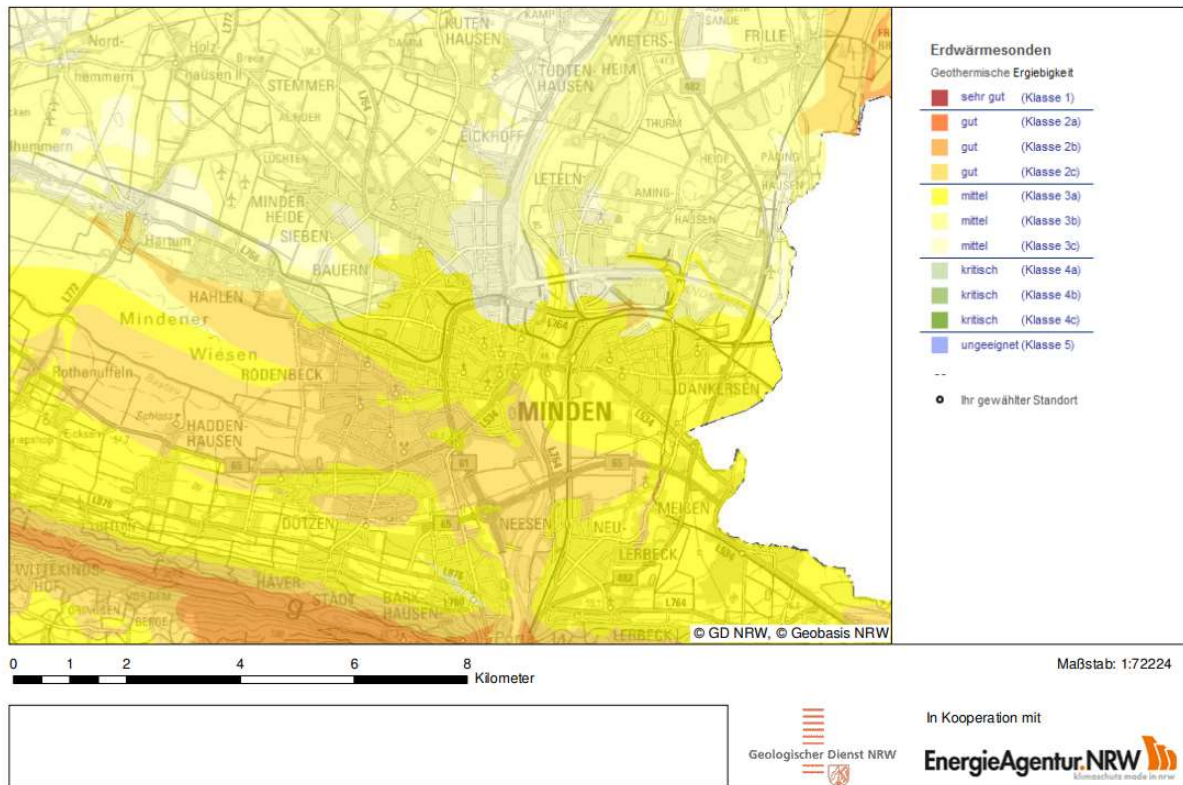


Abbildung 4.10: Eignung für Sonden (100m) [Geologischer Dienst NRW]

Die geothermische Ergiebigkeit ist wesentlich von der Tiefe der eingebrachten Sonde abhängig. Für Erdwärmesonden mit einer Tiefe von bis zu 100 m stellt sich die Bewertung der geothermischen Ergiebigkeit anders dar als für Sonden mit einer Tiefe von 40 m. Für diese Sondentiefe wird die geothermische Ergiebigkeit stellenweise höher eingeschätzt als für Erdsonden mit einer Länge von 100m. Insgesamt kann die geothermische Ergiebigkeit auf dem Stadtgebiet Minden als „mittel“ bis „gut“ eingestuft werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass eine effiziente Nutzung der Geothermie in der Stadt Minden durch den Einsatz von Erdwärmekollektoren und -sonden möglich ist. Zusätzlich wird die oberflächennahe Geothermie und die Anschaffung dazugehöriger Wärmepumpen durch umfassende Förderangebote unterstützt. Unter Berücksichtigung einer zunehmenden Nutzung

regenerativer Energien, werden demzufolge beim Neubau von Einfamilienhäusern Ausbaupotenziale gesehen. Unter der Prämisse einer Sanierung, welche die Absenkung der Vorlauftemperaturen eines Bestandsgebäudes erlaubt, kann das Potenzial der Umweltwärme auch für die Beheizung von Bestandsgebäude eine effiziente und sinnvolle Versorgungslösung darstellen.

### 4.7.3 Thermische Nutzung von Oberflächengewässern

Die Bezeichnung Oberflächengewässer umfasst alle in der Natur fließenden und stehenden Gewässer gleichermaßen (u. a. Flüsse, Seen, Übergangs- / Küstengewässer etc.). Charakteristisch für diese Gewässer ist deren Einbindung in den natürlichen Wasserkreislauf.

Oberflächengewässer existieren in verschiedensten Naturräumen und nicht zuletzt

deshalb unterscheiden sich die Gewässer einerseits aufgrund der vorkommenden Tier- und Pflanzenarten und ihrer Geologie im Einzugsgebiet und andererseits aufgrund der Gewässerstruktur. Zur Differenzierung ist dementsprechend ein System entwickelt worden, mit dem es möglich ist, Gewässer sowohl entsprechend ihrer naturräumlichen Eigenschaften als auch nach gemeinsamen Merkmalen zu Gewässertypen zusammenzufassen. Für diese Typisierung werden Fließgewässer mit einem Einzugsgebiet größer 10 km<sup>2</sup>, stehende Gewässer mit einer Oberfläche von mehr als 0,5 km<sup>2</sup> und Übergangs- bzw. Küstengewässer innerhalb einer Seemeile seewärts berücksichtigt.

Für die Stadt Minden ist vor diesem Hintergrund die Weser von Relevanz. Die rund 450 km lange Weser wird mit einem Einzugsgebiet von knapp 46.000 km<sup>2</sup> gemäß der zuvor erläuterten Typisierung als Oberflächen-Fließgewässer betrachtet. Die Tagesmitteltemperaturen lagen nach Rohdaten des LANUV an der Messstation „Porta“ in einem Bereich von 5 bis 25 Grad Celsius im Jahr 2020.

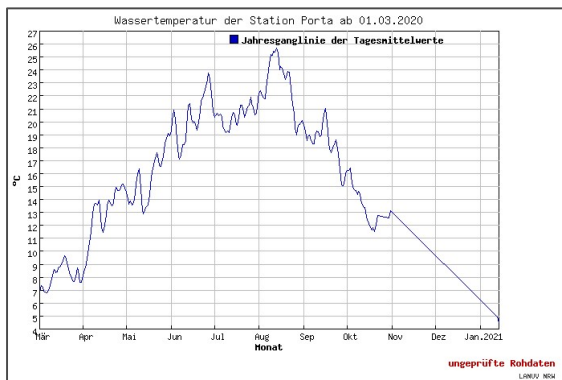


Abbildung 4.11: Tagesmitteltemperaturen der Weser nach Rohdaten des LANUV [LANUVa]

Aufgrund der hohen Wärmekapazität kann Wasser Wärme sehr gut speichern. Oberflächengewässer können deshalb geothermisch sowohl zum Kühlen als auch zum Heizen genutzt werden. Konventionelle Wärmepumpen sind technisch dennoch in der Lage Wärme zu gewinnen und die Wärmeträgerflüssigkeit auf mehr als 60°C zu erhitzen. Mit dieser Wärme können kommunale

Liegenschaften beheizt werden. In den Sommermonaten können Fließgewässer als Kühlung genutzt werden (sofern Wassertemperatur niedrig genug), da die Wassertemperatur in der Regel unterhalb der Luft- / Umgebungstemperatur verortet ist.

Bisher gibt es noch nicht viele Beispiele für die Nutzung von Oberflächenwasser in großem Maßstab. Dennoch könnte die thermische Nutzung von Oberflächengewässern bedeutende Einsparungen an fossilen Brennstoffen und Elektrizität erlauben. Die mögliche Energiemenge ist dabei abhängig von den Wassertemperaturen des Flusses und dem Massenstrom im Wärmeübertrager.

#### 4.7.4 Hydrothermale Grundwassernutzung

Die hydrothermale Grundwassernutzung ist eine Technik der Tiefengeothermie. Als hydrothermale Lagerstätten werden Bereiche in über 400 m Tiefe bezeichnet, in denen Thermalwasser zirkuliert.

Für die Nutzung der hydrothermalen Geothermie ist eine ergiebige, wasserführende Gesteinsschicht (Nutzhorizont) notwendig. Diese Schicht sollte vertikal und lateral möglichst weit ausgebreitet sein, um eine langfristige Nutzung zu gewährleisten. Das vorhandene Thermalwasser kann (abhängig von der Förderrate und Temperatur) sowohl für die Erzeugung von Strom und Wärme als auch für die Erzeugung von Wärme allein genutzt werden.

Für die Nutzbarmachung des Thermalwassers bedarf es in der Regel zwei oder mehr Bohrungen. Dabei handelt es sich mindestens um eine Förder- und eine Injektionsbohrung (Dublette).

In Deutschland existieren natürliche Reservoirs mit ausreichenden Wassermengen. Dazu zählen primär die geothermischen Provinzen des Molassebeckens im Alpenvorland, der Oberrheingraben und das norddeutsche Becken. Auf dem Stadtgebiet Minden sind möglicherweise ähnliche natürliche Reservoirs

vorhanden. Allerdings ist dort die ausreichende Wassermenge nicht gewährleistet. Vor diesem Hintergrund ist die Wirtschaftlichkeit der Strom- und Wärmeerzeugung bei der hydrothermalen Grundwassernutzung gefährdet.

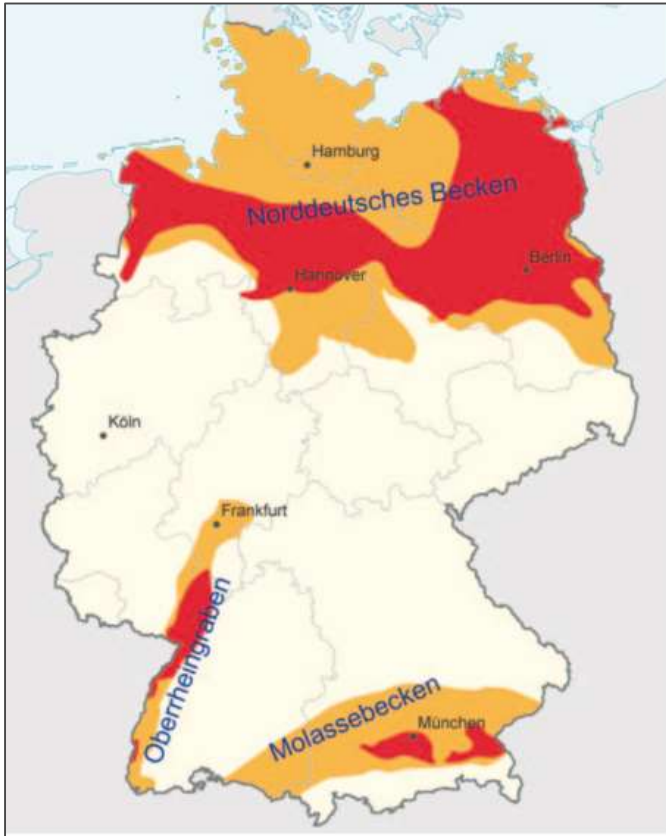


Abbildung 4.12: Übersicht über Gebiete, die für eine tiefe hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind [UBA, 2008]

#### 4.8 ABWÄRMEPOTENZIAL

Durch den Anschluss an den Mittellandkanal, die Weser und an wichtige Verkehrsachsen wie die A2, ist der Standort Minden traditionell ein bedeutender Umschlagplatz und Standort zahlreicher Industrieunternehmen. Die Wirtschaftsstruktur ist u. a. geprägt von der Elektroindustrie, der Chemischen Industrie, der Lebensmittelindustrie sowie durch Logistik - Unternehmen.

Um mögliche Abwärmequellen aus Industrie und Gewerbe-Prozessen zu identifizieren, wurde zum einen das Wärmekataster des LANUV verwendet, zum anderen wurden die Gasverbrauchsdaten der Industrie- und Gewerbebetriebe analysiert. Die Unternehmen, die potenziell für eine Abwärmenutzung in Frage kommen, wurden in Tabelle 4.7 und Tabelle 9 zusammengefasst.

Im Verlauf des Projektes wurden zum Thema Abwärmepotentiale Akteursgespräche mit folgenden Akteuren/ Unternehmen geführt:

15.12.2020 WW-Energieservice

13.01.2021 Follmann

14.01.2021 Siegfried

26.01.2021 Sitex

05.02.2021 Wago

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die untersuchten Unternehmen zwar z. T. hohe Energieverbräuche aufweisen, aber durch Effizienz-Maßnahmen und interne Abwärmenutzung keine größeren Potenziale zur Einspeisung von Abwärme in das Fernwärmenetz haben. Thermische Prozesse finden zudem in unregelmäßigen Frequenzen statt, was eine mögliche Abwärme-Nutzung schwierig gestaltet.

Lediglich bei der Firma Sitex besteht, die Möglichkeit in einem gewissen Umfang Abwärme aus dem Abwasser zu nutzen (Volumenstrom 250m<sup>3</sup> pro Tag mit einer Temperatur von ca. 25-30°C). Hier wurde bereits in der Vergangenheit eine Wärmelieferung an ein benachbartes Fitnesscenter in Betracht gezogen.

Bei der Betrachtung des Wärmebezugs stellt die langfristige Versorgungssicherheit die oberste Prämisse für die Unternehmen dar. Die Großkunden haben durch ihren hohen Energiebedarf eine zentrale Bedeutung für die zukünftige Wärmeversorgung in Minden. Eine enge Absprache, mit den Akuteren ist daher in Zukunft notwendig, um ein hohes Maß an Versorgungssicherheit für die Unternehmen zu gewährleisten.

Tabelle 4.7: Industriebetriebe mit möglichem Abwärmepotenzial

##### Industriebetriebe mit möglichem Abwärmepotenzia (Quelle: LANUV)

Betreiber	MARS GmbH	PetCom Tierernährung GmbH & Co. KG	Follmann & Co Gesellschaft für Chemiewerkstoffe und Verfahrenstechnik mbH & Co. KG	AGRAVIS Mischfutter Ostwestfalen-Lippe GmbH	GELITA AG	Siegfried Pharmachemikalien GmbH
Adresse	Karlstr. 89 32423 Minden	Hans-Böckler-Str. 26 32423 Minden	Karlstraße 59 32423 Minden	Zum Industrieafen 20 32423 Minden	Friedrich- Wilhelm-Str. 155 32423 Minden	Karlstr. 15 - 39 32423 Minden
Branche	Herstellung von Futtermitteln für sonstige Tiere	Herstellung von Futtermitteln für sonstige Tiere	Herstellung von Anstrichfarben, Druckfarben und Kitt	Herstellung von Futtermitteln für Nutztiere	Herstellung von sonstigen Nahrungsmitteln	Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen

Abwärmemenge [MWh/a].	≥100 - 1.000	k.A.	≥100 - 1.000	k.A.	≥100 - 1.000	≥1.000 - 10.000
Leistung [kW]	≥100 - < 1.000	k.A..	< 10 - 100	k.A.	< 10 - 100	< 10 - 1.000
Temperatur	≥110	k.A..	≥60 - ≥ 110	k.A.	≥60 - 90	≥110
Laufzeit	≥5.000 - 7.000	k.A..	≥3.000 - 5.000	k.A.	≥7.000	<3.000 - ≥7.000

Tabelle 4.8: Industrie und Gewerbe mit Abwärmepotenzial (Stadtwerke Minden)

*Industriebetriebe und Gewerbe mit Abwärmepotenzial*

Betreiber	WAGO Kontakttechnik GmbH & Co.	Rhenus Retail Service GmbH	Ertl.Systemlogistik Minden GmbH	DS Smith Packaging Deutschland	Edeka Foodservice Stiftung & Co.KG	Schünke Logistik
Adresse	Hansastraße 27, 32423 Minden	Hans-Böckler-Str. 37 32423 Minden	Hans-Böckler-Straße 35, 32423 Minden	Karlstraße 51, 32423 Minden	Meyerweg 15 32429 Minden	Ringstraße/ Drabertstraße 32427 Minden
Gasverbrauch 2018 [kWh/a]	7.132.496	3.148.149	663.163	23.429.020	961.588	

## 5 IDENTIFIKATION VON HOTSPOTS FÜR WÄRMEBEDARFE IM STADTGEBIET

Im Stadtgebiet von Minden wurden die Wärmeverbräuche analysiert und eine Auswahl von „Wärme-Hotspots“ für eine nähere Betrachtung ausgewählt. Das erste „Screening“ der Wärmeverbräuche basiert auf einem 100x100m Raster der Wärmebedarfsdichten auf Grundlage von Daten des Landesamtes für Natur Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV). In den ausgewählten Bereichen wurden dann in einem zweiten Schritt auf der Basis der Gasverbrauchsdaten der Stadtwerke Wärmebedarfsdichten für einzelne Baublöcke oder -abschnitte ermittelt und diese in Wärmeklassen strukturiert. Die Einteilung in Wärmeklassen dient der Ermittlung der Verteilung und Konzentration der Wärmeverbräuche im Stadtgebiet und ermöglicht so eine erste Abschätzung darüber, ob eine Versorgung mit Wärmenetzen sinnvoll sein kann.

Die Auswahl der Wärme-Hotspots erfolgte einerseits nach der Höhe der Wärmebedarfsdichten (u. a. 1,3,4,9), andererseits aber auch auf Basis weiterer struktureller Merkmale, wie Lage im Stadtgebiet und die Nähe zu Wärmeerzeugungsanlagen (7,8) oder zu geplanten Neubauvorhaben (5).

Die Auswahl der Wärme-Hotspots umfasst folgende Bereiche:

1. Melittabad
2. Im Hohen Felde
3. Stettiner Straße
4. Herzog-von-Braunschweig Kaserne/ Wettinerallee
5. Portastraße/ Poststraße
6. Hansastrasse
7. Oberstraße
8. Mittelweg/ Bismarckstraße
9. Kingslevallee
10. Grillepark
11. Innenstadt

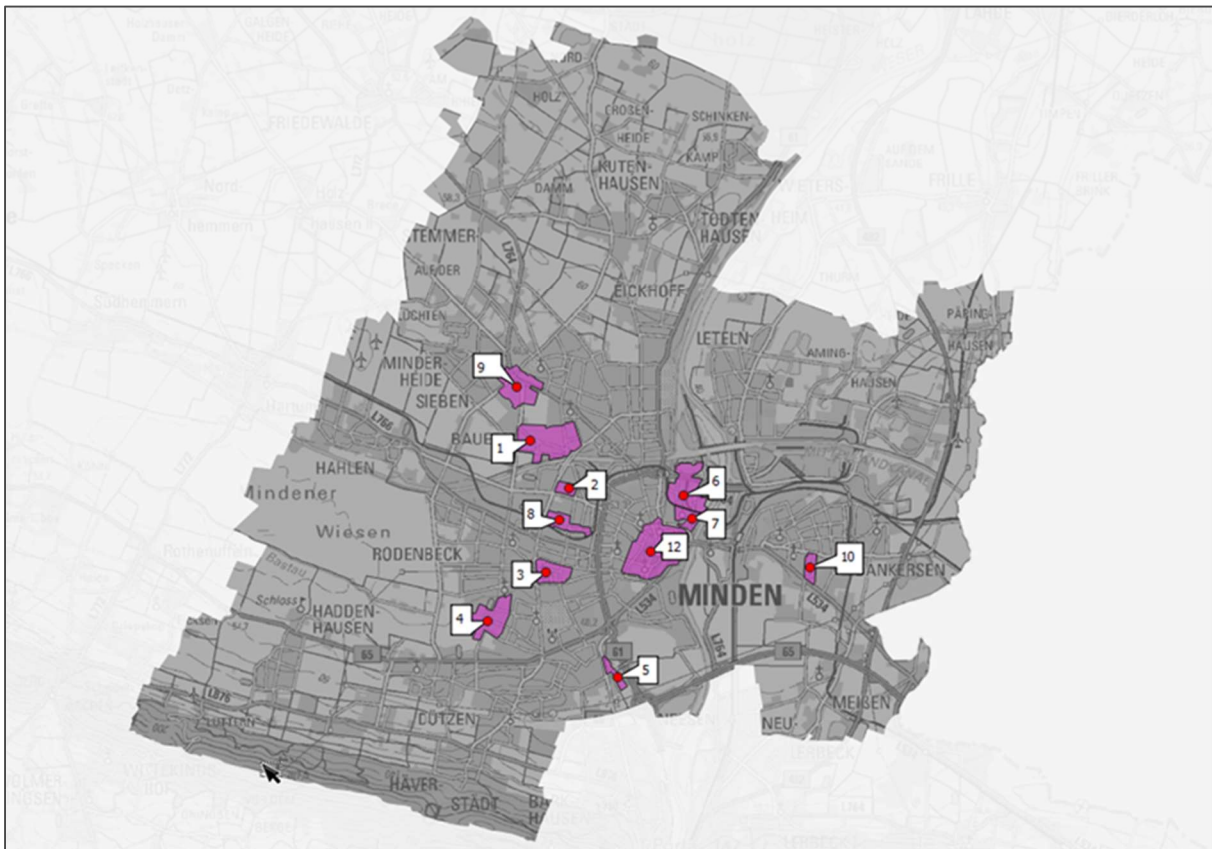


Abbildung 5.1: Wärme-Hotspots in Minden [energielenker projects]

## 5.1 MELITTABAD

Das Melittabad und die benachbarten Mehrfamilienhäuser in der Humboldtstraße, Bunsenstraße und Röntgenstraße sind bereits an das existierende Fernwärmenetz angeschlossen.

Ein Ausbau des Anschlussgebietes weiter nach Osten Richtung Liebigstraße, auf die nördliche Seite der Straße In den Bärenkämpfen und auf die östliche Seite der Straße Sandtrift erscheint insbesondere wegen der hohen Wärmebedarfe der größeren Mehrfamilienhäuser sinnvoll. Auch ein Anschluss der Freiherr-von-Vincke-Realschule und der Sporthalle an das Fernwärmenetz ist denkbar.

Wegen des hohen Wärmebedarfs der Wohngebäude in diesen Bereichen sollte hier zunächst auch über Sanierungsmaßnahmen zur Senkung des Wärmebedarfs nachgedacht werden.

### Hotspot Melittabad

beheizte Gebäude	345
Wärmebedarf [kWh/a]	34.233.401
Energieträger	Fernwärme, Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	überwiegend MFH
Gebäudealter	ca. 1.950



Abbildung 5.2: Abgrenzung Hotspot Melittabad [energielenker projects]

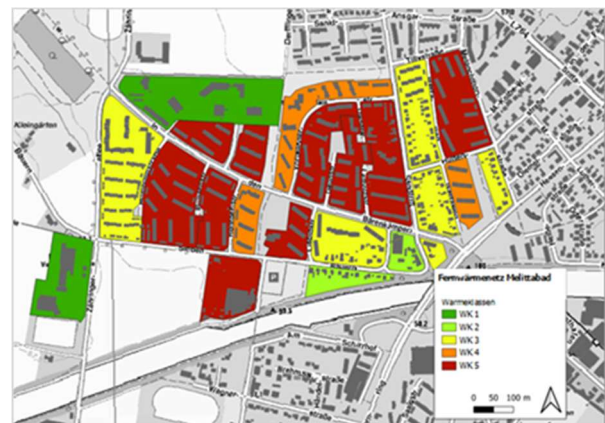


Abbildung 5.3: Wärmeklassen [energielenker projects]



Abbildung 5.4: Ausbaustufen [energielenker projects]

Ausbaustufen	Bestand	Ausbaustufe 1	Ausbaustufe 2
Trassenlänge [m]	k.A.	1.126	1.210
Anzahl Gebäude	ca. 18	ca. 110	ca. 60
Wärmebedarf [kWh/a]	13.332.799	12.185.823	5.423.006



## 5.2 IM HOHEN FELDE

Das Gebäudeensemble der Kreisschwimmhalle, der Kampahalle, des Leo-Symphoniker-Berufskollegs und der Freiherr vom Stein-Schule kommt möglicherweise für die Initiierung eines kleineren Nahwärmenetzes („Keimzelle“) in Frage.

Die Gebäude liegen räumlich dicht beieinander und weisen einen hohen Wärmebedarf auf. Hier gilt es zu prüfen, ob eine lokale Erzeugung erneuerbarer Wärme umsetzbar ist. Die Entfernung zum existierenden Wärmenetz beträgt ca. 500m, ein Anschluss an das existierende Wärmenetz wäre alternativ denkbar.

Eine weitere Alternative wäre ein größerer Wärmeverbund entlang der Hahlener Straße mit Anschluss des Besselgymnasiums und der Sporthalle.



Abbildung 5.5: Abgrenzung Hotspot im Hohen Felde [energielenker projects]

### Hotspot Im hohen Felde

beheizte Gebäude	19
Wärmebedarf [kWh/a]	5.920.750
Energieträger	Erdgas
Gebäudetypologie	Öffentliche Gebäude
Gebäudealter	ca. 1970

	Nahwärmenetz Im Hohen Felde	Anschluss an das Fernwärmenetz
Trassenlänge [m]	ca. 300	ca. 1700
Anzahl Gebäude	19	19 + evtl. weitere Anlieger
Wärmebedarf [kWh/a]	5.920.750	5.920.750 + X
Wärmeerzeugung	Biomasse BHKW, Wärmepumpe, Geothermie	Fernwärme

### 5.3 STETTINER STRAÙE

Das Baugebiet Stettiner Straße fällt aufgrund des sehr hohen Wärmeenergiebedarfes auf. Größere Wärmeverbraucher sind die Pflegeeinrichtungen Haus Emmaus, Haus Morgenglanz, die Tagespflege Salem sowie die größeren Wohngebäude an der Stettiner Straße. Als Wärmeversorgung kommt ein Nahwärmeverbund, möglicherweise mit einer Heizzentrale auf dem Grundstück der erst kürzlich energetisch sanierten Hohenstaufen Schule in Frage oder alternativ ein Anschluss an das Fernwärmenetz. Ein Anschluss an das Fernwärmenetz wäre über die Rodenbecker Straße mit dem Neubau einer ca. 1200 m langen Wärmeleitung (ohne Hausanschlüsse) möglich.



Abbildung 5.6: Abgrenzung Hotspot Stettiner Straße [energielenker projects]

#### Hotspot Stettiner Straße

beheizte Gebäude	153
Wärmebedarf [kWh/a]	6.342.980
Energieträger	Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	Öffentliche Gebäude, MFH, EFH
Gebäudealter	gemischt

	Nahwärmenetz Stettiner Straße	Anschluss an das Fernwärmenetz
Trassenlänge [m]	ca. 1000	ca. 2200
Anzahl Gebäude	153	153 + evtl. weitere Anlieger
Wärmebedarf [kWh/a]	6.342.980	6.342.980+ X
Wärmeerzeugung	Biomasse BHKW, Wärmepumpe,	

## 5.4 WETTINERALLEE

Ein weiterer Hotspot bezüglich der Wärmeverbräuche liegt an der Wettinerallee. Westlich der Wettinerallee befindet sich die Herzog-von-Braunschweig Kaserne, östlich der Straße liegt ein Wohngebiet mit mehreren großen Mehrfamilienhäusern und einigen Reihenhäusern. Für einen Anschluss an das Fernwärmenetz kommt das Gebiet aufgrund der relativ weit vom Stadtzentrum entfernten Lage kurz- und mittelfristig eher nicht in Frage. Denkbar wäre eine gemeinsame Wärmeversorgung in einem Nahwärmeverbund, die bei einem Anschlussinteresse für die Bundeswehrgebäude interessant wäre. Grundsätzlich ist ein Anschluss von Bundeswehrgebäuden an Wärmenetze externer Betreiber denkbar (2017 wurden 98 Liegenschaften in der Zuständigkeit der BlmA mit Fernwärme versorgt).

Auf Grund der Stadtrandlage und des großen Flächenangebots auf dem Gelände der Kaserne (Grünflächen zwischen Kaserne und Bastau, Dachflächen, Parkplätze) wäre hier eine Versorgung mit solarer Wärme zu prüfen.

### Hotspot Wettinerallee

beheizte Gebäude	186
Wärmebedarf [kWh/a]	14.724.800
Energieträger	Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	Kaserne, MFH, EFH, RH
Gebäudealter	1970



Abbildung 5.7: Abgrenzung Hotspot Stettiner Straße [energielenker projects]

### Nahwärmenetz Wettinerallee

Trassenlänge [m]	ca. 2.500
Anzahl Gebäude	Ca. 140
Wärmebedarf [kWh/a]	11.000.000
Wärmeerzeugung	Biomasse BHKW, Solarthermie, Geothermie, Wärmepumpe

## 5.5 PORTASTRAßE/ POSTSTRAßE

Im Süden der Stadt, entlang der Straßen Über den Wiesen und Alte Portastraße weist die bestehende Wohnbebauung einen hohen Wärmebedarf auf. Bei den Gebäuden handelt es sich überwiegend um größere Mehrfamilienhäuser. Das Gebiet liegt recht weit vom Stadtzentrum entfernt, sodass ein Anschluss an das Fernwärmenetz nicht sinnvoll scheint. Südwestlich entlang der Portastraße gibt es ein Potenzial für eine weitere innenstadtnahe Wohnbaufläche. In diesem Zusammenhang gilt es ein gemeinsames Wärmekonzept zu prüfen. In diesem Gebiet könnte ein Modellquartier für die gemeinsame Wärmeversorgung von Neubau- und Bestandsquartieren entstehen. (Best Practice Grünbühl/Sonnenberg). Ein Nahwärmenetz mit ca. 35 der Bestandsgebäude sollte geschaffen werden. Dies entspräche einer Anschlussquote von 80%.



Abbildung 5.8: Abgrenzung Hotspot Portastraße/ Poststraße [energielenker projects]

### Hotspot Portastraße/ Poststraße

beheizte Gebäude	43
Wärmebedarf [kWh/a]	4.463.260
Energieträger	Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	MFH
Gebäudealter	1970

### Nahwärmenetz Portastraße/ Poststraße

Trassenlänge [m]	ca. 700
Anzahl Gebäude	ca. 35
Wärmebedarf [kWh/a]	ca. 3.500.000
Wärmeerzeugung	Biomasse BHKW, Geothermie, Wärmepumpe, PtH

## 5.6 HANSASTRASSE

Der Hotspot Hansastrasse liegt in der näheren Umgebung des existierenden Mindener-Fernwärmenetz zwischen dem Innenstadtkern und Siegfried Pharmachemikalien. Falls es zum Neubau einer Wärmetrasse zwischen Hafengelände und Innenstadt kommt, wäre ein Anschluss dieses Gebietes mit relativ kurzen Abständen möglich. Die Bebauung ist geprägt durch Gewerbe, öffentliche Gebäude und Mehrfamilienhäusern. Der Wärmebedarf in dem Gebiet ist verhältnismäßig hoch. Bei entsprechender Anschlussbereitschaft im Gebiet lässt sich ein Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz wirtschaftlich darstellen. Anzustreben wäre ein Anschluss größerer Wärmesenken wie der Innenstadtklinik und des Seniorenparks carpe diem sowie eine Anschlussquote von mindestens 75% der Gebäude.

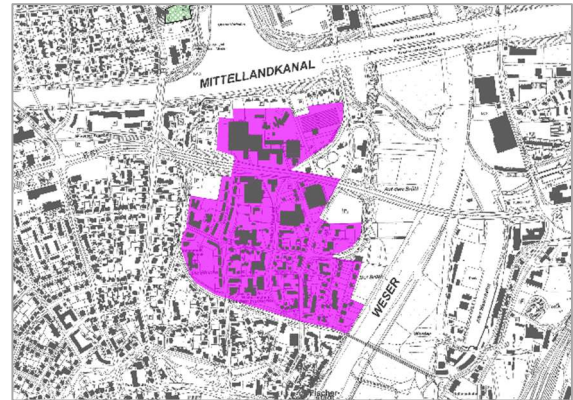


Abbildung 5.9: Abgrenzung Hotspot Hansastrasse [energielenker projects]

### Hotspot Hansastrasse

beheizte Gebäude	180
Wärmebedarf [kWh/a]	15.175.900
Energieträger	Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	Gewerbe, öffentliche Gebäude, MFH, EFH
Gebäudealter	gemischt

### Anschluss Fernwärmenetz

Trassenlänge [m]	ca. 2400
Anzahl Gebäude	135
Wärmebedarf [kWh/a]	ca. 11.400.000
Wärmeerzeugung	Fernwärme

## 5.7 OBERSTRAÙE

Der Hotspot Oberstraße liegt zwischen dem Innenstadtkern und dem nördlich angrenzenden Hotspot Hansastraße und wird von diesem durch die Straße „Am Bahnhof Minden Stadt“ getrennt. Ähnlich wie die Bebauung im Hotspot Hansastraße ist der Hotspot Oberstraße geprägt durch Gewerbe, öffentliche Gebäude und Wohnbebauung. Eine Besonderheit ist die Fischerstadt, ein Bebauungsblock mit dichter Fachwerkhausbebauung, der am westlichen Weserufer liegt.

Der Wärmebedarf im Hotspot Oberstraße ist hoch und die Voraussetzungen für einen Anschluss an das vorhandene Fernwärmenetz aufgrund der Lage gut.



Abbildung 5.10: Abgrenzung Hotspot Oberstraße [energielenker projects]

### Hotspot Oberstraße

beheizte Gebäude	140
Wärmebedarf [kWh/a]	6.204.300
Energieträger	Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	Gewerbe, öffentliche Gebäude, MFH, EFH
Gebäudealter	gemischt

### Anschluss Fernwärmenetz

Trassenlänge [m]	ca. 1300
Anzahl Gebäude	214
Wärmebedarf [kWh/a]	ca. 8.334.880

## 5.8 MITTELWEG/ BISMARCKSTRASSE

Der Hotspot Mittelweg liegt westlich des Stadtkerns. Hier befinden sich mehrere große Mehrfamilienhäuser mit hohem Wärmebedarf. Die Gebäude wurden vermutlich in den 1960er und 1970er Jahren gebaut und es ist zu erwarten, dass durch energetische Sanierungsmaßnahmen der Energiebedarf der Gebäude erheblich gesenkt werden kann.

Für eine zukunftsfähige Wärmeversorgung kommt für das Gebiet zum einen ein Anschluss an das ca. 800 m entfernt liegende Wärmenetz in Frage. Eine Alternative wäre eine Nahwärme-Lösung (Keimzelle), die zukünftig erweitert und in das Fernwärmenetz integriert werden könnte.

Als Wärmeerzeugung wäre hier insbesondere die Nutzung von Abwasserwärme zu prüfen, da aufgrund der Lage im Stadtgebiet gute Voraussetzungen für diese Technologie erwartet werden können.

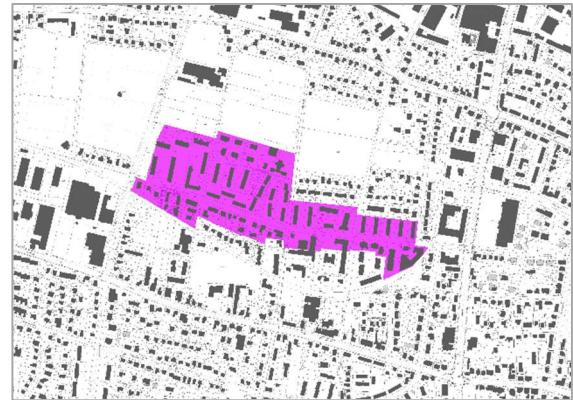


Abbildung 5.11: Abgrenzung Hotspot Mittelweg/ Bismarckstraße [energielenker projects]

### Hotspot Mittelweg/ Bismarckstraße

beheizte Gebäude	114
Wärmebedarf [kWh/a]	7.880.520
Energieträger	Erdgas
Siedlungsdichte	hoch
Gebäudetypologie	öffentliche Gebäude, MFH, EFH
Gebäudealter	1960/70

	Nahwärmenetz Mittelweg/ Bismarckstraße	Anschluss Fernwärmenetz
Trassenlänge [m]	ca. 1.300	ca. 2.050
Anzahl Gebäude	190	190 + X
Wärmebedarf [kWh/a]	8.280.540	8.280.540 + X
Wärmeerzeugung	Biomasse BKHW, Solarthermie, Wärmepumpe, Abwasserwärme, Geothermie	Fernwärme

## 5.9 KINGSLEYALLEE

Rund um den Kreisverkehr Stiftsallee/ Zähringerallee befindet sich ein Gebiet mit zahlreichen Gewerbebetrieben sowie den zwei Schulen FES Gesamtschule und FES Gymnasium.

Aufgrund der hohen Wärmebedarfsdichten und der räumlichen Nähe der Gebäude kommt hier eine gemeinsame Wärmeversorgung in einem Nahwärmeverbund in Frage. Auch der Rahmenplan Minderheide zeigt Verdichtungspotenzial in direkter Nachbarschaft auf. Dies bietet mittelfristig ein Potenzial für eine zentrale Wärmeerzeugung in diesem Bereich.

Die bereits vorhandenen Nahwärmeleitungen am Melittabad befinden sich in einer Entfernung von rund 1100 m. Perspektivisch könnte ein lokal errichtetes Nahwärmenetz in das zentrale Fernwärmenetz der Stadt Minden integriert werden.

### Nahwärmenetz Kingsleyallee

Trassenlänge [m]	1.800
Anzahl Gebäude	103
Wärmebedarf [kWh/a]	8.300.950
Wärmeerzeugung	Biomasse BKHW, Wärmepumpe, Geothermie

### Hotspot Kingsleyallee

beheizte Gebäude	65
Wärmebedarf [kWh/a]	5.030.030
Energieträger	Erdgas
Gebäudetypologie	Gewerbe, öffentliche Gebäude
Gebäudealter	gemischt



Abbildung 5.12: Abgrenzung Hotspot Kingsleyallee [energielenker projects]



## 5.10 GRILLEPARK

Der Grillepark auf dem Areal der 1935 errichteten Gneisenau-Kaserne stellt ein wichtiges Zentrum im Stadtteil Minden-Dankersen dar. Nach dem Abzug der britischen Rheinarmee standen die denkmalgeschützten Kasernengebäude zunächst leer und wurden ab 1997 zu einem multifunktionalen Zentrum mit Gewerbe- und Büroflächen, Einkaufsmöglichkeiten und sozialen Einrichtungen entwickelt. Das Gebäudeensemble hat aktuell einen hohen Wärmebedarf, der aufgrund der Denkmalschutz-Auflagen nicht durch umfangreiche Sanierungsmaßnahmen gesenkt werden kann.

Historische Bauwerke energieeffizient zu sanieren, ist eine große Herausforderung, denn mit dem Denkmalschutz sind strenge Auflagen und Einschränkungen verbunden. Um die Wärmeversorgung dennoch klimaneutral zu gestalten, kommt ein Nahwärmenetz in Frage.

In direkter Nachbarschaft zum Grillepark gibt es weitere, dicht bebaute Bereiche, die potenziell in weiteren Ausbausritten an ein Wärmenetz angeschlossen werden könnten.

### Hotspot Grillepark

beheizte Gebäude	22
Wärmebedarf [kWh/a]	2.246.790
Energieträger	Erdgas
Gebäudetypologie	Gewerbe
Gebäudealter	1935



Abbildung 5.13: Abgrenzung Hotspot Am Exerzierplatz [energielenker projects]

### Nahwärmenetz Grillepark

Trassenlänge [m]	ca. 750
Anzahl Gebäude	22
Wärmebedarf [kWh/a]	2.246.790
Wärmeerzeugung	Biomasse BHKW, Abwärme Gewerbe, Umweltwärme

## 5.11 INNENSTADT

Die Mindener Innenstadt ist der Bereich, der im Stadtgebiet die höchsten Wärmebedarfsdichten aufweist. Hier werden bereits heute viele Gebäude mit Fernwärme versorgt, darunter viele größere und öffentliche Gebäudekomplexe wie das Rathaus, das Weserkolleg und das Gerichtszentrum.

Bezogen auf die Anzahl der Gebäude weist das Netz hier allerdings eine geringe Anschlussquote auf. Im Bereich der Mindener Innenstadt wird daher empfohlen, die Anschlussquote sukzessive zu erhöhen.

Insbesondere für die zahlreichen, zum Teil denkmalgeschützten Altbauten bietet ein Anschluss an das Fernwärmenetz die Chance einer klimaneutralen Wärmeversorgung, da für diese Gebäude Maßnahmen zur Einsparung von Wärmeenergie, beispielsweise durch Dämmen der Gebäudehülle oder Fenstertausch durch die Auflagen des Denkmalschutzes nicht in Frage kommen. Aufgrund der dichten Bebauung in der Innenstadt und der geringen Grundstücksgrößen kommen auch andere erneuerbare Wärmequellen wie z. B.z.B. Wärmepumpen für diesen Bereich nicht in Betracht.

Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass der finanzielle Aufwand für den Anschluss weiterer Gebäude an das Fernwärmenetz trotz hoher Kosten für die Leitungsverlegung im Innenstadtbereich vertretbar ausfällt, da hier bereits zahlreiche Gebäude angeschlossen sind und dadurch die Entfernungen von neuen Hausanschlüssen zu vorhandenen Wärmeleitungen gering sein dürften.

### **Hotspot Innenstadt**

beheizte Gebäude	1.361
Wärmebedarf [kWh/a]	92.215.200
Energieträger	Fernwärme/ Erdgas
Gebäudetypologie	gemischt
Gebäudealter	Gemischt (Denkmalschutz)



Abbildung 5.14: Fachwerkhäuser am Johanneskirchhof in Minden (Ulrich Antas, Minden / pixelio.de)

## 6 SZENARIENENTWICKLUNG

Das Kapitel soll Szenarien aufzeigen, die die angestrebten Einsparungsziele von 75 % bzw. 95 % der THG-Emissionen bis 2040 ermöglichen. Entscheidend für die Zielerreichung ist die Entwicklung des Energiebedarfs in den Sektoren Privat, Wirtschaft und kommunale Gebäude sowie die zukünftige Zusammensetzung der Energieerzeugung.

Aus dem Betrachtungszeitraum und dem Einsparungsziel von 75 % der THG-Emissionen resultiert eine notwendige jährliche **THG-Einsparungsrate von 3,75 %**. Dies entspricht, ausgehend von der in Kapitel 2.3 definierten Ausgangslage einer Verringerung der THG-Emissionen in Höhe von **11.500 Tonnen pro Jahr**. Zur Erreichung der Klimaneutralität (Einsparung von 95 % - der THG-Emissionen) muss hingegen eine jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparungsrate von **4,75 %** bzw. eine Reduktion von **jährlich rund 14.700 Tonnen** erreicht werden.

In den aufgestellten Szenarien sind die in Kapitel 4 ermittelten Einsparpotenziale berücksichtigt. Die Umweltwärme wird als Endenergie bilanziert und beinhaltet in den Darstellungen bereits den notwendigen Endenergiebedarf an Strom. Dieser wird in der Zusammenfassung beziffert und in der Bilanzierung der Treibhausgase aufgrund des Emissionsfaktors einbezogen. Es wird angenommen, dass das synthetische Methan ausschließlich durch den Einsatz von Ökostrom erzeugt wird.

### 6.1 SZENARIO: R75

Das Szenario wird unter Berücksichtigung folgender Randbedingungen aufgestellt:

- Jährliche Sanierungsrate: 2 %
- Reduktion des Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärmebedarfs im Wirtschaftssektor um 11 %
- Erreichung eines THG-Faktors des Wärmenetzes von 76 Gramm CO<sub>2</sub> pro

Kilowattstunde (wird nach dargestellter Verteilung erreicht)

- Bereitstellung von Strom für Wärmepumpen mit einem THG-Faktor von 100 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde

Abbildung 6.1 stellt eine mögliche Entwicklung des Wärmemixes auf dem Mindener Stadtgebiet dar, die eine Reduktion von 76 % der THG-Emissionen bis 2040 bedeuten würde. Die wesentlichen Energieträger sind zukünftig die Wärmenetze sowie Umweltwärme. Zusammengefasst haben Erdgas und synthetisches Methan jedoch einen ebenso großen Anteil an der Wärmeversorgung wie das Wärmenetz. Ergänzt wird die Versorgung durch einen gestiegenen Anteil von Wärme aus Biomasseanlagen (Holz), was eine anteilige Hebung des in Kapitel 4.6 beschriebenen Potenzials impliziert. Die Solarthermie kann vorrangig zur Deckung des Warmwasserbedarfs auf den Dachflächen des Gebäudebestandes eingesetzt werden und deckt damit in diesem Szenario einen Anteil von 5 % des Endenergiebedarfs.

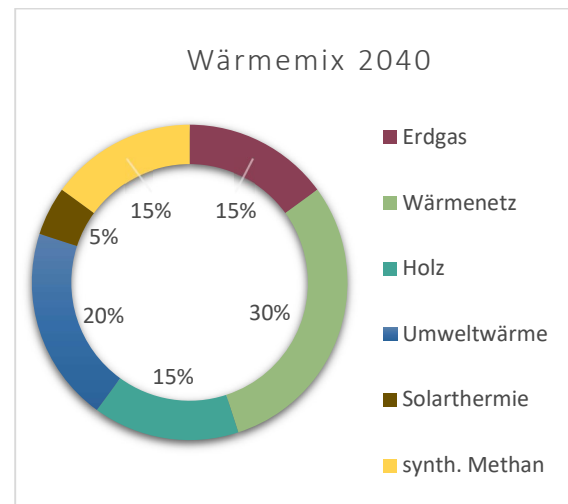


Abbildung 6.1: Wärmemix in 2040 im R75-Szenario [energielenker projects]

Insgesamt sollen 30 % der notwendigen thermischen Endenergie über Wärmenetze bereitgestellt werden. In absoluten Zahlen bedeutet dies eine Endenergiemenge von rund 272.000 MWh. Um den, in den

Randbedingungen, festgelegten Emissionsfaktor zu erreichen, muss das Netz unter Einbeziehung eines hohen Anteils an erneuerbaren Wärmequellen betrieben werden. In Abbildung 6.2 ist dargestellt, wie die Anteile summiert über alle im Jahr 2040 betriebenen Netze aussehen kann, um den genannten Emissionsfaktor zu erreichen. Anders als bei der Verteilung der Gesamtenergie wird die Umweltwärme nicht durch gebäudenahen Wärmepumpen nutzbar gemacht, sondern durch sogenannte Großwärmepumpen. Ebenso wird mit dem Einsatz von Sonnenkollektoren die Errichtung großer Solarthermieranlagen beschrieben, welche auch als Solarkraftwerke bezeichnet werden. Diese dienen zum Betrieb von solaren Wärmenetzen.

Das synthetische Methan wird in diesem Szenario vollständig über das vorhandene Erdgasnetz an die Verbraucher geliefert. Die Energieträger Erdgas und Holz werden neben der Wärmebereitstellung über die Nutzung nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsprinzip zur Stromerzeugung genutzt. Das Mindener Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerk (Abfallverwertung) stellt einen Wärmeanteil von 20 % des gesamten Wärmenetzes.

Aus dem Anteil von 10 % bzw. rund 27.000 MWh thermischer Endenergie aus Umweltwärme resultiert ein Ökostrombedarf von etwa 9.000 MWh bei einer zugrunde gelegten Jahresarbeitszahl (JAZ) von 3. Die Jahresarbeitszahl beschreibt das Verhältnis von eingesetzter elektrischer Energie in den Wärmepumpen zum thermischen Energieertrag.

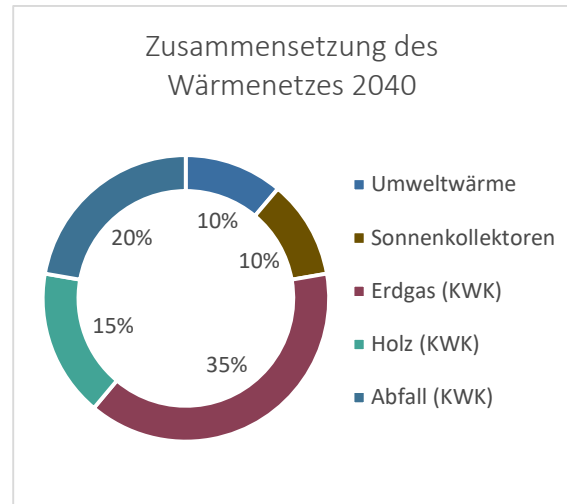


Abbildung 6.2: Anteile der Energieträger im Wärmenetz 2040 – R75 [energielenker projects]

Die lineare Entwicklung des Gesamtenergiebedarfs ist in Abbildung 6.3, die daraus resultierenden THG-Emissionsentwicklung in Abbildung 6.4 dargestellt.

Die Reduzierung des Endenergiebedarfs basiert auf den Rahmenbedingungen des Szenarios. Bei einer Sanierungsrate von 2 % pro Jahr auf den KfW 55 – Standard und Energieeinsparungen der Wirtschaft durch Effizienzvorteile von 11 %, errechnet sich eine Gesamtenergieeinsparung von -27 % bzw. ca. 342 GWh.

Aus der Nutzung der gebäudenahen Wärmepumpen sowie der im Wärmenetz eingesetzten Wärmepumpen resultiert unter der Annahme einer JAZ von 3, eine elektrische Endenergie von rund 69 GWh. Aus dem angesetzten Emissionsfaktor von 100 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde ergeben sich Emissionen in Höhe von 6.900 Tonnen pro Jahr für den Betrieb der Wärmepumpen.

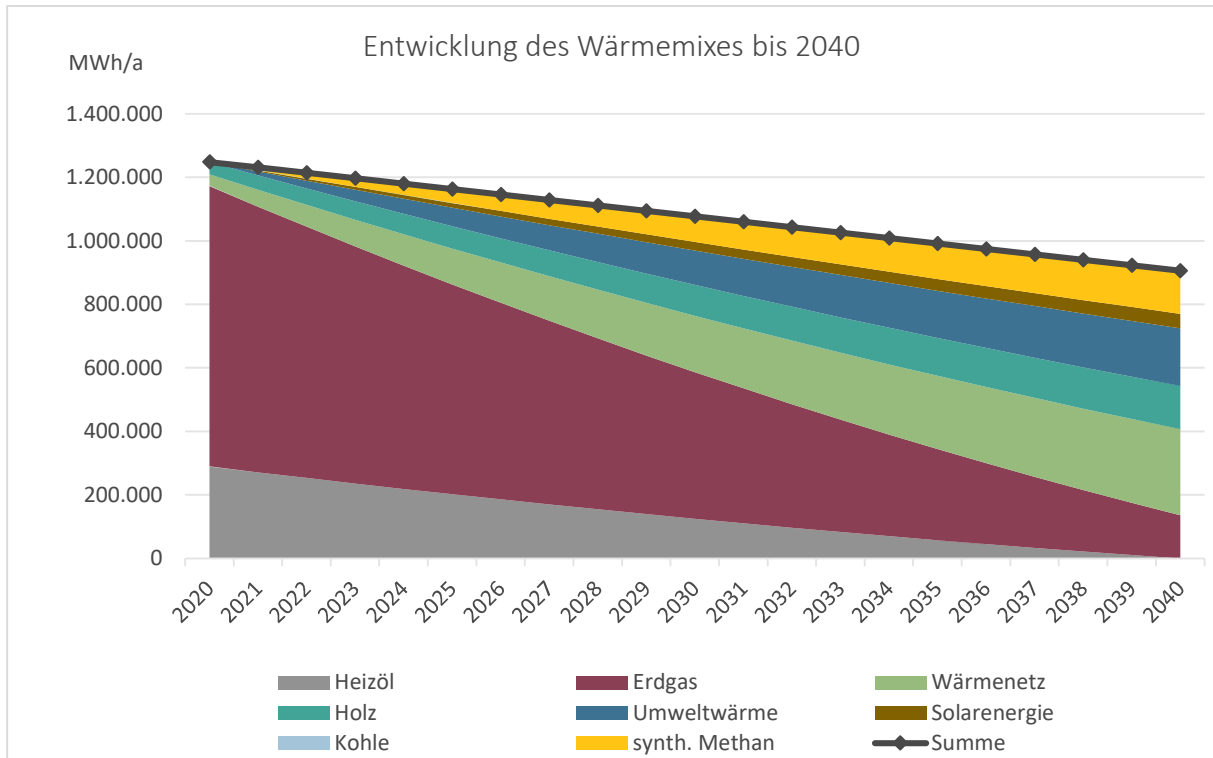


Abbildung 6.3: Entwicklung des Wärmemixes - R75-Szenario [energielenker projects]

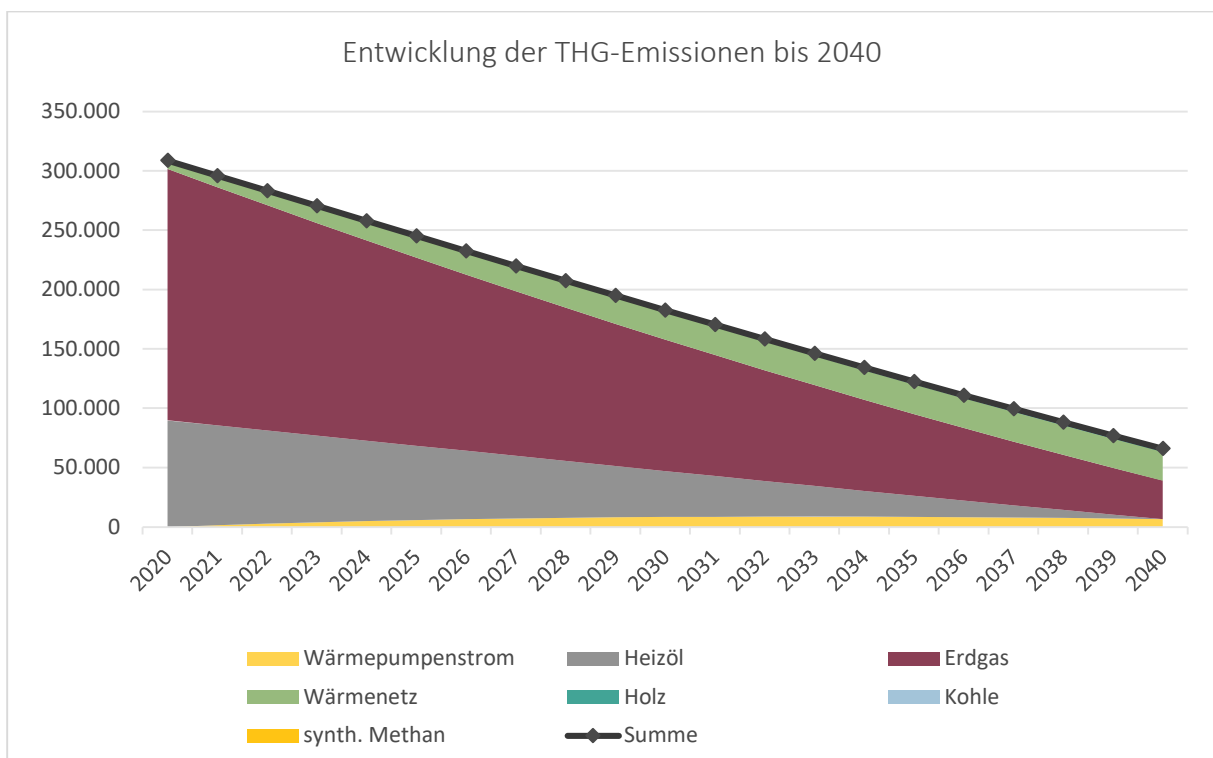


Abbildung 6.4: Entwicklung der THG-Emissionen - R75-Szenario [energielenker projects]

Tabelle 6.1: Zusammenfassung der Ergebnisse - R75 [energielenker projects]

Zusammenfassung	
Entwicklung Endenergiebedarf [MWh]	-342.155
Entwicklung Endenergiebedarf %	-27
Wärmepumpenstrom Wärmenetz [MWh]	9.063
Wärmepumpenstrom gebäudenah [MWh]	60.403
Strom synth. Methan Erdgasnetz [MWh]	157.848
THG-Entwicklung rel. [%]	-76
THG-Entwicklung abs. [t CO <sub>2</sub> e]	-235.395
Jährl. THG-Einsparungsrate zur Zielerreichung [%]	4
Jährl. THG-Einsparung zur Zielerreichung [t/a]	11.578
THG im Zieljahr - Soll [t/a]	77.189
CO <sub>2</sub> -Reservekapazität [t/a]	3.900
Zu sanierende Gebäude pro Jahr	414

Alternativ wird ein weiteres Szenario dargestellt, welches ebenfalls das vorgegebene Ziel erreicht. Hierbei wird ein erhöhter Anteil an synthetischem Methan (30 %) angenommen. Der gestiegene Anteil verdrängt in diesem Szenario einen Teil der Umweltwärme. Da hierdurch der benötigte Wärmepumpenstrom reduziert wird und dieser, im Gegensatz zum synthetischen Methan, mit CO<sub>2</sub>-Emissionen von 100 Gramm pro kWh bewertet ist, ergibt sich eine weitere Reduktion der Treibhausgase, sodass insgesamt 81 % der THG-Emissionen gegenüber der Ausgangsbilanz eingespart würden. Der Bedarf an elektrischer Endenergie für den Betrieb der Wärmepumpen liegt bei rund 39 GWh. Der Wärmemix des Wärmenetzes bleibt identisch.

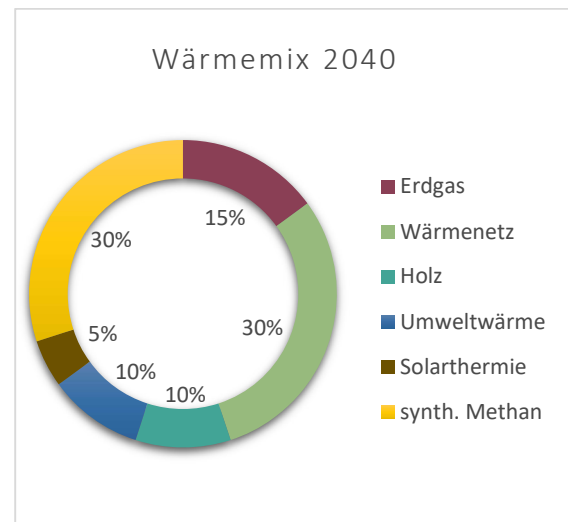


Abbildung 6.5: Wärmemix in 2040 - R75 (synth. Methan) [energielenker projects]

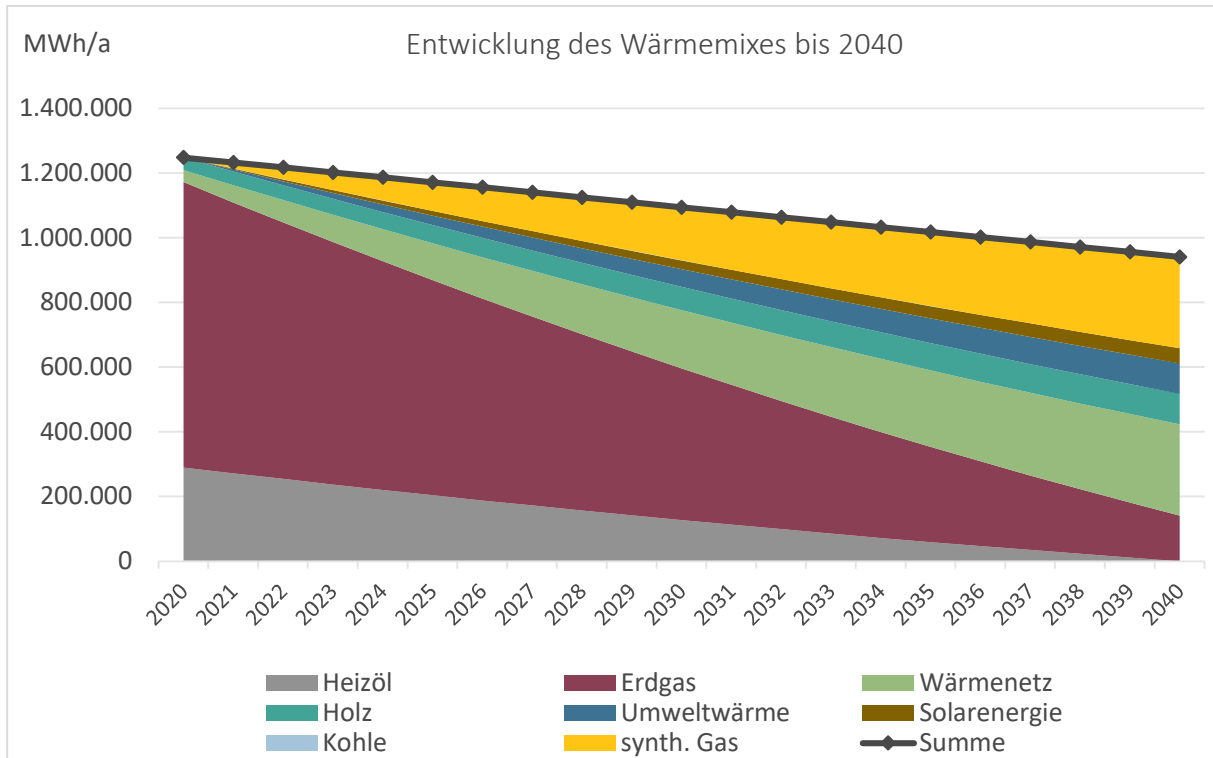


Abbildung 6.6: Entwicklung des Wärmemixes bis 2040 - R75 (synth. Methan) [energielenker projects]

Tabelle 6.2: Zusammenfassung der Ergebnisse - R75 (synth. Methan) [energielenker projects]

Zusammenfassung	
Entwicklung Endenergiebedarf [MWh]	-342.155
Entwicklung Endenergiebedarf %	-27
Wärmepumpenstrom Wärmenetz [MWh]	9.063
Wärmepumpenstrom gebäudenah [MWh]	30.202
Strom synth. Methan Erdgasnetz [MWh]	473.544
THG-Entwicklung rel. [%]	-81
THG-Entwicklung abs. [t CO <sub>2</sub> e]	-250.737
Jährl. THG-Einsparungsrate zur Zielerreichung [%]	4
Jährl. THG-Einsparung zur Zielerreichung [t/a]	11.578
THG im Zieljahr - Soll [t/a]	77.189
CO <sub>2</sub> -Reservekapazität [t/a]	19.171
Zu sanierende Gebäude pro Jahr	414

## 6.2 SZENARIO: R95

Das Szenario wird unter Berücksichtigung folgender Randbedingungen aufgestellt:

- Sanierungsquote: 3 %
- Reduktion des Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärmebedarfs im Wirtschaftssektor um 14 %

- Erreichung eines THG-Faktors des Wärmenetzes von 35 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilowattstunde
- Die Wärmepumpen zur Nutzung der Umweltenergie werden ausschließlich mit Ökostrom (CO<sub>2</sub>-neutral) betrieben.

Abbildung 6.7 stellt eine Entwicklung des Wärmemixes auf dem Mindener Stadtgebiet dar, die eine Reduktion von knapp 97 % der THG-Emissionen bis 2040 bedeuten würde.

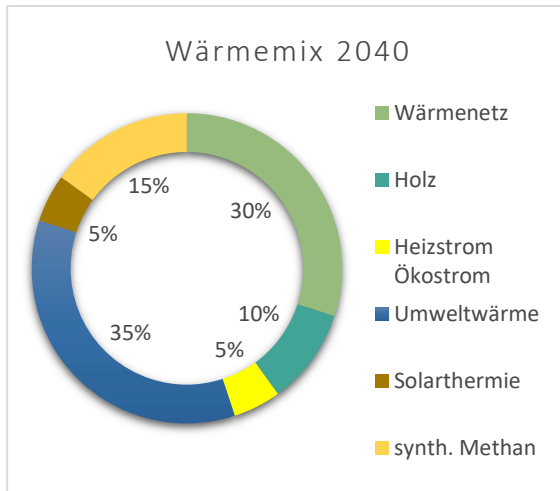


Abbildung 6.7: Wärmemix in 2040 – R95-Szenario [energielenker projects]

Entsprechend der angenommenen Sanierungsrate würden jährlich etwa 622 Gebäude saniert. Im Zieljahr 2040 sind dann 60 % des Gebäudebestandes saniert. Die Sanierung erlaubt auch den verstärkten Einsatz von Wärmepumpen über die Nutzung von Umweltwärme in Bestandsgebäuden. Die fossilen Energieträger Heizöl, Flüssiggas und Kohle werden aufgrund ihres hohen Emissionsfaktors vollständig substituiert. Dafür sollen die Energieträger Umweltwärme, synthetisches Methan und das Wärmenetz einen Großteil der Wärmemenge bereitstellen.

Solarthermie und Öko-Heizstrom haben jeweils einen Anteil von 5 % an der Endenergie. Die Nutzung von Heizstrom zur Wärmeerzeugung resultiert aus der Annahme eines zukünftigen Stromüberschusses aus erneuerbaren Energien und einer anteiligen Umstellung des Wärmesektors hin zum sogenannten „All electric“.

Um den, in den Randbedingungen, festgelegten Emissionsfaktor zu erreichen, muss das Wärmenetz unter Einbeziehung eines hohen Anteils an erneuerbaren Wärmequellen betrieben werden. In Abbildung 6.8 ist dargestellt, wie die Anteile summiert über alle im Jahr 2040 betriebenen Netze aussehen kann, um den genannten Emissionsfaktor zu erreichen. Das Ersatzbrennstoff-Heizkraftwerk

trägt mit rund 75 GWh thermischer Energie (Abfall: 30 %) zum Betrieb des Wärmenetzes bei.

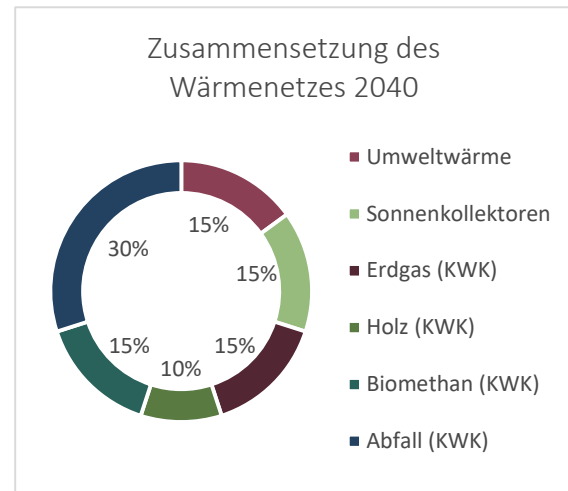


Abbildung 6.8: Anteile der Energieträger im Wärmenetz 2040 – R95 [energielenker projects]

Die lineare Entwicklung des Gesamtenergiebedarfs ist in Abbildung 6.9, die daraus resultierenden THG-Emissionsentwicklung in Abbildung 6.10 dargestellt.

Die Reduzierung des Endenergiebedarfs basiert auf den Rahmenbedingungen des Szenarios. Bei einer Sanierungsrate von 3 % pro Jahr auf den energetischen Standard KfW 55 und Energieeinsparungen der Wirtschaft durch Effizienzvorteile von 14 %, errechnet sich eine Gesamtenergieeinsparung von -33 % bzw. ca. 416 GWh.

In der Abbildung 6.9 verbleiben die Energieträger des Wärmemixes, welche nach dem GEG 2020 einen Emissionsfaktor größer Null haben. Aus der Nutzung der gebäudenahen Wärmepumpen sowie der zum Betrieb der Wärmenetze eingesetzten Wärmepumpen resultiert unter der Annahme einer JAZ von 3, eine elektrische Endenergie von rund 110 GWh.

Die THG-Emissionen des Wärmenetzes und des Wärmepumpenstroms steigen zunächst an, bevor sie zum Ende des Betrachtungszeitraumes wieder sinken. Grund dafür ist die stetige Zunahme des Anteils an der Endenergie bei gleichzeitiger Reduzierung des Emissionsfaktors.



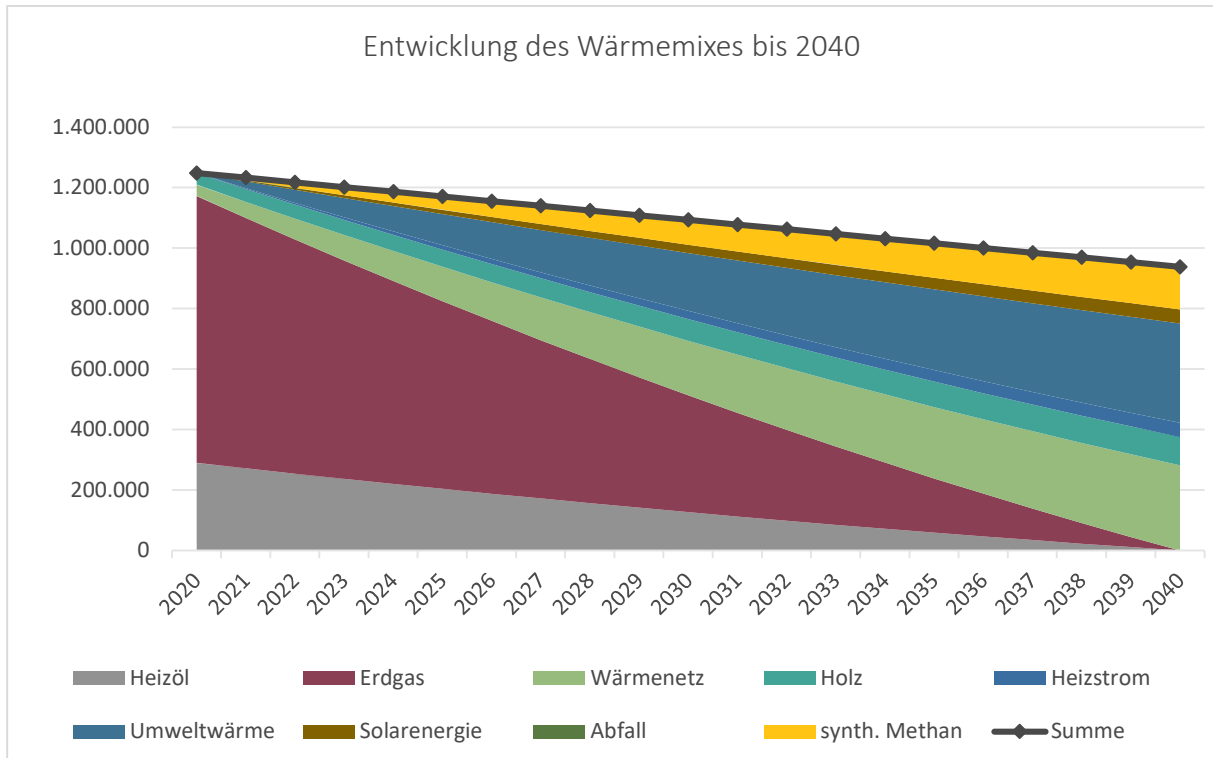


Abbildung 6.9: Entwicklung des Wärmemixes - R95-Szenario [energielenker projects]

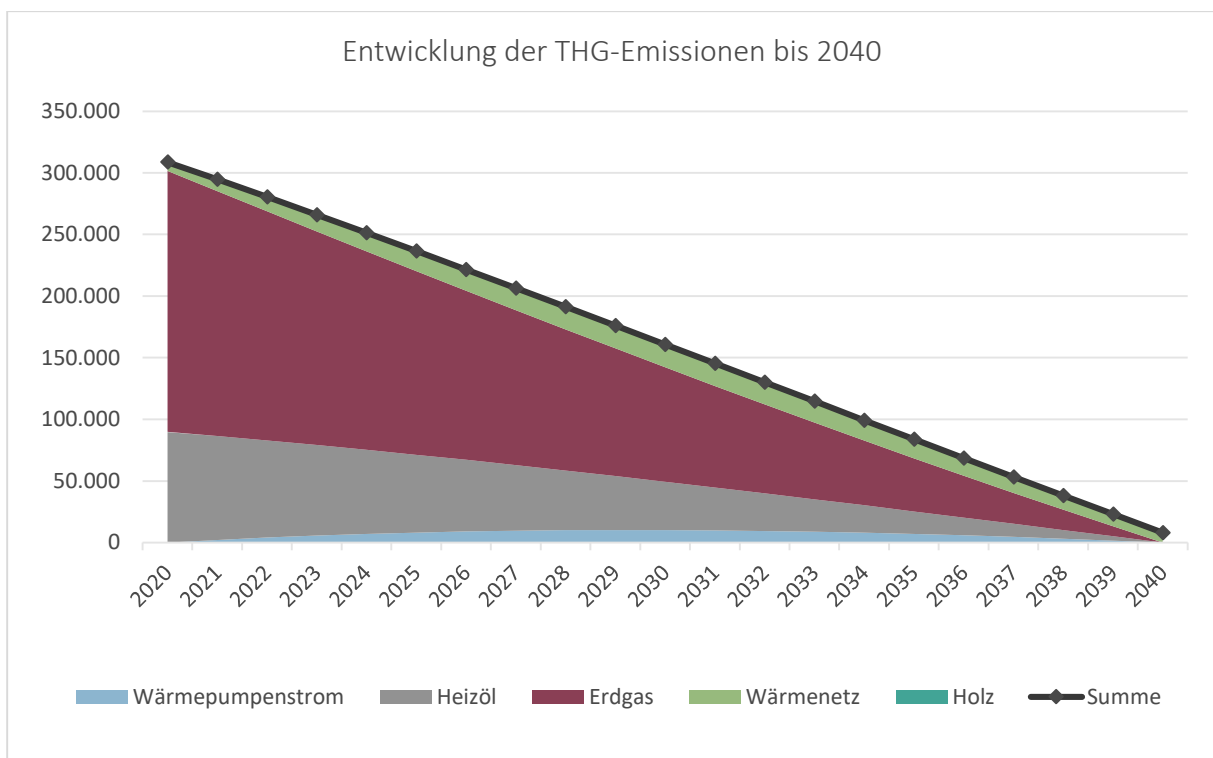


Abbildung 6.10: Entwicklung der THG-Emissionen - R95-Szenario [energielenker projects]

Tabelle 6.3: Zusammenfassung der Ergebnisse - R95 [energielenker projects]

Zusammenfassung	
Entwicklung Endenergiebedarf [MWh]	-414.247
Entwicklung Endenergiebedarf %	-33
Wärmepumpenstrom Wärmenetz [MWh]	12.509
Wärmepumpenstrom gebäudenah [MWh]	97.295
Strom synth. Methan Erdgasnetz [MWh]	217.587
THG-Entwicklung rel. [%]	-97
THG-Entwicklung abs. [t CO <sub>2e</sub> ]	-298.596
Jährl. THG-Einsparungsrate zur Zielerreichung [%]	5
Jährl. THG-Einsparung zur Zielerreichung [t/a]	14.666
THG im Zieljahr - Soll [t/a]	15.438
CO <sub>2</sub> -Reservekapazität [t/a]	5.280
Zu sanierende Gebäude pro Jahr	622

Auch im 95 %-Szenario wird ein alternatives Szenario dargestellt, in dem das synthetische Methan, unter der Prämisse der Zielerreichung, einen gewichtigeren Anteil an der Wärmebereitstellung hat. Der gestiegene Anteil verdrängt in diesem Szenario einen Teil der Umweltwärme, sodass diese strombasierten Technologien mit jeweils 25 % am Wärmemix in 2040 beteiligt sind.

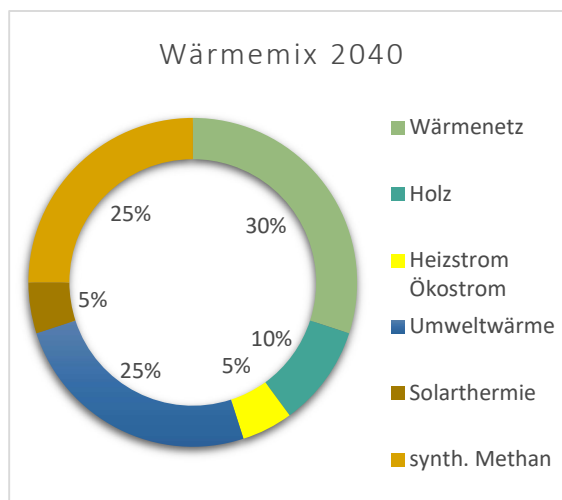


Abbildung 6.11: Wärmemix in 2040 - R95 (synth. Methan) [energielenker projects]

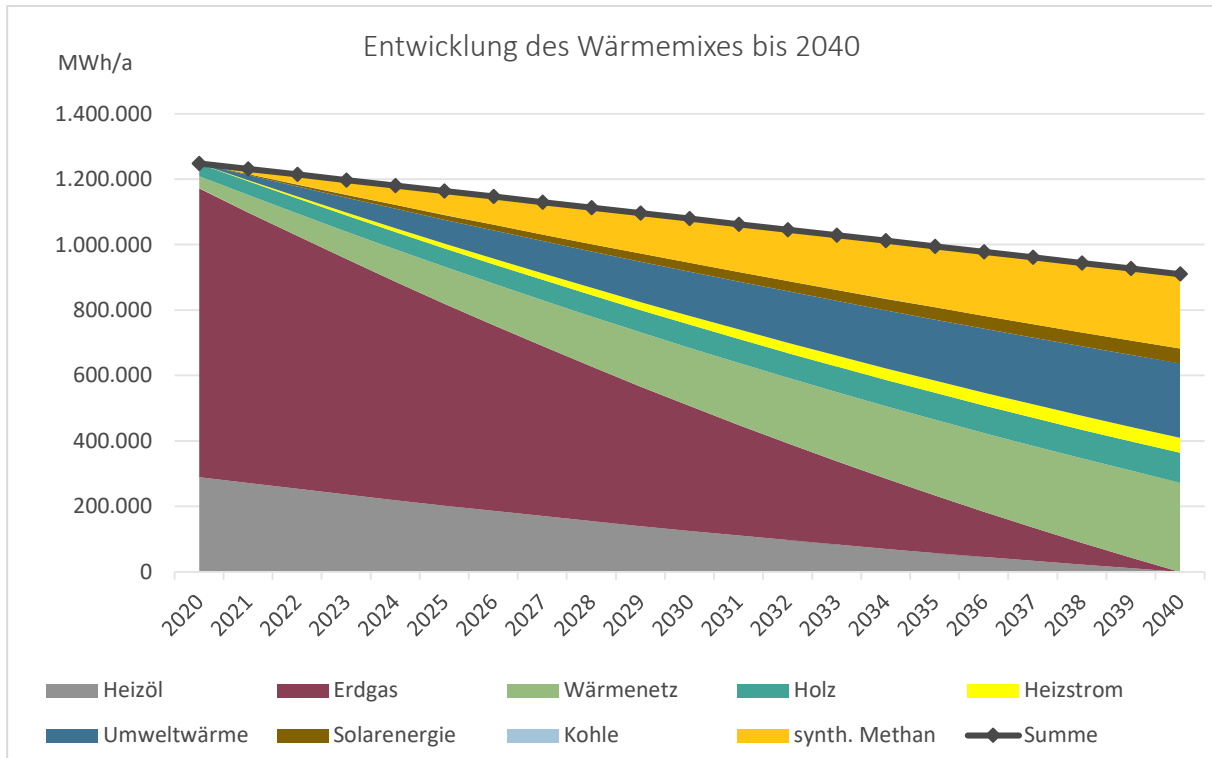


Abbildung 6.12: Entwicklung des Wärmemixes - R95-Szenario (synth. Methan) [energielenker projects]

Tabelle 6.4: Zusammenfassung der Ergebnisse - R95 (synth. Methan) [energielenker projects]

Zusammenfassung	
Entwicklung Endenergiebedarf [MWh]	-415.567
Entwicklung Endenergiebedarf %	-33
Wärmepumpenstrom Wärmenetz [MWh]	12.509
Wärmepumpenstrom gebäudenah [MWh]	69.496
Strom synth. Methan Erdgasnetz [MWh]	362.646
THG-Entwicklung rel. [%]	-96
THG-Entwicklung abs. [t CO <sub>2</sub> e]	-298.346
Jährl. THG-Einsparungsrate zur Zielerreichung [%]	5
Jährl. THG-Einsparung zur Zielerreichung [t/a]	14.666
THG im Zieljahr - Soll [t/a]	15.438
CO <sub>2</sub> -Reservekapazität [t/a]	5.030
Zu sanierende Gebäude pro Jahr	622

## 7 INVESTITIONSKOSTEN

Die Umsetzung des R95-Szenarios wird nachfolgend um eine Kostenschätzung ergänzt. Diese umfasst die im Szenario vorgesehene Sanierung inklusive Heizungstausch von 60 % des Wohngebäudebestandes bis 2040 auf den KfW55-Standard, den Heizungstausch der nicht-sanieren Wohn- und Nichtwohngebäude sowie den Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes und die Erschließung von weiteren Nahwärmeinseln.

*Tabelle 7.1: Gebäude der Stadt Minden nach Art der Berücksichtigung in der Kostenberechnung [energielenker projects]*

Kategorie	Gebäudeanzahl Stadtgebiet Minden
Wohngebäude saniert mit Heizungstausch	10.262
Wohngebäude saniert, Anschluss ans Wärmenetz	2.169
Wohn- und Nichtwohngebäude unsaniert, Anschluss ans Wärmenetz	2.169
Wohn- und Nichtwohngebäude unsaniert mit Heizungstausch	7.618
Summe	22.218

### 7.1 WOHN- UND NICHTWOHN- GEBÄUDE SANIERT MIT UND OHNE HEIZUNGSTAUSCH

Zunächst ist anhand der Anzahl der städtischen Wohngebäude ermittelt worden, wie viele Gebäude bis 2040 bei einer jährlichen

Sanierungsrate von 3 % saniert werden. Da nicht abzusehen ist, wie sich die Verteilung dieser rund 12.430 Sanierungen bezüglich Gebäudetypen bzw. Gebäudealtersklassen in den angesetzten 60 % des Wohngebäudebestandes schließlich darstellt, wurde eine gleichmäßige Verteilung der Gebäudesanierungen entsprechend der städtischen Gebäudeverteilung nach Typ und Altersklasse angenommen (siehe dazu Abbildung 4.1 und Abbildung 4.2).

Anschließend wurde den vier Gebäudetypen eine Anzahl an Wohneinheiten und eine Nettogrundfläche (NGF) zugewiesen. Die Kennwerte sind für die Kostenberechnung einer Sanierung erforderlich und der Tabelle 7.2 zu entnehmen.

*Tabelle 7.2: Referenzkennwerte der zu sanierenden Gebäude [energielenker projects]*

Gebäudetyp	Wohneinheiten [WE]	Grundfläche [m <sup>2</sup> ]
EFH	1	160
MFH	4	90
GMH	8	70
RH	3	105

Die erforderlichen Sanierungsmaßnahmen sind mit einer Gebäudesimulationssoftware durchgeführt worden. Die Maßnahmen umfassen die Dämmung des Daches, der Außenwände, des Kellers und den Fenstertausch. Die dafür angesetzten Kosten sind an die DIN 276 angelehnt. Zudem wurden technologieoffene Pauschalen für einen Heizungstausch je nach Gebäudetyp von ca. 8.000 € für EFH, 12.000 € für RH, 16.000 € für MFH und 25.000 € für GMH berücksichtigt.

Die gebäudespezifischen Sanierungskosten sind in Abbildung 7.1 dargestellt.

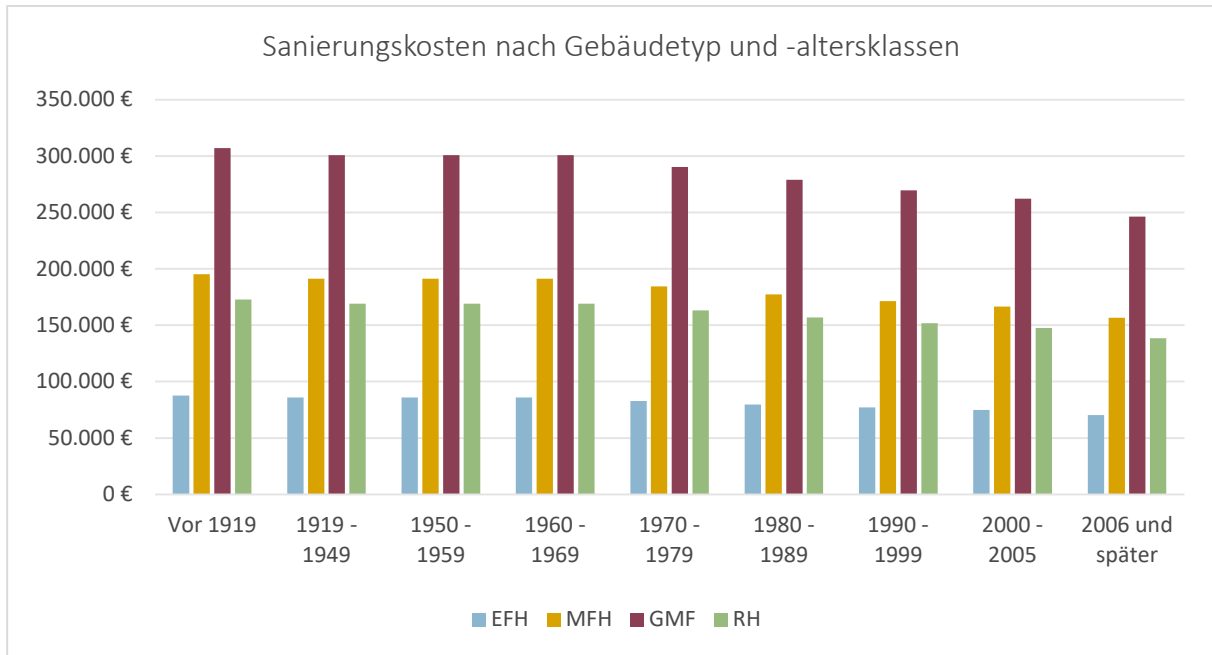


Abbildung 7.1: Sanierungskosten nach Gebäudetyp und -altersklassen [energielenker projects]

Entsprechend der beschriebenen Gebäudeverteilung ergibt sich die in Abbildung 7.2 dargestellte Gebäudeanzahl.

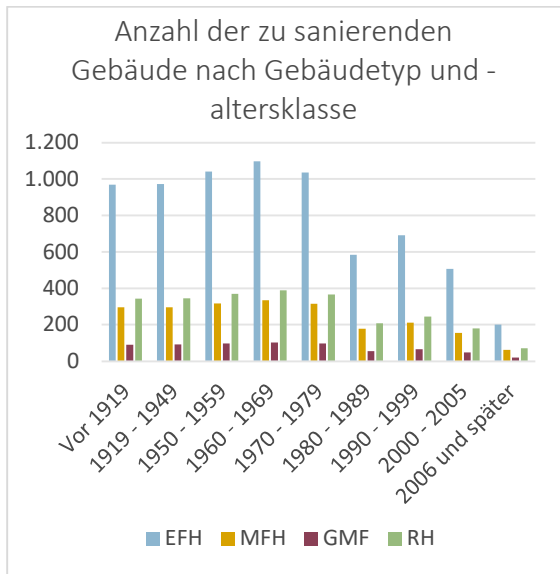


Abbildung 7.2: Anzahl der zu sanierenden Wohngebäude nach Gebäudetyp und -altersklasse [energielenker projects]

Im nächsten Schritt wurden die ermittelten Gebäudeanzahlen mit den individuellen Sanierungskosten (inkl. Heizungstausch) multipliziert. Angepasst wurde diese Berechnung durch die Annahme, dass 50 % der für das Wärmenetz vorgesehenen Gebäude saniert werden und der Heizungstausch in der Kostenberechnung der Übergabestationen enthalten ist. Daher wurden für diese Gebäude

Sanierungskosten ohne Heizungstausch angesetzt.

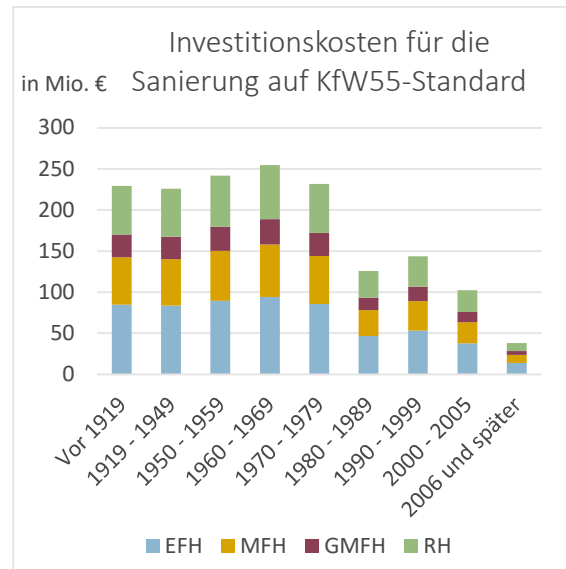


Abbildung 7.3: Sanierungskosten nach Gebäudetyp und -altersklasse [energielenker projects]

Dadurch ergeben sich insgesamt Kosten für die Sanierung von 10.262 Wohngebäuden inklusive Heizungstausch und 2.169 Wohngebäuden ohne Heizungstausch Investitionskosten von 1,24 Mrd. €.

Förderung: Zur Abschätzung der aktuellen Förderhöhe wurde eine mittlere Förderhöhe anhand der festgelegten Wohneinheiten je Gebäudetyp ermittelt. Diese beträgt nach den aktuellen Förderkonditionen der KfW (17,5 % von

bis zu 150.000 € je Wohneinheit) rund 21.900 € pro Gebäude. Für den im Betrachtungszeitraum sanierten Gebäudebestand bedeutet dies nach entsprechender Umlegung auf die verschiedenen Gebäudetypen eine Gesamtförderhöhe von rund 272 Mio. €.

## 7.2 HEIZUNGSTAUSCH WOHN- UND NICHTWOHNGBÄUDE OHNE SANIERUNG

In Abschnitt 7.1 sind die Wohngebäudesanierungen dargelegt. Abgezogen wurde ein Anteil von 50 % der Wärmenetz-Gebäude, welcher der Annahme entsprechend, nicht saniert wird. Dies entspricht 2.169 Gebäude, die ohne Heizungstausch bei der Sanierung berücksichtigt wurden.

Da davon ausgegangen wird, dass über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren nahezu alle Gebäude einen Heizungstausch vornehmen, müssen zur Abbildung aller Gebäude des Stadtgebietes, die Wohn- und Nichtwohngebäude berücksichtigt werden, die nicht saniert und nicht an das Wärmenetz angeschlossen werden, aber einen Heizungstausch erhalten. In diese Kategorie fallen 7.618 Gebäude.

Für diese Gebäude werden durchschnittliche Kosten für die Heizungsumstellung von 15.250 € angesetzt. Der Wert stellt eine Mittelung von Anlagenkosten bezogen auf verschiedene Gebäudegrößen dar, wie sie auch in den Sanierungen mit Heizungstausch eingeflossen sind. Durch Multiplikation der Gebäudeanzahl mit den durchschnittlichen Kosten eines Heizungstauschs ergeben sich Investitionskosten in Höhe von rund 116 Mio. €.

*Förderung:* Das BAFA fördert seit dem 01.01.2021 beispielsweise Wärmepumpen beim Heizungstausch mit 35 %, bei Ölkesselaustausch mit 45 %. Und auch Anlagen die bereits unter der Austauschpflicht fallen (§ 72 GEG), können jetzt die Förderung erhalten.

## 7.3 WÄRMENETZ

Die Kostenermittlung basiert auf den im Wärmeplan (Kapitel 8) dargestellten

Wärmenetzgebieten. Diese gliedern sich in die Ausbaustufen 1 und 2 des Fernwärmenetzes sowie den Nahwärmeinseln. Die nachfolgend ermittelten Investitionskosten schließen alle Vorranggebiete, also das maximale Ausbauszenario, ein.

### 7.3.1 Wärmeerzeuger im Wärmenetz

Die Abschätzung der Kosten für das umzubauende Fernwärmenetz sowie die, im Wärmeplan ausgewiesenen, Nahwärmeinseln setzen sich zusammen aus den zu errichtenden Wärmeerzeugern, Speichersystemen sowie dem Wärmeverteilnetz inklusive Hausanschlussleitungen und Hausübergabestationen.

Für die näherungsweise Kostenbestimmung der im R95-Szenario angedachten Wärmeerzeuger wurden Werte des Gutachtens „Perspektive der Fernwärme“, welche im Auftrag des AGFW vom Hamburg Institut und der Prognos AG [AGFW 2020] erarbeitet wurden, herangezogen und durch eigene Annahmen ergänzt.

In dem genannten Gutachten sind typische Vollbenutzungsstunden für Großwärmepumpen und Solarthermieanlagen als Wärmeerzeuger in Fernwärmenetzen sowie leistungsspezifische Kosten je Technologie angegeben.

Zudem ist eine Vereinfachung der spezifischen Kosten von Großwärmepumpen erfolgt. Das Gutachten unterscheidet zwischen verschiedenen Wärmequellen. Die spezifischen Kosten weisen eine Differenz im Rahmen von etwa 100-200 € pro Kilowatt auf. Für die Berechnung wurde eine Mittelung der Kosten vorgenommen. Dementsprechend ist ebenso eine Mittelung der spezifischen Kosten von Flachkollektor-Solaranlagen und Vakuumröhrenkollektor-Solaranlagen vorgenommen worden. Die Differenz in Euro pro Kilowatt ist mit rund 50 €/kW noch geringer als bei den Wärmepumpen.

Die Vollbenutzungsstunden wurden herangezogen um vereinfacht zu ermitteln, wie viel Leistung benötigt wird, um die im R95-Szenario angenommene Energiemenge je Technologie bereitstellen zu können. Da es sich bei der ausgewiesenen Energiemenge im R95-Szenario um Endenergie handelt, müssen im Wärmenetz auftretende Verluste berücksichtigt werden. Diese wurden gemittelt

über verschiedene Technologien wie kalte und warme Netze mit 10 % angenommen. Die ermittelte Leistung wurde anschließend mit den spezifischen Kosten multipliziert.

Nicht berücksichtigt sind hierbei die Energiemengen bzw. Investitionskosten des

Ersatzbrennstoff-Kraftwerks sowie des Mindener Heizkraftwerkes, da diese Energiemengen bereits ohne weitere, wesentliche Investitionskosten das Wärmenetz mit Energie versorgen können.

Tabelle 7.3: Spezifische Kennwerte zur Kostenabschätzung der Wärmeerzeuger im Wärmenetz [energielenker projects nach AGFW, Perspektive der Fernwärme, 2020)

Erzeugertyp	Vollbenutzungsstunden	Spez. Kosten bezogen auf	Spez. Kosten [€/kW]
Großwärmepumpen	3.000	10 MW	1.120
Solarthermie	1.000	10.000 m <sup>2</sup> Kollektorfläche	698
Biomasse-HKW	7.000*	1 MW	800 €*

\*eigene Annahme

Tabelle 7.4: Kostenberechnung der Wärmeerzeuger des Wärmenetzes im R95-Szenario [energielenker projects]

Erzeugertyp	Energiemenge nach R95+Netzverluste	Leistungsbedarf	Kostenschätzung
Großwärmepumpen	41.625 MWh	13,9 MW	14.388.375 €
Solarthermie	41.625 MWh	41,6 MW	29.054.250 €
Biomasse-HKW	27.500 MWh	4,0 MW	3.171.429 €
		Summe	46.614.054 €

Die im R95-Szenario angestrebte Verteilung nach Energieträgern im Wärmenetz erfordert Investitionen in Wärmeerzeuger von rund 47 Mio. €.

### 7.3.2 Wärmeverteilnetz, Anschlussleitungen und Übergabestationen

Für die Kostenermittlung des Wärmeverteilnetzes wurde die, von der GEF GmbH erarbeitete, Studie zum Fernwärmenetzausbau in Minden [GEF 2020] herangezogen. Aus der Studie wurden spezifische Investitionskosten für Trassen (€/m) sowie Übergabestationen und Anschlussleitungen (€/Stk.) abgeleitet und auf die, in diesem Konzept ermittelten, Trassenlängen und Gebäudezahlen hochgerechnet.

Zur Bestimmung der Netzlänge wurden zunächst die Längen sämtlicher Straßen, innerhalb der im Wärmeplan ausgewiesenen Gebiete für Wärmenetze, bestimmt. Das Straßennetz weist eine Länge von etwa 130 km auf. Die Netzlänge wurde gegenüber der

Straßenlänge um 20 % gekürzt. Dies aufgrund der Annahme, dass sich nicht alle sondern etwa 70 % der Gebäude im Gebiet anschließen, wodurch sich die Netzlänge reduziert. Eine genaue Abschätzung ist nicht möglich, da nicht prognostiziert werden kann, wo die anzuschließenden Gebäude verortet sind. Zudem wurde die Länge des bestehenden Netzes berücksichtigt, sodass die berechnete Trassenlänge insgesamt rund 89 km beträgt.

Neben der Straßenlänge ist die Anzahl aller Gebäude in den Wärmenetz-Vorranggebieten ermittelt worden. Diese stellen nach Berücksichtigung der Anschlussquote von 70 % die Anzahl der Hausanschlussleitungen sowie der Hausübergabestationen dar. Darunter fallen Wohngebäude sowie Nichtwohngebäude. Insgesamt wird der Anschluss von 4.339 Gebäude berücksichtigt.

Tabelle 7.5: Gebäudezahlen im Wärmenetzgebiet sowie spezifische Kosten für Sticleitungen und Übergabestationen [energielenker projects]

Gebäude im Wärmenetzgebiet (gesamt)	6.198
Gebäude (70%)	4.339
Spez. Kosten Anschlussleitung	6.638 €/Stk.
Spez. Kosten Übergabestationen	6.509 €/Stk.

Aufgrund der eingesetzten Erzeugertypen (jahreszeitabhängig) und einer optimalen Betriebsweise, müssen große Wärmespeicher in das System integriert werden. Die erforderliche Größe und Ausführung muss eine detaillierte Fachplanung ergeben. Als Annahme werden in dieser Betrachtung 600.000 € für Speichersysteme im Wärmenetz vorgehalten.

Tabelle 7.6: Kostenübersicht nach Systembestandteil im Wärmenetz [energielenker projects]

Anlagenteil	Kosten
Wärmetrassen	166 Mio. €
Sticleitungen	28 Mio. €
Hausübergabestationen	29 Mio. €
Speicher	0,6 Mio. €

Förderung: Aktuell wird der Neubau oder die Transformation eines ganzheitlichen Wärmenetzes in der Grundförderung mit 40 % von der BAFA im Programm „Effiziente Wärmenetze“ gefördert. Die Förderhöhe steigt in Abhängigkeit der eingesetzten Menge an bestimmten erneuerbaren Energien auf bis zu 50 %. Unter die Förderung fallen nach BAFA „grundsätzlich alle Investitionen in Komponenten, die zur Wärmeverteilung, Wärmeezeugung und -speicherung beitragen“. Die maximale Förderung beträgt 15 Mio. €. Voraussetzungen für die Beantragung der Förderung sind im Detail zu prüfen. Die maximale Förderhöhe ist in der Darstellung der Förderhöhe nicht berücksichtigt, da der Wärmenetzausbau nicht als ein Großprojekt, sondern in mehreren Teilprojekten, umgesetzt wird.

#### 7.4 ZUSAMMENFASSUNG

Die gesamten Investitionskosten für die Umsetzung des aufgestellten R95-Szenarios über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gliedern sich in zwei Investitionskostengruppen. Die eine Kostengruppe ist von den Gebäudeeigentümern zu tragen, die andere fällt beim Wärmenetzbetreiber an.

Die nachfolgende Tabelle fasst alle Kosten zusammen und teilt diese in die Kostengruppen auf.



Tabelle 7.7: Übersicht der Investitionskosten zur Systemtransformation [energielenker projects]

Übersicht der Investitionskosten zur Systemtransformation	Kosten in Mio. €
<i>Investitionskosten für Gebäudeeigentümer</i>	
Wohngebäude saniert, mit Heizungstausch	1.244
Wohngebäude saniert, ohne Heizungstausch	349
Wohn- und Nichtwohngebäude unsaniert, mit Heizungstausch	116
<i>Investitionskosten</i>	<i>1.709</i>
<i>Mögliche Förderhöhe insgesamt</i>	<i>355</i>
<b>Investitionskosten nach Förderung</b>	<b>1.354</b>
<i>Investitionskosten Netzbetreiber</i>	
Wärmeerzeuger	47
Wärmetrassen	166
Stichleitungen	28
Hausübergabestationen	29
Speicher	0,6
<i>Investitionskosten</i>	<i>270</i>
<i>Mögliche Förderhöhe insgesamt</i>	<i>108</i>
<b>Investitionskosten nach Förderung</b>	<b>162</b>

Insgesamt ergeben sich somit Investitionskosten in Höhe von rund 1.979 Mio. € über einen Zeitraum von 20 Jahren. Nach aktueller Förderlandschaft kann dieser Betrag auf rund 1.517 Mio. € gesenkt werden. Es kann sogar angenommen werden, dass die Förderungen im Zuge der steigenden Dringlichkeit der Energiewende weiter ansteigen werden.

Eine prozentuale Aufteilung der Investitionskosten zeigt, dass das Wärmenetz, entsprechend dem Wärmeplan in Kapitel 8, mit 14 % einen vergleichsweise geringen Anteil an den Gesamtinvestitionskosten hat. Der überwiegende Teil (86 %) wird von den Gebäudeeigentümern getragen werden müssen. Diese profitieren in verschiedenen Bereichen durch die Investitionen in ihre Gebäude. Zum Beispiel durch die Senkung der Betriebskosten, der Wertsteigerung der Immobilie oder durch Synergieeffekte zu Maßnahmen, die während der Sanierung mitgedacht und umgesetzt werden können, wie beispielsweise die Barrierefreiheit oder sicherheitsdienliche Maßnahmen.

## 8 WÄRMEPLAN „MINDEN 2040“

### 8.1 FERNWÄRMENETZ

Das Mindener Fernwärmenetz stellt ein entscheidendes Potenzial für die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung der Stadt dar. Das Netz versorgt heute rund 2% des Wärmebedarfes des Stadtgebietes mit Fernwärme.

Um einerseits die Wirtschaftlichkeit der Fernwärme zu erhöhen und um andererseits den Anteil der Fernwärme am Gesamtwärmemix der Stadt zu erhöhen, wird daher in einem ersten Schritt empfohlen, die Anschlussquote in den Bereichen, in denen bereits heute Fernwärmeleitungen vorhanden sind zu erhöhen (vgl. Kapitel 5.11).

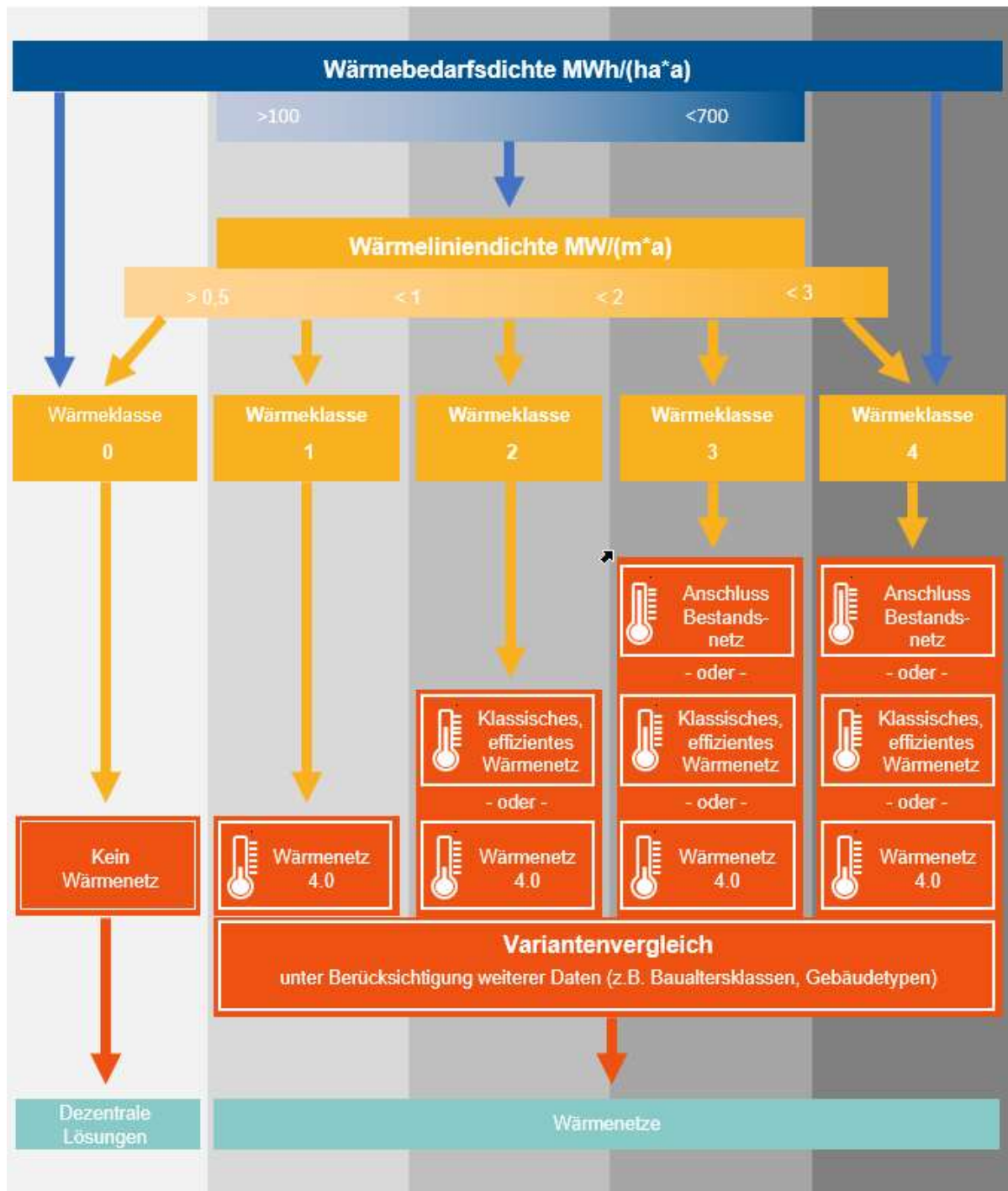


Abbildung 8.1: Methode zur Identifizierung von Eignungsgebieten für Wärmenetze [energielenker projects]

Die Erschließung weiterer Stadtgebiete soll sich aufgrund wirtschaftlicher und ökologischer Betrachtung auf Bereiche mit großer Energienachfrage fokussieren. Als Richtwerte gelten die in Abbildung 8.1 dargestellten Wärmebedarfsdichten. Als sicherer Schwellenwert für einen wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes gilt ein langfristig gesicherter Wärmebedarf von jährlich mindestens 700 MWh/(ha\*a). Typischerweise finden sich solche Verhältnisse in Zentrumslagen mit hoher baulicher Dichte. Dies erklärt, weshalb die Fernwärmeversorgung in Quartieren wie dem Innenstadtkern und den angrenzenden, dicht besiedelten Gebieten ausgebaut werden soll (vgl. Karte des Energieplan 2040).

Entscheidend für eine Gebietserschließung mit Wärmenetzen sind aber auch die baurechtliche Nutzung, die Verfügbarkeit dezentraler Alternativen zur Wärmebereitstellung,

die Sanierungsoptionen des Gebäudebestands und die Kältenachfrage. Hochtemperatur-Fernwärme aus dem EBS-Kraftwerk wird beispielsweise schwerpunktmäßig dort eingesetzt, wo wenig dezentrale Alternativen verfügbar sind und in Gebieten mit eingeschränkten Sanierungsoptionen (Fernwärmenetz, Innenstadtbereich, Gebiete mit Denkmalschutz, Industrie und Gewerbe).

Fernwärme aus Abwasserwärme und Umweltwärme, die zum Heizen und Kühlen eingesetzt werden kann, eignet sich dagegen auch für Gebiete mit gemischter Nutzung, guten Sanierungsoptionen und Kältebedarf (z. B. in „Keimzellen“).

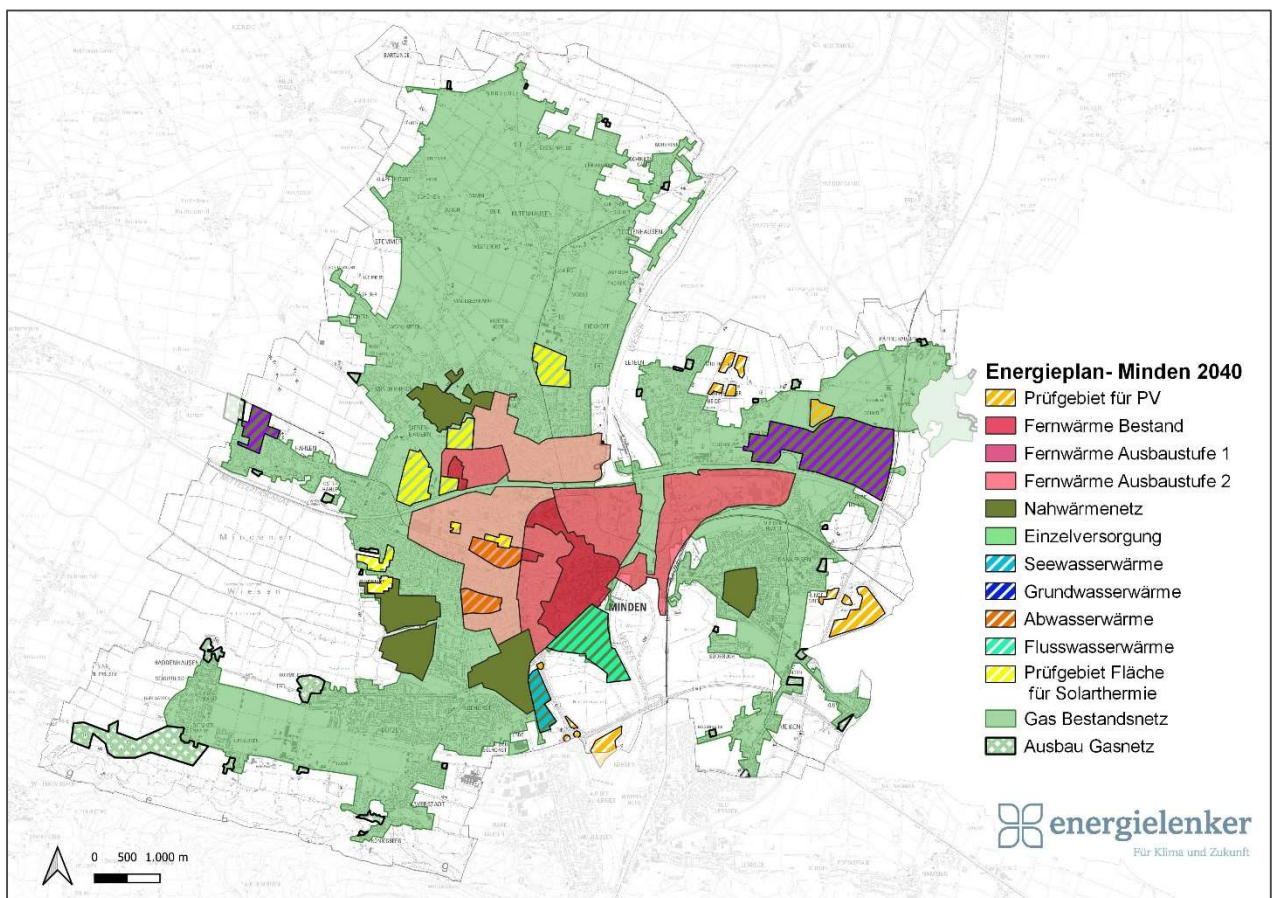


Abbildung 8.2: Energieplan – Minden 2040 [energielenker projects]

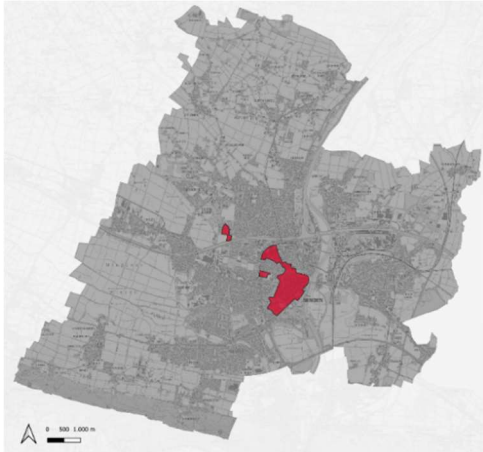


Abbildung 8.3: Bestehendes Fernwärmenetz in Minden [energielenker projects]

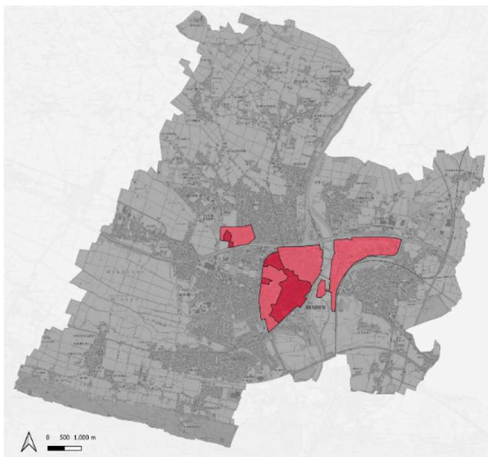


Abbildung 8.4: Ausbaustufe 1 des Fernwärmenetzes in Minden [energielenker projects]

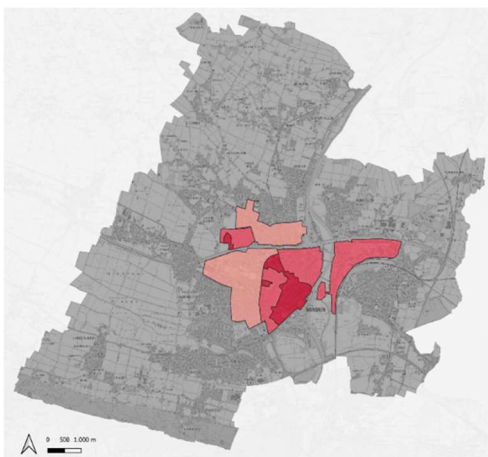


Abbildung 8.5: Ausbaustufe 2 des Fernwärmenetzes in Minden [energielenker projects]

Abbildungen 8.3 bis 8.5 zeigen die Ausdehnung des existierenden Fernwärmenetzes und möglicher Ausbaustufen in Minden.

Das Ziel ist, dass in Minden 2040 ca. 30% des Wärmebedarfes mit Fernwärmenetzen erschlossen sind.

Jedoch stehen nicht nur der flächenmäßige Ausbau des Mindener Fernwärmenetzes, sondern auch die Transformation hin zu einem modernen, effizienten Wärmenetz (Wärmenetz 4.0) im Fokus der zukünftigen Entwicklung des Fernwärmesektors. Der Begriff „Wärmenetz 4.0“ wurde durch das Förderprogramm des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) bekannt. Das Programm fördert Wärmenetze, die multivalent, intelligent, hocheffizient, langfristige wirtschaftlich und vor allem dank Integration von Erneuerbaren Energien zukunftssicher sowie gesellschaftlich etabliert sind. Der Begriff des Wärmenetzsystems 4.0 entstand in dem Bewusstsein, dass wegen der aufkommenden Herausforderungen bezüglich Effizienz, Digitalisierung und Sektorenkopplung die langfristig genutzten Wärmeverteilungssysteme zusätzliche Anforderungen in sich vereinen müssen. Zum Beispiel müssen die Vorlauftemperaturen so weit abgesenkt werden, dass auch bislang nicht nutzbare, kostengünstige Wärmequellen wie industrielle Abwärme oder Niedertemperaturwärmequellen mit Unterstützung von Wärmepumpen in das Wärmenetz integriert werden können. Unter anderem durch die Eröffnung dieser Möglichkeiten soll die regenerative Wärmebereitstellung wettbewerbsfähig werden und mit marktüblichen Wärmepreisen konkurrieren können. Vorlauftemperaturen von 20 bis 95 °C ermöglichen weiterhin einen effizienteren Einsatz regenerativer Energien wie Solarthermie, Tiefengeothermie oder Wärmepumpen.

Abbildung 8.6 beschreibt die Entwicklung der Wärmenetze, ausgehend von den kohlebasierten Dampfnetzen der ersten Generation, über die Heißwasser-Netze der zweiten Generation mit Vorlauftemperaturen von häufig über 90° C, über die dritte Generation mit einer weiteren Absenkung der Temperaturen und einer Diversifizierung der Wärmeerzeuger-Struktur bis hin zu den Wärmenetzen 4.0.

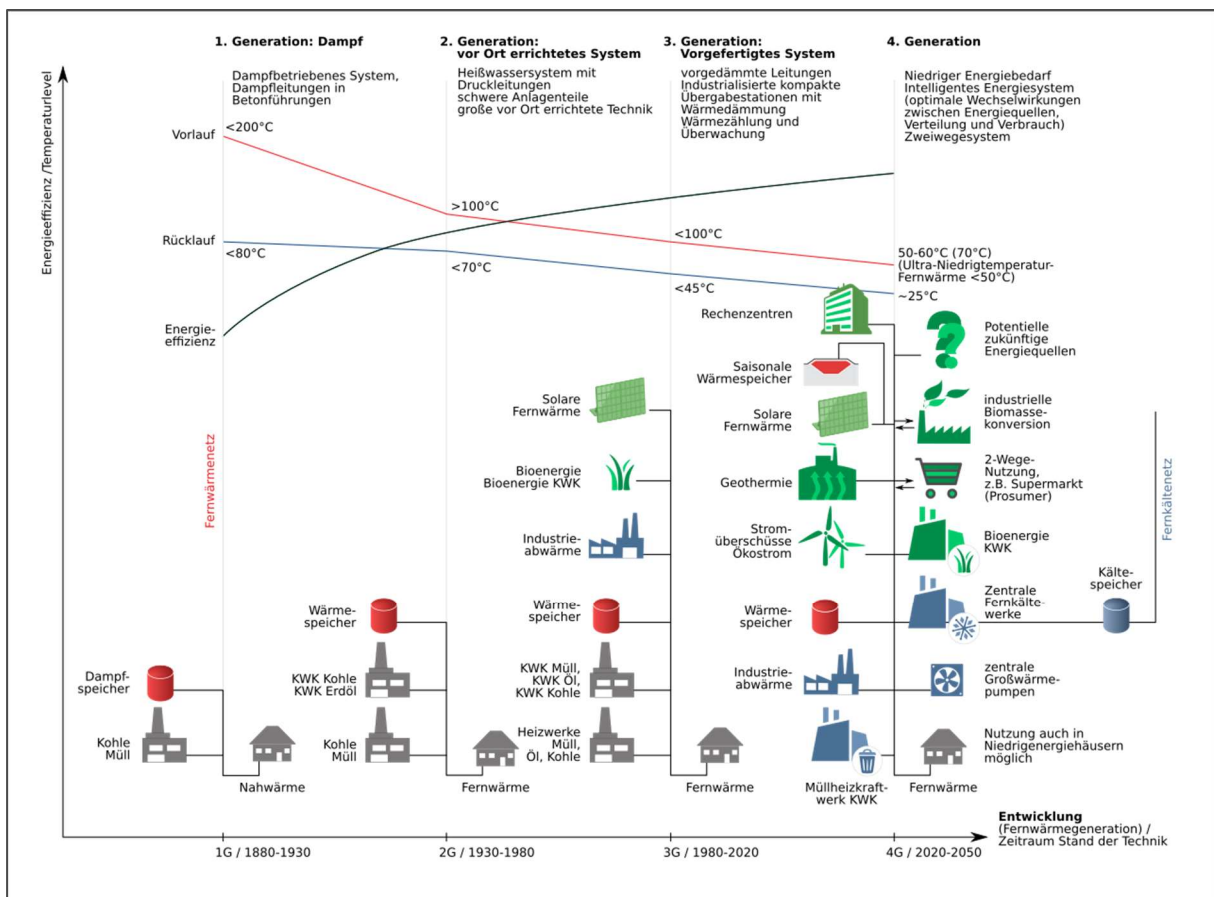


Abbildung 8.6: Evolution der Wärmenetze (Quelle: MmwAndol nach Henrik Lund et al.: 4th Generation District Heating (4GDH))

## 8.2 KEIMZELLEN

Die wachsende Bedeutung von kleineren Energieverbunden (Keimzellen) basiert auf standortgebundenen erneuerbaren Energiequellen, deren Ausschöpfung Gemeinschaftslösungen erfordern. Dies gilt insbesondere für die Nutzung von Umweltwärme (Grundwasser, Flusswasser, Abwasserwärme und Abwärme aus Industrie und Gewerbe).

Räumlich liegt der Fokus daher zum einen auf Gebieten mit lokalen Potenzialen für erneuerbare Energiequellen, die außerhalb von Fernwärmegebieten liegen. Darüber hinaus bieten Keimzellen auch die Chance abgegrenzte Bereiche mit denkmalgeschützten Bestandsgebäuden und hohem Wärmebedarf unabhängig von den Möglichkeiten einer energetischen Sanierung klimaneutral mit Wärme zu versorgen (vgl. Kap. 4.10)

Um Gemeinschaftslösungen zu unterstützen, soll insbesondere die Nutzung von Umweltwärme gefördert werden (vgl. Kap. 3.2.6). Die wesentliche Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb von Energieverbunden ist analog zur Fernwärmeversorgung eine hohe Energienachfragedichte. Günstige Voraussetzungen weisen insbesondere die in Kapitel 5 beschriebenen Hotspots auf.

Um langfristig einen möglichst großen Anteil der Gebäude mit klimaneutralen Wärmenetzen versorgen zu können, erscheint es sinnvoll vor allem im Bereich der Keimzellen zunächst auch auf die Nutzung von (Erdgas)-BHKWs als Brückentechnologie zu setzen und in der weiteren Entwicklung den Anteil der erneuerbaren Wärmequellen kontinuierlich zu erhöhen.

## 8.3 DEZENTRALE WÄRMEVERSORGUNG

Die dezentrale Energieversorgung mit Wärmepumpen und Sonnenkollektoren wird in Zukunft insbesondere in Gebieten ohne

zentrale Wärmeversorgung (Fernwärme, Keimzellen) an Bedeutung gewinnen.

Eine Herausforderung für die dezentrale Nutzung von erneuerbaren Energien stellt sich in dicht besiedelten Gebieten ohne Wärmenetze, wenn das lokal verfügbare Energieangebot im Verhältnis zur Energienachfrage knapp ist. Schwierig gestaltet sich die dezentrale Energieversorgung auch in der Innenstadt, wo der Einsatz gewisser Energiesysteme (z. B. Sonnenkollektoren, Erdwärmesonden) aufgrund von Schutzbestimmungen und engen Platzverhältnissen eingeschränkt ist.

## 8.4 GASNETZ

Das Gasnetz dient künftig zur Unterstützung der dezentralen Energieversorgung und zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit (z. B. Spitzenlastdeckung) sowie als Brückentechnologie. Gasheizungen (Biomethan, Erdgas, synth. Methan) werden jedoch nur noch einen Anteil von 30 Prozent (R75-) bzw. 15 Prozent (R95-Szenario) am Mix der Energiesysteme einnehmen. Ob die Gasversorgung im Jahr 2040 angesichts des angestrebten Absatzrückgangs noch flächendeckend angeboten werden kann, wird die regelmäßig zu aktualisierende Netzplanung zukünftig zeigen.

## 8.5 WÄRMEVERSORGUNG MINDEN 2040

Die Struktur der Wärmeversorgung im Jahr 2040 zeigt eine stark veränderte Struktur gegenüber dem Zustand im Jahr 2021.

Rund 30 % Prozent der benötigten Endenergie werden durch Energieverbunde bereitgestellt. Der Anteil der nicht-leitungsgebundenen Energieträger an der Wärmeversorgung beträgt rund 40 Prozent (R75) bzw. 55 Prozent (R95). In diesen Gebieten liegt der Schwerpunkt auf dezentraler Wärmebereitstellung mit Wärmepumpen und Sonnenkollektoren. Als Wärmequellen werden Abwasser, Flusswasser,

oberflächennahe Geothermie und Außenluft genutzt.

Die Gasversorgung ergänzt und unterstützt die Nutzung von erneuerbaren Energien. Sie dient der Sicherstellung der Wärmeversorgung in Gebieten mit ungenügendem Potenzial an erneuerbaren Energiequellen und der Spitzenlastdeckung von Energieverbunden. In der Summe fallen rund 45 Prozent des Energieabsatzes auf leitungsgebundene Versorgungssysteme (Fernwärme, Gas, Energieverbunde) und 55 Prozent auf dezentrale Systeme (R95-Szenario).

## 8.6 AKTEURE

Die kommunale Wärmewende ist eine Gemeinschaftsaufgabe. Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die Zusammenarbeit der verschiedenen lokalen Akteure und eine strategische, abgestimmte Vorgehensweise.

Das vorliegende Strategische Energie- und Wärmekonzept stellt dafür eine wichtige Grundlage dar.

Der Stadtverwaltung kommt in diesem Prozess insbesondere die Rolle eines Koordinators und Motivators zu, um weitere lokale Akteure zu aktivieren und in ein umsetzungsstarkes Netzwerk zu integrieren. Andererseits ist es aber auch ihre Aufgabe durch steuernde Instrumente wie die Bauleitplanung, Anreizsysteme oder die Entwicklungsplanung der Wärmeversorgungsinfrastrukturen die Weichen für die Entwicklung in den nächsten Jahren zu stellen. Tabelle 8.1 zeigt die Zuordnung der Aufgaben der Wärmeplanung zwischen den Akteuren.

Tabelle 8.1. Aufgaben in der Wärmeplanung und Zuordnung

	Stadtverwaltung	Stadtwerke	Politik	Gewerbe/ Industrie	Wohnungswirtschaft	Priv. Hauseigentümer
Leitbild	x	x	x	(x)	(x)	(x)
Strategie	x	x	x			
Kommunikation & Information	x	x				
Aufbau lokales Netzwerk	x	x				
Wissenstransfer	x	x				
Machbarkeitsstudien	x	x				
Investitionen	x	x				
Umsetzung	x	x		(x)	(x)	
Vermarktung		x				
Monitoring	x	x				
Bauleitplanung	x	(x)				
Standards für neue Baugebiete	x					
Integration in andere Fachplanungen	x					
Unterstützung durch Quartierskonzepte	x	(x)				
Informelle Instrumente	x					
Gebäudesanierung				x	x	x
Wärmenetz-Anschluss				x	x	x
Einspeisung Abwärme				x		
Dezentrale reg. Wärmequellen				x	x	x



## 9 ZUSAMMENFASSUNG

Der Wärmebereich gilt als "schlafender Riese" der Energiewende. Die Bereitstellung von Warmwasser, Raum- und Prozesswärme macht zusammen etwa die Hälfte der benötigten Endenergie in Deutschland aus. Dabei fallen die Fortschritte im Wärmesektor bisher im Vergleich zum Stromsektor gering aus. Die langen Investitionszyklen bei baulichen und auch technischen Maßnahmen in der Wärmeinfrastruktur bedingen die Trägheit der Wärmewende. In Anbetracht der Tatsache, dass die heutigen Entscheidungen Auswirkungen bis weit in die Zukunft haben, ist der Handlungsbedarf im Wärmesektor für das Erreichen der Klimaschutzziele enorm.

Den Städten, Kreisen und Gemeinden kommt bei der Bewältigung dieser Herausforderungen eine enorme Bedeutung zu.

Die Stadt Minden hat das vorliegende strategische Energie- und Wärmekonzept erstellen lassen, um diese Aufgabe in Zukunft planvoll und zielorientiert anzugehen. Das Ziel des Konzeptes ist eine mittel- bis langfristige Strategie für die zukünftige Entwicklung des Wärmesektors, um die Stadtentwicklung strategisch an den beschlossenen Klimaschutzziele auszurichten und systematisch die dafür erforderlichen Weichenstellungen vornehmen zu können.

Im Rahmen des Projekts wurden folgende Inhalte erarbeitet:

- Darstellung der Ausgangssituation
- Potenzialanalyse
- Technologiematrix
- Identifikation von Hotspots für Wärmebedarfe im Stadtgebiet
- Szenarien-Entwicklung bis 2040
- Abschätzung der Investitionskosten
- Entwicklung eines Wärmeplans

In die Betrachtung sind dabei sämtliche Arten der Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und Abwärme eingeflossen. Um dem Anspruch der Stadt Minden an die Zielvision für das Jahr 2040 gerecht zu werden, sind neben bewährten Technologien auch Zukunftslösungen wie bspw. die

Sektorenkopplung und Power-to-X berücksichtigt worden.

Im Ergebnis hat die Studie gezeigt, dass die Fernwärme für die Deckung der Wärmebedarfe der Stadt Minden zukünftig eine große Rolle spielen wird. Hierbei sind je nach Wärmeabnehmer unterschiedliche Temperaturniveaus und Wärmequellen zu nutzen. Die Nutzung der im Ersatzbrennstoff-Kraftwerk der KAVG anfallenden großen Abwärmemengen spielt für die Transformation der Wärmeversorgung eine entscheidende Rolle. Andere klimafreundliche Wärmequellen, wie Umweltwärme, Abwärme aus BHKWs und Power-to-Heat tragen zukünftig mit stetig steigenden Anteilen zum Wärmemix bei.

Die privaten Haushalte werden künftig in verdichteten Wohngebieten vor allem mit Fernwärme versorgt, in netzfernen Bereichen ist auf Einzelgebäuelösungen auf Basis von Umweltwärme und Solarthermie zu setzen.

Die Wirtschaft wird auch weiterhin hochtemperierte Prozesswärme benötigen, die zukünftig aus dem EBS-Kraftwerk oder über Power-to-Heat, die Verbrennung von synthetischen Gasen oder Biogas bereitgestellt wird. Die entstehende Abwärme wiederum wird effizient über Wärmenetze verteilt.

Auf fossile Energieträger wird dabei in Zukunft vollständig verzichtet.

## 10 FÖRDERMÖGLICHKEITEN

Zur Finanzierung von Nahwärmenetzen (Leitungsnetz, Erzeuger, Speicher, Hausübergabestationen) besteht die Möglichkeit auf Förderkulissen zurückzugreifen (Auswahl).

1. BAFA: Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (Wärmenetzsysteme 4.0)
2. Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG)
3. Erneuerbare Energien - Standard (270)
4. Erneuerbare Energien - Premium (271, 281)
5. KfW 430: Energieeffizient Sanieren

6. IKK / IKU – Energetische  
Stadtsanierung – Quartiersversorgung  
(201, 202)
7. Innovative KWK-Systeme
8. Kommunale  
Klimaschutzmodellprojekte
9. Progres.nrw

## 10.1 BAFA: BUNDESFÖRDERUNG FÜR EFFIZIENTE WÄRMENETZE (WÄRMENETZSYSTEME 4.0)

<i>Ansprechpartner</i>	<i>Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle</i>
<i>Antragsberechtigte</i>	<i>kommunale Betriebe, kommunale Zweckverbände, Unternehmen, Contractoren, eingetragene Vereine, eingetragene Genossenschaften</i>
<i>Förderungen</i>	<i>Modul I: Machbarkeitsstudien Modul II: Realisierung von Wärmenetzen oder Teilnetzen Maßnahmen zur Kundeninformation</i>
<i>Förderhöhe</i>	<i>1. Zuschuss bis 60 %, max. 600.000 € 2. Zuschuss bis 50 %, max. 15 Mio. € (Grundförderung 30 %, für KMU 40 %, Nachhaltigkeitsprämie bis 10 %, Kosteneffizienzprämie bis 10 %; diverse Zusatzförderungen für Einzelkomponenten, Informationsmaßnahmen und regionale wissenschaftliche Kooperationen) 3. bis zu 80 %, max. 200.000 €</i>
<i>Voraussetzungen</i>	<i>Modul II.: Realisierung von Wärmenetzen: - mind. 50 % EE- oder Abwärme-Einsatz über einen Zeitraum von 10 Jahren - max. die Hälfte des EE-Anteils aus Biomasse - max. 10 % fossilen Energieträgern - mind. 100 Abnahmestellen oder 3 GWh/a (Ausnahmen sind u. a. bei Nachbarschafts- oder Quartierskonzepten möglich) - Niedrig temperierte Wärme- oder Kältenetzverbindungen mit 20 °C bis maximal 95 °C im Vorlauf - saisonale Großwärmespeichern außer bei Unwirtschaftlichkeit - Angeschlossene Stromverbraucher und -erzeuger weisen mindestens 1 Schnittstelle zur Sektorkopplung auf und sind auf eine Einbindung in ein intelligentes Stromnetz vorbereitet - Überwachung des gesamten Wärmenetzsystems durch Online-Monitoring - Bei überwiegender Nutzung von Abwärme und Biomasse ist mindestens ein weiteres Innovationsindiz erforderlich</i>
<i>Kumulierbarkeit</i>	<i>Keine Kumulierung mit anderen öffentlichen Mitteln von Bund und Ländern</i>
<i>Weitere Informationen</i>	<i>Informationen des BAFA: <a href="http://bit.ly/2w7r0U7">http://bit.ly/2w7r0U7</a> Bekanntmachung Bundesanzeiger (pdf): <a href="http://bit.ly/2w7AXRd">http://bit.ly/2w7AXRd</a></i>
<i>Frist</i>	<i>keine Fristen; Förderbekanntmachung vom 11.12.2019 mit Laufzeit bis 31.12.2022</i>

## 10.2 KRAFT-WÄRME-KOPPLUNGSGESETZ (KWKG)

Ansprechpartner	Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz
Antragsberechtigte	Betreiber von KWK-Anlagen Betreiber eines neuen oder ausgebauten Wärmenetzes
Förderungen	Zahlung von Zuschlägen durch die Netzbetreiber sowie die Vergütung für KWK-Strom (inkl. von Brennstoffzellen), der in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeist wird. Im Einzelnen Zuschlagszahlungen für <ol style="list-style-type: none"> <li>1. KWK-Strom aus neuen, modernisierten und nachgerüsteten KWK-Anlagen, der auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen gewonnen wird,</li> <li>3. KWK-Strom aus bestehenden KWK-Anlagen, der auf Basis von gasförmigen Brennstoffen gewonnen wird,</li> <li>4. den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen sowie für den Neubau von Wärmespeichern, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird,</li> <li>5. den Neu- und Ausbau von Kältenetzen sowie für den Neubau von Kältespeichern, in die Kälte aus KWK-Anlagen eingespeist wird.</li> </ol>
Förderhöhe	Zuschläge in Höhe von 3,1 Cent/kWh (ab 2 MW) bis 8 Cent/kWh (bis 50 kW) zzgl. 0,6 Cent/kWh bei Substitution von Braun- und Steinkohle-KWK-Anlagen Höhe des Zuschlags für den Neu- und Ausbau von Wärmenetzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- bis DN 100 (Mittel über Gesamtnetz) 100 Euro je laufenden Meter der neu verlegten Wärmeleitung, höchstens aber 40 Prozent der Investitionskosten</li> <li>- bei mehr als DN 100 (Mittel über Gesamtnetz) 30 % der Investitionskosten</li> <li>- maximal 20 Mio. € je Projekt</li> </ul> KWK-Anlagen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- bei neuen oder modernisierten KWK-Anlagen: elektrische Leistung bis einschließlich 1 oder mehr als 50 Megawatt</li> <li>- die Anlagen gewinnen Strom auf Basis von Abfall, Abwärme, Biomasse, gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen.</li> <li>- die Anlagen sind hocheffizient</li> <li>- die Anlagen verdrängen keine bestehende Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen</li> <li>- die Anlagen erfüllen die Anforderungen nach § 9 Absatz 1 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes erfüllen, soweit es sich um Anlagen mit einer installierten Leistung im Sinne von § 3 Nummer 31 des Erneuerbare-Energien-Gesetzes von mehr als 100 Kilowatt handelt.</li> </ul>
Voraussetzungen	Neu- und Ausbau von Wärmenetzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- mindestens 75 % KWK-Wärme oder</li> <li>- mindestens 25 % KWK-Wärme, wenn 50 % oder mehr aus KWK, EE, oder Abwärme stammen</li> <li>- es handelt sich um ein öffentliches Netz (Optionen für weitere Anschlüsse)</li> </ul> Wärme- und Kältespeicher:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- eine Zulassung gemäß § 24</li> <li>- Wärme des Wärmespeichers überwiegend aus KWK-Anlagen, die an das Netz der allgemeinen Versorgung angeschlossen sind und die in dieses Netz einspeisen können.</li> <li>- mittlere Wärmeverluste entsprechend einer nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erstellten Berechnung weniger als 15 Watt je Quadratmeter Behälteroberfläche</li> </ul>
Kumulierbarkeit	
Weitere Informationen	<a href="https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/">https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/</a>
Frist	Keine Fristen

## 10.3 ERNEUERBARE ENERGIEN - STANDARD (270)

Ansprechpartner	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigte	private und öffentliche Unternehmen, Contractoren, Körperschaften des öffentlichen Rechts, kommunale Zweckverbände, Genossenschaften, Stiftungen und Vereine, Privatpersonen und gemeinnützige Antragsteller, Freiberufler, Landwirte
Förderungen	Gefördert werden 1. die Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien oder von Anlagen nur zur Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien, 2. Wärme- und Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher, die aus erneuerbaren Energien gespeist werden und 3. die Flexibilisierung von Stromnachfrage und -angebot bzw. die Digitalisierung der Energiewende mit dem Ziel, die erneuerbaren Energien systemverträglich in das Energiesystem zu integrieren.
Förderhöhe	Zinsgünstige Darlehen in Höhe von bis zu 50 Mio. € und max. 100 % der förderfähigen Investitionen
Voraussetzungen	Anlagen erfüllen die technischen Anforderungen des Gesetzes für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - 2017), einschließlich der hierfür erforderlichen Planungs-, Projektierungs- und Installationsmaßnahmen. Vorhaben im Ausland: - müssen die gesetzlich geltenden umwelt- und sozialrechtlichen Standards des Investitionslandes erfüllen - Vorhaben mit Investitionsort in Ländern, die weder EU-Mitglied noch Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung-Hocheinkommensland sind, werden von der KfW im Einzelfall geprüft Erwerb gebrauchter Anlagen: - die nicht länger als 12 Monate am Stromnetz angeschlossen sind - die nicht bereits von der KfW gefördert wurden und zeitgleich eine Modernisierung mit Leistungssteigerung erfolgt.
Kumulierbarkeit	<b>Kombination:</b> Eine Kombination mit anderen Förderprogrammen ist möglich, sofern diese keine Beihilfe enthalten. Wenn in dem Programm Investitionen finanziert werden, die keine Förderung nach dem im Einzelfall jeweils einschlägigen Erneuerbare-Energien-Gesetz erhalten, ist eine Kombination auch mit Förderprogrammen möglich, in denen Beihilfen enthalten sind, sofern die zulässigen Beihilfeobergrenzen eingehalten werden.
Weitere Informationen	<a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/</a>
Frist	Keine Fristen

## 10.4 ERNEUERBARE ENERGIEN - PREMIUM (271, 281)

Ansprechpartner	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigte	Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften und Gemeindeverbände, Unternehmen, Privatpersonen und Freiberufler, Landwirte, gemeinnützige Antragsteller und Genossenschaften
Förderungen	Gefördert werden: 1.) Große Solarkollektoranlagen, 2.), 3.), 4.) Wärmenetze, 5.) große Wärmespeicher, 6.) Biogasleitungen, 7.) große Wärmepumpen, 8.) Erschließung und Nutzung von Tiefengeothermie
Förderhöhe	Zinsgünstige Darlehen bis max. 100 % der förderfähigen Investitionen, zzgl. Tilgungszuschüssen bis zu 50 %; bis zu 25 Mio. €
Voraussetzungen	<p>1.) Solarkollektoranlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mehr als 40 m<sup>2</sup> Bruttokollektorfläche</li> <li>- zur Warmwasserbereitung, Raumheizung oder zur kombinierten Warmwasserbereitung und Raumheizung von Wohngebäuden mit 3 und mehr Wohneinheiten oder Nichtwohngebäuden mit min. 500 m<sup>2</sup></li> </ul> <p>2.), 3.) große Biomasse-Anlagen und KWK-Anlagen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- installierte Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW</li> <li>- 3.) bis maximal 2 MW</li> </ul> <p>4.) Wärmenetze</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 50 % Wärme aus EE, Wärmepumpen oder Abwärme (60 % bei Neubauten)</li> <li>- 20 % Solarthermie, wenn Rest aus hocheffizienten KWK, Wärmepumpen oder Abwärme</li> <li>- im Mittel Mindestwärmeabsatz von 500 kWh pro Trassenmeter und Jahr</li> </ul> <p>5.) Große Wärmespeicher:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mehr als 10 m<sup>3</sup></li> <li>- überwiegend aus erneuerbaren Energien gespeist</li> </ul> <p>6.) Biogasleitungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Leitungen für nicht zu Biomethan aufbereitetes Biogas</li> <li>- Länge von min. 300 m Luftlinie</li> <li>- Nutzung zur Aufbereitung in Erdgasqualität, einer Kraft-Wärme-Kopplungs-Nutzung oder einer Nutzung als Kraftstoff</li> </ul> <p>7.) Große effiziente Wärmepumpen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- installierte Nennwärmeleistung von mehr als 100 kW für die kombinierte Warmwasserbereitung und Bereitstellung des Heizwärmebedarfs von Gebäuden, die Bereitstellung des Heizwärmebedarfs von Nichtwohngebäuden, die Bereitstellung von Wärme für Wärmenetze</li> </ul>

	<p>1.) - 3.), 5.) - 8.):</p> <p>- Einhaltung der Bedingungen bzw. Qualitätskriterien im Antrag auf Tilgungszuschuss (Formularnummer 600 000 0204).</p>
Kumulierbarkeit	<p>Kombination: Nur mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Bauen" möglich. Ausgeschlossen ist die Kombination eines Kredites aus Erneuerbare Energien "Premium" mit einem Kredit aus dem Programm Erneuerbare Energien "Standard" für dieselbe Investitionsmaßnahme (Ausnahme: Tiefengeothermie zur kombinierten Wärme- und Stromerzeugung).</p> <p>Vertiefende Informationen zu den beihilferechtlichen Kumulierungsvorschriften finden Sie im "Allgemeinen Merkblatt zu Beihilfen".</p>
Weitere Informationen	<p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Finanzierungsangebote/Erneuerbare-Energien-Premium-(271-281)/</a></p>
Frist	Keine Fristen



## 10.5 KFW 430: ENERGIEEFFIZIENT SANIEREN

<i>Ansprechpartner</i>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), KfW Bankengruppe
<i>Antragsberechtigte</i>	Natürliche Personen als Eigentümer/ Ersterwerber von Ein- und Zweifamilienhäusern mit maximal 2 Wohneinheiten oder Eigentumswohnungen in Wohnungseigentümergeinschaften
<i>Förderungen</i>	Energetische Sanierung von bestehenden Wohngebäuden, deren Bauantrag beziehungsweise Bauanzeige vor dem 01.02.2002 gestellt wurde; KfW-Effizienzhaus als auch Einzelmaßnahmen (unter anderem Erstanschluss an Nah- oder Fernwärme)
<i>Förderhöhe</i>	Geförderte Kosten je Wohneinheit bis zu 48.000 Euro für die Sanierung zum KfW-Effizienzhaus oder 10.000 Euro für Einzelmaßnahmen, Investitionszuschuss abhängig von Maßnahme und künftiger Energieeffizienz bis zu maximal 120.000 Euro
<i>Voraussetzungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einbindung eines anerkannten Experten für Energieeffizienz, wirtschaftlich unabhängige Beauftragung</li> <li>- Bauantrag (alternativ Bauanzeige) wurde vor dem 01.02.2002 gestellt</li> <li>- bestehende Wohngebäude nach § 2 EnEV, die <b>nach ihrer Zweckbestimmung</b> überwiegend dem Wohnen dienen</li> <li>- für die Sanierung gelten technische Mindestanforderungen (siehe Dokumente Anlage - Technische Mindestanforderungen und Infoblatt - Liste der Technischen FAQ)</li> <li>- Sanierung ist durch ein Fachunternehmen auszuführen</li> </ul>
<i>Kumulierbarkeit</i>	<p>Kombinierbar mit weiteren Fördermitteln:</p> <p>Altersgerecht Umbauen – Kredit (159) oder Barrierereduzierung – Investitionszuschuss (455)</p> <p>Alternativ: Kreditförderung im Produkt Energieeffizient Sanieren (Produktnummern 151/152)</p>
<i>Weitere Informationen</i>	<a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/</a>
<i>Frist</i>	Keine Fristen

## 10.6 IKK / IKU – ENERGETISCHE STADTSANIERUNG – QUARTIERSVERSORGUNG (201, 202)

Ansprechpartner	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), KfW Bankengruppe
Antragsberechtigte	Kommunen, kommunale Eigenbetriebe und Zweckverbände (IKK), mehrheitlich kommunale Unternehmen (IKU), Körperschaften, Anstalten und Stiftungen des öffentlichen Rechts mit mehrheitlich kommunalem Hintergrund, gemeinnützige Organisationsformen und Kirchen, Unternehmen
Förderungen	KWK(K)-Anlagen, industrielle Abwärme, Wärme- und Kältespeicher, Wärme- und Kältenetze
Förderhöhe	Zinsgünstige Darlehen bis zu 100 % der förderfähigen Investitionen (Programm 202: max. 50 Mio. €), Tilgungszuschüsse bis zu 10 %
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quartiersbezogene Versorgung erstreckt sich über die Grundstücksgrenzen der einspeisenden Anlage</li> <li>- Mindestens ein Abnehmer muss an das Netz angeschlossen sein, der nicht gleichzeitig Eigentümer oder Betreiber der einspeisenden Anlage ist</li> <li>- Alle förderfähigen Investitionen müssen die Energieeffizienz verbessern</li> </ul> <p>Modul A Wärme- und Kälteversorgung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einhaltung der gesetzlichen Standards bzw. der anerkannten Regeln der Technik sind Voraussetzung für alle förderfähigen Maßnahmen</li> <li>- Hocheffiziente strom- oder thermisch geführte/ führungsfähige Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen auf Basis von Erd-/Biogas; nicht auf Basis von z. B. Kohle oder Öl.</li> <li>- Erzeugungsanlagen erfüllen "Hocheffizienz" gemäß Definition § 2 Absatz 8 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (2016) beziehungsweise der EU-Richtlinie 2012/27/EU Anhang II; ist bei Antragstellung zu bestätigen</li> <li>- Kälteversorgung überwiegend aus Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung</li> <li>- Mitförderung erforderlicher Anschlüsse und Übergabestationen, sofern sie Bestandteil des Investitionsvorhabens sind und keine Förderung der entsprechenden Kosten aus KfW-Programmen der energetischen Gebäudesanierung erfolgt.</li> </ul>
Kumulierbarkeit	<p>Kombination: Die Kombination mit öffentlichen Fördermitteln ist zulässig, sofern die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt. Die Inanspruchnahme anderer Förderprogramme des Bundes für dieselbe Maßnahme ist nicht zulässig.</p> <p>Eine Kombination mit der Wärme-/ Kältenetz- beziehungsweise Wärme-/ Kältespeicherförderung nach §§ 18 bis 21 beziehungsweise §§ 22 bis 25 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz ist möglich, sofern es sich um ein Vorhaben mit hohem Quartiersbezug handelt.</p>
Weitere Informationen	<p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-Kommunen-(201)/</a></p> <p><a href="https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-kommunale-Unternehmen-(202)/">https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Öffentliche-Einrichtungen/Kommunale-Unternehmen/Förderprodukte/Energieeffiziente-Quartiersversorgung-kommunale-Unternehmen-(202)/</a></p>
Frist	Keine Fristen

## 10.7 INNOVATIVE KWK-SYSTEME

Ansprechpartner	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Antragsberechtigte	Betreiber innovativer KWK-Systeme
Förderungen	Innovative KWK-Systeme
Förderhöhe	- 45.000 Vollbenutzungsstunden der Gebotsmenge für KWK-Strom in der Höhe des Zuschlagswertes - pro Kalenderjahr höchstens 3.500 Vollbenutzungsstunden der Gebotsmenge
Voraussetzungen	<p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebotsmenge muss mehr als 1.000 kW umfassen und darf 10.000 kW installierte KWK-Leistung nicht überschreiten</li> <li>- min. Komponenten: KWK- Anlage, Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme, elektrischer Wärmeerzeuger</li> <li>- erfolgreiche Teilnahme am Ausschreibungsverfahren</li> <li>- gemeinsame Regelung und Steuerung der Komponenten</li> <li>- Anschluss der Komponenten am gleichen Wärmenetz</li> <li>- Komponenten verfügen über mess- und eichrechtskonforme Messeinrichtungen zur kontinuierlichen Erfassung der eingesetzten Brennstoffe, der bereitgestellten Wärme sowie für jedes 15-Minuten-Intervall die eingesetzte und die erzeugte Strommenge</li> <li>- Eigenstromversorgungsgebot, Einspeisung des gesamten erzeugten Stroms in ein Netz der Allgemeinen Versorgung</li> </ul> <p>hocheffiziente neue und modernisierte KWK-Anlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- elektrische Leistung mehr als 1 MW bis einschließlich 50 MW</li> <li>- Modernisierung min. 50 % der Kosten für Neuerrichtung KWK-Anlage mit gleicher Leistung nach aktuellem Stand der Technik</li> </ul> <p>Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabrikneu</li> <li>- Min. Jahresarbeitszahl 1,25</li> <li>- kann pro Kalenderjahr min. 30 % der Referenzwärme als innovative Wärme bereitstellen</li> <li>- nur einer KWK-Anlage zugeordnet</li> </ul> <p>elektrischer Wärmeerzeuger:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- kann jederzeit min. 30 % der maximal auskoppelbaren Wärme der KWK-Anlage bereitstellen</li> <li>- stromseitig und unmittelbar wärmeseitig mit der KWK-Anlage verbunden</li> </ul>
Kumulierbarkeit	
Weitere Informationen	<a href="https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_merkblatt_innovative_kwk-systeme.html">https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/kwk_merkblatt_innovative_kwk-systeme.html</a>
Frist	keine Fristen; Ausschreibungen durch die Bundesnetzagentur jeweils zum 01.06 und 01.12 eines jeden Jahres

## 10.8 KOMMUNALE KLIMASCHUTZ-MODELLPROJEKTE

<i>Ansprechpartner</i>	<i>Projektträgers Jülich (PTJ)</i>
<i>Antragsberechtigte</i>	<i>Antragsberechtigt sind Kommunen (Städte, Gemeinden und Landkreise) und Zusammenschlüsse von Kommunen sowie Betriebe, Unternehmen und sonstige Einrichtungen mit mindestens 25 Prozent kommunaler Beteiligung</i>
<i>Förderungen</i>	<i>Investive Modellprojekte mit weitreichender Treibhausgasminderung und Beitrag zu den Klimaschutzzielen der Bundesregierung</i>  <i>Besonders förderwürdig sind Modellprojekte aus den Handlungsfeldern</i>  <i>- Abfallentsorgung; - Abwasserbeseitigung; - Energie- und Ressourceneffizienz; - Stärkung des Umweltverbunds, grüne City-Logistik und Treibhausgas-Reduktion im Wirtschaftsverkehr; sowie - Smart-City (Vernetzung, Integration und intelligente Steuerung verschiedener umwelttechnischer Infrastrukturen)</i>
<i>Förderhöhe</i>	<i>70% der förderfähigen Kosten; für Anträge, die zwischen dem 1.Aug. und dem 31. Dez. 2021 gestellt werden 80%; finanzschwache Kommunen bis 90%; Mindestzuwendung 200.000 Euro, max. 10 Mio. Euro</i>
<i>Voraussetzungen</i>	<i>Einreichen einer Projektskizze und Aufforderung zur Antragstellung</i>  <i>Der Modellcharakter der Vorhaben soll sich auszeichnen durch</i> <i>hohe Treibhausgasminderung im Verhältnis zur Fördersumme;</i> <i>die Verfolgung der klimaschutzpolitischen Ziele des Bundes;</i> <i>einen besonderen und innovativen konzeptionellen Qualitätsanspruch;</i> <i>den Einsatz bester verfügbarer Techniken und Methoden;</i> <i>die Übertragbarkeit beziehungsweise Replizierbarkeit des Ansatzes</i>  <i>eine überregionale Bedeutung und deutliche Sichtbarkeit mit bundesweiter Ausstrahlung- stromseitig und unmittelbar wärmeseitig mit der KWK-Anlage verbunden</i>
<i>Kumulierbarkeit</i>	<i>Eine Kumulierung mit Drittmitteln, Zuschussförderungen und Förderkrediten ist vorbehaltlich entgegenstehender beihilferechtlicher Vorgaben zugelassen, sofern eine angemessene Eigenbeteiligung in Höhe von mindestens 15 Prozent des Gesamtvolumens der zuwendungsfähigen Ausgaben erfolgt, bei finanzschwachen Kommunen in Höhe von 10 Prozent.</i>
<i>Weitere Informationen</i>	<i><a href="https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte">https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/modellprojekte</a></i>
<i>Frist</i>	<i>Antragsfristen jeweils 01.Jan und 31.Dez. eines Jahres</i>

## LITERATURVERZEICHNIS

- [AGFW 2020] Nils Thamling et al., Hamburg Institut und Prognos AG im Auftrag des AGFW Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Gutachten Perspektive der Fernwärme, Maßnahmenprogramm 2030, November 2020. S. 63-72
- [Bundesverband Geothermie] Bundesverband Geothermie, <https://www.geothermie.de/bibliothek/lexikon-der-geothermie/e/erdwaermesonde.html>, abgerufen am 09.01.2010
- [Energieatlas NRW] Energieatlas NRW vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), [https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte\\_solarkataster](https://www.energieatlas.nrw.de/site/karte_solarkataster), abgerufen am 10.02.2021
- [enervis energy advisors GmbH] Energie aus Abwasser, Das bislang unentdeckte Potential für die Wärmewende, Dezember 2017
- [GEG 2020] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden, Anlage 9 (zu § 85 Absatz 6), Umrechnung in Treibhausgasemissionen
- [GEF 2020] GEF Ingenieur AG, S. Richter et al., Abschlusspräsentation Machbarkeitsstudie Energiekonzept Minden, 2020
- [Geologischer Dienst NRW] Geologischer Dienst in Kooperation mit der Energieagentur.NRW, [https://www.geothermie.nrw.de/geothermie\\_basisversion/?lang=de](https://www.geothermie.nrw.de/geothermie_basisversion/?lang=de), abgerufen am 20.01.2021
- [IREES 2015] Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013, 2015, Karlsruhe, München, Nürnberg: Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien.
- [IWU 2015] *IWU - Institut Wohnen und Umwelt*. Von TABULA – Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern.; <http://www.iwu.de/forschung/energie/abgeschlossen/tabula>, abgerufen am 15.02.2021
- [LANUV 2013] Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 2- Solarenergie. Fachbericht 40. Recklinghausen: NUV NRW Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
- [LANUV 2015] Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW Teil 3. Recklinghausen: NUV NRW Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.
- [LANUV 2019] Potentialstudie industrielle Abwärme, Fachbericht 96, Recklinghausen: NUV NRW Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.
- [LANUVa] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), Hydrologische Rohdaten Online, [https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?stationsname\\_t=Porta&yAc](https://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?stationsname_t=Porta&yAc)

hse=Standard&hoehe=468&breite=724&datum=2021-01-14&meindatum=14.01.2021&erstesJahr=Jahreslinie&nachSuche=&meifocus=&neuname=, abgerufen am 25.02.2021

[Roedel & Partner]

Die Wärmezielscheibe, Wärmewende in Deutschland erfolgreich gestalten, Mai 2029

[UBA 2008]

Studie zum Grundwasser in Deutschland, Umweltbundesamt, 2008, S. 29]

[Zensus 2011]

Statistischen Ämter des Bundes und der Länder 2021, Zensusdatenbank Gebäude Stand 2011, GENESIS-Tabelle: 3000G-2001