

Fern- und Prozesswärmeversorgung durch Wärmepumpen als Ersatz der Kohleverbrennung

FernWP

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ANALYSE AKTUELLER ÖKONOMISCHER RAHMENBEDINGUNGEN FÜR GROSSWÄRMEPUMPEN

BERICHT ARBEITSPAKET 1

Beteiligte Projektpartner: Fraunhofer ISI
Fraunhofer IEG
AGFW

Autoren: Anna Billerbeck, Jan Frederick George, Viktor
Paul Müller, Jenny Winkler
(Fraunhofer ISI)

Elena Timofeeva, Lisa Weidinger, Maria
Greitzer, Anja Hanßke, Christoph Nolden
(Fraunhofer IEG)

Andrej Jentsch, Kibriye Sercan-Çalışmaz
(AGFW)

Datum: Januar 2023

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG.....	3
2	ÜBERBLICK ÜBER DEN AKTUELLEN RECHTSRAHMEN FÜR GROßWÄRMEPUMPEN UND FERNWÄRME	4
2.1	Wärmeerzeugung.....	4
2.2	Wärmenetze.....	13
2.3	Wärmelieferung	14
3	LITERATURANALYSE ZU AUSGEWÄHLTEN POLITISCHEN MAßNAHMEN	16
3.1	Umsetzung Kohleausstiegsgesetz	16
3.2	Reform von Abgaben, Umlagen, Steuern.....	18
3.3	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.....	19
3.4	Förderrahmen für Fernwärmenetze und Großwärmepumpen	22
4	QUANTITATIVE SZENARIOANALYSE	27
4.1	Rahmendaten und Annahmen.....	27
4.2	Ergebnisse Szenario 1: Baseline	29
4.3	Ergebnisse Szenario 2: CO ₂ -Preis	30
4.4	Ergebnisse Szenario 3: Förderung	32
5	ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN.....	36
	LITERATURVERZEICHNIS	40
	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	44
	RECHTSNORMENVERZEICHNIS.....	45
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	46
	TABELLENVERZEICHNIS.....	46
	ANHANG	47
	Anhang A: Literaturliste der Literaturanalyse	47
	Anhang B: Annahmen der quantitativen Szenarioanalyse	54

1 Einleitung und Zielsetzung

Deutschland verfolgt das Ziel bis 2045 klimaneutral zu werden und bis 2030 mindestens 65% der Treibhausgase im Vergleich zu 1990 einzusparen. Das Klimaschutzgesetz (KSG) legt diese Ziele gesetzlich fest. Wärme macht mehr als 50% des gesamten deutschen Endenergieverbrauchs aus. Gleichzeitig basiert die Wärmeerzeugung noch weitgehend auf fossilen Brennstoffen. Die Dekarbonisierung des Wärmesektors kann daher einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Angesichts der seit Ende 2021 gestiegenen Erdgaspreise ist die Dekarbonisierung des Wärmesektors noch dringlicher, um die Abhängigkeit von Erdgasimporten zu verringern.

Im Einklang mit den Klimazielen wurde der Ausstieg aus der Kohleverstromung bis spätestens 2038 beschlossen. Dieser Ausstieg hat unmittelbare Auswirkungen auf die Wärmeversorgung, da eine Vielzahl an Kohlekraftwerken sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Vor dem Hintergrund der gesetzten Klimaziele sollten Kohlekraftwerke mit möglichst klimaneutralen Technologien substituiert werden. Großwärmepumpen (GWP) der Megawattklasse stellen hierbei eine vielversprechende Alternative für die Wärmeversorgung dar. GWP sind effiziente Wärmeerzeuger, die darüber hinaus im Stromsektor die Integrationsfähigkeit von Erneuerbare Energien (EE) erhöhen können. Gleichzeitig liefern sie klimaneutrale Wärme, sobald der Strom vollständig klimaneutral erzeugt wird. Insofern nehmen GWP eine zentrale Rolle innerhalb der Energiewende ein. Neben der Fernwärmebereitstellung können GWP in weiteren Sektoren, beispielsweise für industrielle Prozesswärme, genutzt werden. Insbesondere können Hochtemperatur-GWP zur effizienten Nutzung von Abwärme und Wärmerückgewinnung eingesetzt werden. Das Angebot von GWP mit großer Leistung und hohen Temperaturen ist in den vergangenen Jahren stark gestiegen, so dass gegenwärtig eine Vielzahl an Modellen, die Nutztemperaturen bis 150°C erreichen, verfügbar sind (Arpagaus 2019).

Allerdings existieren Hemmnisse für die großflächige Verbreitung von GWP. Aus technischer Sicht sind das benötigte Temperaturniveau und die erforderliche Leistung als Hemmnis zu nennen, da dies bisher maßgeschneiderte, individuelle Lösungen erfordert. Wirtschaftliche Hemmnisse sind hohe Investitionen und Betriebskosten, insbesondere im Vergleich zu gasbefeuelten Anlagen. Weiterhin ist der Bekanntheitsgrad der technischen Möglichkeiten und der wirtschaftlich realisierbaren Anwendungspotentiale von GWP eher gering. Die Überwindung der Hemmnisse ist zwingend notwendig für den Ausbau von GWP und somit zum Erreichen der Klimaziele. Der vorliegende Bericht leistet hierzu einen Beitrag, indem er die aktuellen rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für GWP in Fernwärmenetzen in Deutschland analysiert.

Der Bericht unterteilt sich dabei in drei analytische Schwerpunkte. In Kapitel 2 erfolgt zunächst eine rechtswissenschaftliche Analyse. Es wird eine Übersicht zum aktuellen Rechtsrahmen von GWP und Fernwärme gegeben. Dadurch wird eine Basis für die Diskussion von ökonomischen Rahmenbedingungen, Hemmnissen und möglichen Anpassungsmaßnahmen gebildet. In Kapitel 3 erfolgt eine Literaturanalyse zu politischen Maßnahmen, die von besonderer Relevanz für GWP und Fernwärme sind. Folgende Aspekte werden beleuchtet: Umsetzung Kohleausstiegsgesetz (Kapitel 3.1), Reform von Abgaben, Umlagen, Steuern (Kapitel 3.2), Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (Kapitel 3.3), Förderrahmen für Fernwärmenetze und GWP (Kapitel 3.4).

Zuletzt erfolgt in Kapitel 4 eine quantitative Szenarioanalyse. Hierbei werden die Auswirkungen unterschiedlicher ökonomischer Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit von GWP in der Fernwärme mit Hilfe eines detaillierten Kostenrechnungsmodells abgeschätzt. Es werden verschiedene Szenarien mit verschiedenen Kombinationen von Maßnahmen, die die Wirtschaftlichkeit von GWP beeinflussen, untersucht. Kapitel 5 fasst die Ergebnisse des Berichtes zusammen und schließt den Bericht ab.

2 Überblick über den aktuellen Rechtsrahmen für Großwärmepumpen und Fernwärme

In diesem Kapitel werden relevante Rechtsnormen für GWP und Fernwärme skizziert. Diese Übersicht dient als Basis für die in den nachfolgenden Kapiteln diskutierten Rahmenbedingungen und Hemmnisse sowie als Input für die quantitative Szenarioanalyse (vgl. Kapitel 3 und 4). Die Darstellung der Rechtsnormen wird nach den Wertschöpfungsstufen Wärmeerzeugung (Kapitel 2.1), Wärmenetze (Kapitel 2.2) und Wärmelieferung (Kapitel 2.3) gegliedert.

Mangels einer allgemeingültigen Definition von GWP wird eine Wärmepumpe dann als GWP bezeichnet, wenn sie in einem Fernwärmenetz oder einer größeren industriellen Anwendung eingesetzt werden kann.¹ Zum Berichtszeitpunkt sind dies üblicherweise Anlagen mit einer Leistung von 500 kW_{th} bis 50 MW_{th}.² Neben den Regelungen für GWP werden, insbesondere für die Szenarioanalyse in Kapitel 4, auch die Regelungen für erdgasbetriebene (KWK-)Anlagen dargestellt. Diese stellen zum Berichtszeitpunkt eine wichtige Konkurrenztechnologie für GWP dar. Die Themen Wärmenetze und Wärmelieferung sind dagegen weitgehend unabhängig von der eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologie. Es werden sowohl geltende Regelungen als auch laufende Gesetzgebungsverfahren berücksichtigt, national und auf EU-Ebene. Hierbei werden Änderungen und offene Verfahren bis Mitte Dezember 2022 berücksichtigt.

Die Auswahl der betrachteten Regelungen wurde unter zwei Aspekten getroffen. Es werden primär relevante Vorgaben für Bestandteile der Wärmegestehungskosten von GWP und alternativen Wärmetechnologien beschrieben, die in eine nachfolgende quantitative Analyse einfließen (vgl. Kapitel 4). Ergänzend werden sonstige Regelungen besprochen, die die Markteinführung und Wirtschaftlichkeit von GWP beeinflussen.

2.1 Wärmeerzeugung

Förderrahmen für Investitions- und Betriebskosten

Eine Förderung von GWP und/oder Fernwärmenetzen gilt als staatliche Beihilfe. Nach den EU-Regeln für den Binnenmarkt sind staatliche Beihilfen grundsätzlich verboten, "soweit sie den Handel zwischen Mitgliedstaaten beeinträchtigen" (vgl. Art. 107 Abs. 1 AEUV³). Ausnahmen hiervon sind in eng definierten Grenzen zulässig. Fördermaßnahmen im Wärmesektor fallen unter die Ausnahmeregelung für Beihilfen zur Förderung der Entwicklung gewisser Wirtschaftszweige oder Wirtschaftsgebiete (Art. 107 Abs. 3 lit. c) AEUV).

Mitgliedstaaten notifizieren die EU-Kommission über einzuführende oder zu ändernde Maßnahmen, um Überprüfung der Zulässigkeit entsprechender Maßnahmen vor deren Einführen zu ermöglichen (Art. 108 Abs. 3 AEUV). Für Fördermaßnahmen im Energiebereich werden die allgemeinen Voraussetzungen für zulässige Beihilfen nach Art. 107 AEUV in den Leitlinien für staatliche Klima-, Umwelt- und Energiebeihilfen (KUEBLL)⁴ konkretisiert. Bestimmte Arten von Beihilfen können nach Art. 109 AEUV von der Notifizierungspflicht ausgenommen werden. Diesbezüglich kann die Kommission in einem durch den Rat festgelegten Rahmen Verordnungen erlassen

¹ In Anlehnung an den AGFW-Praxisleitfaden Großwärmepumpen (vgl. Kühne und Roth 2020).

² Die maximale, übliche Größe richtet sich nach den Angaben im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung, KEA-BW, <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/kommunale-waermeplanung/technikkatalog>

³ Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Amtsblatt der EU v. 26.12.2012, C326/47.

⁴ Mitteilung der Kommission 2022/C 80/01 Leitlinien für staatliche Klima-, Umweltschutz- und Energiebeihilfen 2022, Amtsblatt der EU v. 18.02.2022.

(Art. 108 Abs. 4 AEUV). So enthält die Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung⁵ (AGVO) auch relevante Freistellungen für GWP und Fernwärmenetze.

Die AGVO regelt Beihilfen unterhalb einer gewissen Schwelle, die von dem Notifizierungsverfahren ausgenommen sind bzw. keiner Einzelgenehmigung der EU-Kommission bedürfen, sofern sie die in der Verordnung enthaltenen Vorgaben erfüllen. Die Schwelle, bezogen auf die Beihilfe pro Unternehmen und Investitionsvorhaben, beträgt 20 Mio. € bei Investitionsbeihilfen für Fernwärme- und Fernkälteverteilnetze (Art. 4 lit. w) AGVO). Dabei beziehen sich die zulässigen Beihilfen nach Art. 46 AGVO auf "energieeffiziente Fernwärme und Fernkälte", d. h. Fernwärme- und Fernkältesysteme, die neben dem Verteilnetz auch Wärme- bzw. Kälteerzeugungsanlagen umfassen (s. Definition in Art. 2 Nr. 124 AGVO). Darunter fallen demnach auch GWP. Investitionsbeihilfen für Energieinfrastrukturen (Anmeldeschwelle 50 Mio. €, Art. 4 lit. x) AGVO) kommen nicht Betracht, da die Definition von Energieinfrastruktur in Art. 2 Nr. 130 AGVO keine für Wärmeerzeugung oder Verteilung relevanten Anlagen enthält.

Die Ausnahme von der Anmeldepflicht durch die Regelung in der AGVO bedeutet für GWP eine tendenziell höhere Planungssicherheit in Bezug auf die Fördermaßnahmen im Vergleich etwa mit der Förderung von Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) nach Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG), deren Änderungen der Kommission mitzuteilen sind und u. U. nachträglich angepasst werden könnten.⁶ Im Rahmen der anstehenden Überarbeitung der AGVO wurde in einem von der EU-Kommission konsultierten Änderungsentwurf⁷ vorgeschlagen die Anmeldeschwelle von 20 auf 50 Mio. € anzuheben.⁸

Während die Investitionen für Wärmepumpen kleinerer und mittlerer Leistungsklassen offensichtlich unter die AGVO fallen, ist es bei GWP in entsprechend großen Fernwärmenetzen denkbar, dass sowohl die aktuelle als auch die vorgeschlagene, höhere Anmeldeschwelle von 50 Mio. € überschritten werden. Gleichwohl werden bspw. Bundesförderprogramme wie Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) und Bundesförderung effizientes Gebäude (BEG) aufgrund deren Gesamtfördervolumens nach KUEBLL geprüft. Daher werden im Folgenden sowohl die AGVO als auch die KUEBLL im Detail beschrieben.

Wie bereits angemerkt, ist für GWP der Art. 46 der AGVO relevant, wo Investitionsbeihilfen für energieeffiziente Fernwärme und Fernkälte geregelt sind. Für Wärmeerzeugungsanlagen sind die Mehrkosten gegenüber einer konventionellen Anlage beihilfefähig. Als Referenztechnologie in einem Fernwärmenetz wird in der Antragspraxis ein Gasbrennwertkessel vorgegeben (BAFA 2020). Die Förderintensität beschränkt sich auf max. 45% der o. g. beihilfefähigen Kosten (mit zusätzlichen 10% bzw. 20% für mittlere bzw. kleine Unternehmen). Dagegen sind bei Verteilnetzen sämtliche Investitionskosten beihilfefähig. Hierbei beschränkt sich die zulässige Beihilfehöhe

⁵ Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der Kommission v. 17.06.2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union, Amtsblatt der EU v. 26.06.2014.

⁶ Der Beihilfecharakter der KWK-Förderung ist derzeit rechtlich nicht eindeutig geklärt. Vor dem EuGH ist eine Klage Deutschlands anhängig, in welcher die Einordnung durch die Kommission der KWK-Förderung als staatliche Beihilfe beanstandet wird. S. Rechtssache T-409/21 (2021/C 368/44). Sollte der Klage stattgegeben werden, würde die Notifizierungspflicht von Änderungen zum KWK-Fördermechanismus entfallen.

⁷ Targeted review of the General Block Exemption Regulation (State aid): revised rules for State aid promoting the green and digital transition, https://competition-policy.ec.europa.eu/public-consultations/2021-gber_en

⁸ Anhang Verordnung (EU) 2021/1237 der Kommission vom 23. Juli 2021 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union. Entwurf, https://competition-policy.ec.europa.eu/public-consultations/2021-gber_en; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021R1237&from=DE>

auf die Differenz zwischen den Investitionskosten und dem Betriebsgewinn. Der Betriebsgewinn bezeichnet die (positive) Differenz zwischen den abgezinsten Betriebskosten und den abgezinsten Erlösen über die gesamte Projektlaufzeit (Art. 2 Nr. 39 AGVO).

In den KUEBLL ist für Wärmepumpen und Fernwärmenetze Abschnitt 4.1 "Beihilfen für Fernwärme und Fernkälte" einschlägig, der für Beihilfen "für den Bau, die Modernisierung oder den Betrieb von Wärme- oder Kälteerzeugungs- und -speicheranlagen oder von Verteilnetzen oder für beides" gilt (RdNr. 388 KUEBLL). Dabei werden Fernwärme- bzw. Fernkältesysteme insgesamt betrachtet. Die angemessene Beihilfeshöhe wird im Rahmen der sog. Finanzierungslücke festgelegt (RdNr. 394 KUEBLL), die als erforderliche Nettomehrkosten im Vergleich zum kontrafaktischen Szenario ermittelt wird (d. h. wenn das Vorhaben nicht umgesetzt wird). Die Nettomehrkosten verstehen sich i. d. R. als "Differenz zwischen dem NPV⁹ beim tatsächlichen Szenario und dem NPV bei dem kontrafaktischen Szenario während der Lebensdauer des Referenzvorhabens" (RdNr. 51 KUEBLL). Insofern deckt sich die "Finanzierungslücke" mit der Differenz zwischen den Investitionskosten und dem Betriebsgewinn nach dem AGVO. Bei Verteilnetzen gilt als kontrafaktisches Szenario, dass das Investitionsvorhaben nicht umgesetzt wird (RdNr. 395 KUEBLL), so dass statt einer Nettokostendifferenz auf sämtliche Kosten des Vorhabens abgestellt wird.

In den KUEBLL wird zwar davon ausgegangen, dass Betriebsbeihilfen i. d. R. nicht erforderlich sein werden, jedoch können sie unter bestimmten Voraussetzungen zulässig sein, soweit die Betriebskosten ohne Beeinträchtigung des Umweltschutzes an die Wärmeverbraucher weitergegeben werden. Nach RdNr. 392 KUEBLL sind Betriebsbeihilfen dann begründet, wenn die Rentabilität der betreffenden Technologie im Vergleich zu umweltschädlicheren Heizungslösungen benachteiligt wäre. Für Beihilfen zur Deckung kurzfristiger und insb. variabler Kosten wie Stromkosten ist in RdNr. 122 KUEBLL eine Kostenüberwachung und jährliche Überprüfung bzw. Anpassung des Beihilfebetrages vorgesehen.

Im Zuge der aktuellen Novellierung der AGVO wird dafür plädiert bei Wärmeerzeugungsanlagen bis 1 MW die zulässige Förderung auf die Betriebskosten auszuweiten (AGFW 2021). Damit wird bezweckt entsprechende Fördermaßnahmen ohne Einzelgenehmigung durch die EU-Kommission zu ermöglichen. Angesichts der aktuell hohen und volatilen Strompreise rückt die Commodity-Preiskomponente bei den Betriebskosten der Wärmepumpen gegenüber den Stromnebenkosten in den Vordergrund. Da die später geschilderten Entlastungen bspw. bei den Netzentgelten und der EEG-Umlage greifen, liegt es nahe eine Betriebskostenförderung im Rahmen der Wirtschaftlichkeitslücke in Betracht zu ziehen (vgl. Kapitel 4).

Ebenfalls interessant ist die bei der AGVO-Überarbeitung angekündigte Abkehr von der Förderung von Fernwärmesystemen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Bei der Förderung erdgasbasierter Fernwärmeerzeugung soll sichergestellt werden, dass die Klimaziele eingehalten und der Wettbewerb gewahrt wird.¹⁰ Dies soll durch die vorgeschlagene Ergänzung in Art. 41 Abs. 4a erreicht werden: Während mit fossilen Brennstoffen betriebene KWK-Anlagen von dem Anwendungsbereich der AGVO grds. ausgeschlossen sind, gilt entsprechende Freistellung von der Anmeldepflicht ausnahmsweise für Gas-KWK-Anlagen, "bei denen die Einhaltung der Klimaziele für 2030 und 2050 gewährleistet ist". Die angedachte Anpassung des Förderrahmens für KWK-Anlagen kann als vorteilhaft für den Markthochlauf von GWP bewertet werden. Generell wirkt sich die aktuelle Diskussion zur weiteren Förderung von Gas-KWK auf die Stellung der GWP aus.

⁹ Net present value, Nettobarwert

¹⁰ Erläuterungen zum Vorschlag für eine gezielte Überarbeitung der AGVO, https://ec.europa.eu/competition/consultations/2019_gber/note_de.pdf

Stromnetzentgelte

Bei der nachfolgenden Darstellung relevanter Regelungen zu den Stromnetzentgelten wird davon ausgegangen, dass GWP der Leistungsklassen bis ca. 300 kW_{el} typischerweise in der Niederspannung und darüber in der Mittelspannung angeschlossen sind.¹¹ Mit Blick auf die Definition von GWP in der Einleitung zu diesem Kapitel folgt daraus, dass GWP größerer Leistungsklassen i. d. R. in der Mittelspannung angeschlossen sind, während für Anlagen im unteren Leistungsbereich u. U. auch die Regelungen für die Niederspannung greifen könnten.

Die Betriebskosten von GWP werden u. A. durch die Stromnetzentgeltsystematik beeinflusst, insb. das Verhältnis der Arbeits- und Leistungspreiskomponente, das sich je nach Netzebene unterscheidet. Im Vergleich zur Niederspannung fällt für Stromkunden auf den höheren Spannungsebenen die Leistungskomponente stärker ins Gewicht (BNetzA 2015). GWP in der Mittel- oder Hochspannung setzt dies tendenziell einen finanziellen Anreiz für Spitzenglättung. Nach dem aktuellen Rahmen ist dies für Stromverbraucher und kleinere Wärmepumpen in der Niederspannung nicht ausgeprägt.

Da GWP sich für einen netzdienlichen Betrieb eignen, kann ihr Stromverbrauch ggf. von reduzierten Netzentgelten profitieren. Hierbei ist insbesondere die Spannungsebene ausschlaggebend. Gesetzliche Grundlage bildet § 14a Energiewirtschaftsgesetz¹² (EnWG), wonach mit dem Netzbetreiber ein reduziertes Stromnetzentgelt im Gegenzug für die netzdienliche Steuerung vereinbart werden kann. Die ursprüngliche Fassung dieser Vorschrift war auf die Verbrauchseinrichtungen in der Niederspannung beschränkt. Daher konnten in der Mittelspannung angeschlossene GWP bisher nicht von den reduzierten Netzentgelten nach § 14a EnWG profitieren (Hemmert-Halswick und Freitag 2021). Im Rahmen des sog. Osterpakets wurde § 14a EnWG mit Wirkung ab dem 01.01.2023 jedoch neu gefasst.¹³ Dabei wurde die Beschränkung auf die Niederspannung zwar gestrichen, jedoch scheint die aktuelle Konkretisierung die Beschränkung wieder aufzugreifen.

Aktuell konsultiert die Bundesnetzagentur (BNetzA) ein Eckpunktepapier zur Konkretisierung von § 14a EnWG¹⁴. Das dort skizzierte Zielmodell soll für einen abschließend beschriebenen Kreis steuerbarer Einrichtungen, einschließlich Wärmepumpen, verpflichtend eingeführt werden, die folgende Kriterien erfüllen: max. Leistungsbezug größer 3,7 kW, unmittelbarer oder mittelbarer Anschluss in der Niederspannung und Inbetriebnahme ab dem 01.01.2024. In der Mittelspannung angeschlossene GWP scheiden aufgrund der Netzebene wiederum aus dem Anwendungsbereich der Festlegung aus. Zusammenfassend lässt sich demnach festhalten, dass der vorgelegte Vorschlag bisher keinen Rahmen für reduzierte Netzentgelte für GWP mit Anschluss in der Mittelspannungsebene im Gegenzug für netzdienliche Steuerung schafft. GWP mit Anschluss in der Niederspannungsebene können dagegen (eher) von reduzierten Netzentgelten profitieren.

Zu beachten ist dabei, dass eine weitere Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Sondernetzentgelten nach § 14a EnWG die Erfassung des Stromverbrauchs über einen separaten Zählpunkt ist. Während die damit einhergehenden Messkosten (ca. 100 € p. a.) bei kleineren Wärmepumpen oft ein Hemmnis darstellen, sind sie bei GWP aufgrund eines deutlich höheren Stromverbrauchs in Hinblick auf die spezifischen Strompreise weniger relevant.

¹¹ Dies entspricht einer thermischen Leistung von 600 kW_{th} bzw. 750 kW_{th}, bei einer Jahresarbeitszahl von 2 bzw. 2,5.

¹² Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 25. November 2022 (BGBl. I S. 2102) geändert worden ist.

¹³ Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor v. 20.07.2022, BGBl. 2022 Teil I Nr. 28 v. 28.07.2022, 1237, 1304.

¹⁴ Eckpunktepapier zur netzorientierten Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzan schlüssen nach § 14a EnWG, BNetzA, BK6-22-300 / BK8-22/010-A v. 24.11.2022.

Eine weitere gesetzliche Möglichkeit von reduzierten Netzentgelten zu profitieren besteht in sogenannten individuellen Netzentgelten nach § 19 Stromnetzentgeltverordnung¹⁵ (StromNEV). Diese sind für GWP jedoch nur bedingt relevant.¹⁶ Die individuellen Netzentgelte sind insb. für sog. intensive Netznutzung vorgesehen. Voraussetzung dafür sind mind. 7.000 Vollbenutzungsstunden (VBS) pro Jahr und ein Jahresverbrauch ab 10 GWh pro Abnahmestelle (§ 19 Abs. 2 S. 2 StromNEV). Es ist davon auszugehen, dass VBS von mind. 7.000 Stunden bei dem Betrieb von GWP in Fernwärmenetzen aufgrund des saisonalen Wärmebedarfs typischerweise nicht erreicht wird. Anders sieht dies bei GWP für industrielle Wärme aus, die ggf. 7.000 VBS erreichen. Ein weiterer Fall für individuelle Netzentgelte liegt in der atypischen Netznutzung, welche dann vorliegt, wenn die Jahreshöchstlast vorhersehbar in lastschwache Zeiten fällt (§ 19 Abs. 2 S. 1 StromNEV). Bei einem typischen Lastprofil von GWP in Fernwärmenetzen erscheint es jedoch nicht offensichtlich, dass die Jahreshöchstlast nicht in das Hochlastfenster des Netzbetreibers fällt. Dies kann wiederum anders ausfallen bei GWP für industrielle Wärme.

EEG-, KWKG- und Offshore-Netzumlage

Gemäß Erneuerbare-Energien-Gesetzes¹⁷ (EEG) wurde die EEG-Umlage grds. für den gesamten Stromletzverbrauch erhoben (§ 60 Abs. 1 und § 61 Abs. 1 EEG). Daneben galten eine Reihe von Befreiungs- und Entlastungstatbeständen. Insbesondere reduzierte sich die EEG-Umlage für eigenverbrauchte Strommengen aus EE-Anlagen auf 40% des regulären Satzes (§ 61b EEG). Abweichend davon entfiel die EEG-Umlage bei Eigenverbrauch aus Erzeugungsanlagen mit einer installierten Leistung von bis zu 10 kW; die Befreiung galt für 20 Kalenderjahre ab Inbetriebnahme und für max. 10 MWh pro Jahr (§ 61a Abs. 4 EEG).

Seit dem 01.01.2023 wird die EEG-Förderung jedoch vollständig aus dem Bundeshaushalt finanziert und die EEG-Umlage entfällt für die gesamten letztverbrauchten Strommengen.¹⁸ Bereits für den Zeitraum vom 01.07.2022 bis 31.12.2022 wurde per Sonderregelung in § 60 Abs. 1a EEG keine EEG-Umlage mehr erhoben.¹⁹

Eine weitere Änderung durch das sog. Osterpaket betrifft die KWKG- und die Offshore-Netzumlage, die bisher für den gesamten Letztverbrauch erhoben wurden (§ 26 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz²⁰ (KWKG) bzw. § 17f EnWG). Seit dem 01.01.2023 gelten beide Umlagen nur für die aus dem öffentlichen Netz bezogenen Strommengen (§ 12 Abs. 1 Energiefinanzierungsgesetz²¹, EnFG). Umlagebefreit wird somit hinter dem Netzanschlusspunkt eigenverbraucher oder an Dritte gelieferter Strom.

Für Wärmepumpen wird eine noch weiterreichende Sonderregelung eingeführt: Auch aus dem Netz entnommene Strommengen sind von beiden Umlagen befreit. Voraussetzung dafür ist, dass

¹⁵ Stromnetzentgeltverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2225), die zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist.

¹⁶ Hemmert-Halswick und Freitag kommen dagegen zur Einschätzung, dass GWP von individuellen Entgelten für intensive Netznutzung profitieren könnten (Hemmert-Halswick und Freitag 2021).

¹⁷ Erneuerbare-Energien-Gesetz vom 21. Juli 2012 (BGBl. I S. 1066), das zuletzt durch Artikel 8 des Gesetzes vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726) geändert worden ist.

¹⁸ Gesetz zur Finanzierung der Energiewende im Stromsektor durch Zahlungen des Bundes und Erhebung von Umlagen (Energiefinanzierungsgesetz; EnFG), Artikel 3 G. v. 20.07.2022 BGBl. I S. 1237, 1272 (Nr. 28).

¹⁹ Gesetz zur Absenkung der Kostenbelastungen durch die EEG-Umlage und zur Weitergabe dieser Absenkung an die Letztverbraucher (EEGUmlAbsG), G. v. 23.05.2022 BGBl. I S. 747 (Nr. 17).

²⁰ Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz vom 21. Dezember 2015 (BGBl. I S. 2498), das zuletzt durch Artikel 17 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist.

²¹ Gesetz zur Finanzierung der Energiewende im Stromsektor durch Zahlungen des Bundes und Erhebung von Umlagen (Energiefinanzierungsgesetz - EnFG) (BGBl. I S. 1237).

der Stromverbrauch der Wärmepumpe durch einen separaten Zähler erfasst wird (§ 22 EnFG). Die komplette Befreiung des Strombezugs einer Wärmepumpe von der EEG-, KWKG- und Offshore-Netzumlage mindert die Strom- bzw. Betriebskosten und wirkt sich somit positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus. Dies gilt insbesondere auch für GWP (vgl. Kapitel 3.2).

Konzessionsabgabe Strom und Gas

Durch Konzessionsabgaben werden Gemeinden für die Wegenutzung durch die Verlegung und den Betrieb von Strom- und Gasleitungen zur Versorgung von Letztverbrauchern vergütet. Die Konzessionsabgabe wird als Bestandteil des Endkundenpreises für Strom- bzw. Gas erhoben und betrifft insoweit GWP als Stromletztverbraucher und KWK-Anlagen als Gasletztverbraucher.

Gesetzliche Obergrenzen für die Abgabenhöhe sind in der Konzessionsabgabenverordnung²² (KAV) festgelegt. Die Konzessionsabgabe Strom beträgt je nach Einwohnerzahl der Gemeinde max. 2,39 ct/kWh (§ 2 Abs. 2 Nr. 1 b) KAV). Für den Stromverbrauch von GWP gilt die reduzierte Konzessionsabgabe für Sondertarifikunden von max. 0,11 ct/kWh (§ 2 Abs. 3 Nr. 1 KAV). Sondervertragskunden sind als solche Kunden definiert, die keine Tarifikunden sind (§ 1 Nr. 4 KAV). Als Tarifikunden werden wiederum Kunden in der Grundversorgung oder in der Ersatzversorgung bezeichnet (§ 1 Nr. 4 bzw. 2 KAV). Die Abgrenzung wird auf Basis des Vertragsinhalts vorgenommen, je nachdem ob die Versorgung zu allgemeinen Bedingungen aufgrund der Versorgungsverpflichtung oder im Rahmen der Vertragsfreiheit stattfindet. Trotz fehlender eindeutiger Abgrenzung anhand quantitativer Kriterien werden Kunden in der Niederspannung mit einem Jahresverbrauch bis 30.000 kWh i. d. R. als Tarifikunden eingeordnet (§ 2 Abs. 7 KAV).²³ Im Umkehrschluss lassen sich GWP bereits aufgrund deren hohen jährlichen Stromverbrauchs als Sondervertragskunden einordnen.

Die Höchstbeträge für die Konzessionsabgabe Gas sind in § 2 Abs. 2 Nr. 2 KAV, ebenfalls je nach Einwohnerzahl festgelegt, wobei zwischen Gasbelieferung für Kochen und Warmwasser und sonstigen Tariflieferungen unterschieden wird. Für Sondervertragskunden beträgt die Konzessionsabgabe Gas max. 0,03 ct/kWh. Für große gasgefeuerte KWK-Anlagen greift die Abgabenbefreiung für Sondervertragskunden mit einem Jahresverbrauch ab 5 GWh nach § 2 Abs. 5 Nr. 1 KAV.

Regelenergie und andere Flexibilitätsinstrumente

Grundsätzlich können GWP ihre Flexibilität im Regelenergiemarkt anbieten. Die Regeln für die Teilnahme am Regelenergiemarkt (ggf. über ein virtuelles Kraftwerk) basieren auf § 22 EnWG und Grundsätzen in der Stromnetzzugangsverordnung²⁴ (StromNZV) und werden durch Festlegungen der BNetzA und Vorgaben der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) konkretisiert. Präqualifikation bei einem ÜNB ist ab 1 MW angebotener Leistung möglich. Für die Frequenzhaltung in Form von Minutenreserve, die am ehesten für GWP in Betracht kommt, gelten folgende Anforderungen: Bereitstellung innerhalb von 15 Minuten (§ 2 Nr. 6 StromNZV), Mindestangebotsmenge 1 MW, 6 Blöcke à 4 Stunden (täglich)²⁵, positive und negative Minutenreserve können separat angeboten werden (§ 6 Abs. 3 StromNZV).

²² Konzessionsabgabenverordnung vom 9. Januar 1992 (BGBl. I S. 12, 407), die zuletzt durch Artikel 3 Absatz 4 der Verordnung vom 1. November 2006 (BGBl. I S. 2477) geändert worden ist.

²³ Vgl. Kermel in: Säcker (Hrsg.) Berliner Kommentar zum Energierecht, 4. Auflage 2018, Bd. 3, KAV §2, RdNr. 23-36.

²⁴ Stromnetzzugangsverordnung vom 25. Juli 2005 (BGBl. I S. 2243), die zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 16. Juli 2021 (BGBl. I S. 3026) geändert worden ist.

²⁵ Modalitäten für Regelreserveanbieter, Lesefassung Stand 08.12.2022, https://www.regelleistung.net/ext/download/MfRRA_Lesefassung_08.12.22

Stromsteuer

Die Stromsteuer wird grds. für den Letztverbrauch von Strom erhoben, sowohl beim Bezug aus dem öffentlichen Netz als auch beim Selbstverbrauch eigenerzeugten Stroms. Der reguläre Steuersatz beträgt 2,05 ct/kWh (§ 3 Stromsteuergesetz²⁶, StromStG). Aktuell sind für Wärmepumpen keine pauschalen Stromsteuerentlastungen vorgesehen. Unter Umständen können bei GWP folgende Befreiungen greifen:

- § 9a StromStG für Prozesswärme bei Unternehmen des produzierenden Gewerbes²⁷,
- § 9b StromStG für industrielle Großverbraucher oder
- § 10 StromStG für sog. Spitzenausgleich.

In der EU-Energiesteuerrichtlinie²⁸ ist ein Mindeststeuersatz von 0,05 ct/kWh für betriebliche Verwendung und 0,1 ct/kWh für nichtbetriebliche Verwendung vorgegeben.

Energiesteuer

Ebenfalls auf die EU-Energiesteuerrichtlinie zurückzuführen ist die Energiesteuer, eine Verbrauchssteuer für eine Reihe von Energieerzeugnissen, die als Kraft- oder Heizstoffe verwendet werden. Diese ist in Deutschland im Energiesteuergesetz²⁹ (EnergieStG) geregelt. Der allgemeine Steuersatz für Erdgas beträgt 31,80 €/MWh (§ 2 Abs. 1 Nr. 7 EnergieStG). Neben reduzierten Steuersätzen für den Erdgaseinsatz als Kraftstoff sind insbesondere auch Entlastungen beim Einsatz in Gasturbinen begünstigter Anlagen insb. KWK vorgesehen, wobei 5,50 €/MWh erhoben werden (§ 2 Abs. 3 Nr. 4 EnergieStG). Darüber hinaus eröffnet § 53a EnergieStG für KWK-Anlagen mit einem Monats- oder Jahresnutzungsgrad³⁰ von mind. 70% die Möglichkeit eine teilweise oder vollständige Steuerentlastung zu beantragen.³¹ Nach § 53 Abs. 7 EnergieStG wird eine vollständige Steuerentlastung dann gewährt, wenn die KWK-Anlage darüber hinaus hocheffizient ist. Die Hocheffizienz ist in der EU-Energieeffizienzrichtlinie³² definiert und richtet sich nach der Energieeinsparung beim Einsatz der KWK im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme. Die entsprechende Primärenergieeinsparung soll für Anlagen über 1 MW_{el} mind. 10% betragen. Für Anlagen kleiner 1 MW_{el} wird kein Mindestmaß an Primärenergieeinsparung gefordert. Die Berechnungsformel findet sich in Anhang II lit.b) der Richtlinie. Die vollständige Steuerentlastung erfolgt nur bis zur vollständigen Abschreibung der Anlagenbestandteile und abzüglich ggf. erhaltener Investitionsbeihilfen (§ 53a Abs. EnergieStG). Vor diesem Hintergrund kann es für ältere KWK-Anlagen, die eine Investitionsförderung erhalten haben, vorteilhafter sein, von einer teilweisen Entlastung Gebrauch zu machen (Möhlenkamp und Milewski 2020).

²⁶ Stromsteuergesetz vom 24. März 1999 (BGBl. I S. 378; 2000 I S. 147), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 30. März 2021 (BGBl. I S. 607) geändert worden ist.

²⁷ D. h. Unternehmen im Bereich Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung und Baugewerbe.

²⁸ Richtlinie 2003/96/EG des Rates vom 27.10.2003 zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom, Amtsblatt der EU vom 31.10.2003 L 283/51.

²⁹ Energiesteuergesetz vom 15. Juli 2006 (BGBl. I S. 1534; 2008 I S. 660, 1007), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 24. Mai 2022 (BGBl. I S. 810) geändert worden ist.

³⁰ Der Nutzungsgrad ist der Quotient aus der Summe der erzeugten mechanischen und thermischen Energie und der zugeführten Energie, bezogen auf den Heizwert. Der Heizwert (bzw. unterer Heizwert bezeichnet) bezieht sich auf die nutzbare Wärmemenge ohne Berücksichtigung der Kondensationsenthalpie des Wasserdampfs. Davon zu unterscheiden ist der Brennwert (bzw. oberer Heizwert), bei dem auch freigesetzte Energiemenge bei Kondensation des Wasserdampfs hinzugerechnet wird.

³¹ Siehe Übersicht entsprechender Steuersätze in Möhlenkamp und Milewski 2020 (zu §53a EnergieStG, RdNr 6.).

³² Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25.10.2012 zu Energieeffizienz, zur Änderung der Richtlinien 2009/125/EG und 2010/30/EU und zur Aufhebung der Richtlinien 2004/8/EG und 2006/32/EG, Amtsblatt der EU v. 14.11.2012 L 315/1.

Messung des Stromverbrauchs

Letztverbraucher mit einem Jahresverbrauch ab 6000 kWh sowie steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach § 14a EnWG sind mit intelligenten Messsystemen (iMSys, sog. Smart Meter) auszustatten, soweit dies technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist (§ 29 Messstellenbetriebsgesetz³³, MsbG). Die wirtschaftliche Vertretbarkeit wird durch die zulässigen Kostenobergrenzen in § 31 MsbG bestimmt (je nach Jahresverbrauch). Die technische Möglichkeit besteht, sobald mind. drei Gerätehersteller durch das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) zertifiziert sind. Die ursprüngliche Marktverfügbarkeitserklärung des BSI vom 31.01.2020 wurde aufgrund mangelnder Berücksichtigung von Vorgaben zur funktionalen Interoperabilität von Smart-Meter-Gateway bei der Zertifizierung vor Gericht beanstandet³⁴ und musste zurückgenommen werden. Nach dahingehender Überarbeitung der Technischen Richtlinie BSI-TR-03109³⁵ und dem Erlass einer neuen Markterklärung wird der Roll-Out-Start nun fortgeführt. Bei GWP fallen die Messkosten aufgrund des hohen Stromverbrauchs weniger ins Gewicht, als bei kleinen, dezentralen Anlagen.

Wasserstoffbetriebene KWK- und Biomethananlagen

KWK-Anlagen werden dadurch gefördert, dass der Anlagenbetreiber für den in das öffentliche Netz eingespeiste Strom zusätzlich zu dem Marktpreis einen Zuschlag erhält. In Kapitel 3.3 wird die Förderung von KWK-Anlagen weiter ausgeführt. An dieser Stelle ist im Rahmen des Osterpakets³⁶ eingeführte Vorgabe bzgl. Wasserstofffähigkeit zu erwähnen. Für neue, nach dem 01.07.2023 nach Bundes-Immissionsschutzgesetz³⁷ (BImSchG) genehmigte KWK-Anlagen mit einer Leistung größer 10 MW_{el} wurde die Wasserstofffähigkeit als eine neue Voraussetzung für die Förderung eingeführt. Wasserstofffähigkeit bedeutet, dass die KWK-Anlage bereits von Anfang an so ausgelegt ist, dass sie ab dem 01.01.2028 umgerüstet werden kann, wobei die Umrüstkosten bei max. 10% der Investitionskosten einer neuen wasserstoffbetriebenen KWK-Anlage liegen dürfen (§ 6 Abs. 1 Nr. 6 KWKG 2023). Eine analoge Regelung zur Wasserstofffähigkeit neuer Biomethananlagen wurde in § 39k Abs. 2 EEG festgelegt. Beide Regelungen zielen darauf ab, die spätere Umstellung auf Wasserstoff kostengünstiger zu gestalten, indem die notwendigen Umrüstungsmaßnahmen bereits bei der ursprünglichen Planung mitgedacht werden.

Emissionshandel

Mit Blick auf Betriebskosten von GWP sowie von KWK-Anlagen sind abschließend das Europäische und das nationale Emissionshandelssysteme zu erwähnen. Strom-, Dampf-, Warmwasser und Prozesswärmeerzeugungsanlagen (Feuerungsanlagen) mit einer installierten Leistung ab 20 MW werden seit der ersten Handelsperiode durch das EU-Emissionshandelssystem (EU-ETS) erfasst. Darunter fallen auch KWK-Anlagen. Der Spotpreis an der European Energy Exchange (EEX) für EU-ETS-Emissionszertifikate lag am 20.02.2023 bei 93,73 €/t_{CO₂}.³⁸

³³ Messstellenbetriebsgesetz vom 29. August 2016 (BGBl. I S. 2034), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist.

³⁴ VG Köln 9 K 3784/20.

³⁵ Technische Richtlinie BSI-TR-03109 (v. 1.10).

³⁶ Gesetz zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor, BGBl. 2022 Teil I Nr. 28 v. 28.06.2022.

³⁷ Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123), das zuletzt durch Art. 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 19. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1792) geändert worden ist.

³⁸ EEX, <https://www.eex.com/en/market-data/environmentals/eu-ets-auctions>.

Anlagen unter 20 MW (inklusive KWK) unterliegen dagegen der nationalen CO₂-Abgabe nach dem Brennstoffemissionshandelsgesetz³⁹ (BEHG). Danach müssen für die Treibhausgasemissionen aus Brennstoffen Emissionszertifikate beschafft werden. In der Einführungsphase werden die Zertifikate zu einem gesetzlich festgelegten Preis verkauft, der im Zeitraum 2021 bis 2025 von 25 €/t CO₂ auf 50 €/t CO₂ steigt. Ab 2026 soll auf marktbasierte Preisbildung umgestellt werden.⁴⁰

Im Fit for 55 Maßnahmenpaket der EU ist die Einführung eines zusätzlichen Emissionshandelssystems vorgesehen, das ab 2025 für die Bereiche Gebäude und Verkehr gelten soll (sog. EU-ETS 2).⁴¹ Damit ist ein Instrument zu erwarten, das weitere Anreize für die Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung und dadurch auch für weitere Verbreitung von setzen soll.

Klimainstrumente im Gebäudesektor

Neben den geschilderten Regelungen, die Investitions- und Betriebskosten von GWP direkt beeinflussen, wird die Marktstellung von GWP auch durch allgemeine, technologieunabhängige Vorgaben zum Klimaschutz im Gebäude- bzw. Wärmesektor beeinflusst.

Das Gebäudeenergiegesetz⁴² (GEG) steuert die Erreichung von Klimazielen im Gebäudesektor im Wesentlichen durch drei Instrumente als Vorgaben für neu zu errichtende Gebäude: eine Höchstgrenze für den Gesamtenergiebedarf, ein Anteil der Wärme- und Kälteerzeugung aus erneuerbaren Energien sowie Vorgaben zur Gebäudedämmung (§ 10 Abs. 2 GEG).

Nach GEG darf bei neu zu errichtenden Gebäuden der Jahresprimärenergiebedarf eine gewisse Höchstgrenze nicht überschreiten. Ein Teil davon soll aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Da diese Anforderungen statt durch gebäudeeigene Heizung alternativ durch Anschluss an ein Fernwärmesystem mit entsprechenden Eigenschaften gedeckt werden kann (§ 42 GEG), sind diese Regelungen auch für GWP in Fernwärmenetzen relevant. Bisher wurde ein um 25% niedrigerer Endenergiebedarf gegenüber einem durchschnittlichen Bestandsgebäude festgehalten. Durch das Osterpaket wird diese Höchstgrenze nun auf 55% des Primärenergiebedarfs gegenüber einem Referenzgebäude herabgesetzt. Im Sofortprogramm für den Gebäudesektor, das durch das BMWK veröffentlicht wurde, ist eine weitere Herabsenkung auf 45% angekündigt.⁴³

Der Primärenergiefaktor für GWP mit einer thermischen Leistung größer 500 kW_{th} und basierend auf netzbezogenen Strom wird von allgemein 1,8 auf 1,2 herabgesetzt. Dadurch soll eine systemische Benachteiligung von GWP gegenüber KWK-Anlagen korrigiert werden. Diese entsteht durch die Anwendung der sog. Stromgutschriftmethode, wobei angenommen wird, dass der erzeugte KWK-Strom den "Grenzkraftwerksstrom" verdrängt. Dementsprechend werden von den Gesamtemissionen der KWK-Anlagen das Produkt der Stromerzeugungsmenge und den spezifischen Emissionen konventioneller Stromerzeugungsanlagen (sog. Verdrängungsmix) abgezogen. Dadurch steht die KWK besonders vorteilhaft dar (Pehnt et al. 2022).

³⁹ Brennstoffemissionshandelsgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2728), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 9. November 2022 (BGBl. I S. 2006) geändert worden ist.

⁴⁰ Theobald in: Schneider/Theobald (Hrsg.) Recht der Energiewirtschaft. Praxishandbuch, 5. Auflage, §1 RdNr. 162.

⁴¹ Legislative Train Schedule, [https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/package-fit-for-55/file-revision-of-the-eu-emission-trading-system-\(ets\)](https://www.europarl.europa.eu/legislative-train/package-fit-for-55/file-revision-of-the-eu-emission-trading-system-(ets)).

⁴² Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das durch Artikel 18a des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist.

⁴³ Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG für den Sektor Gebäude, BMWK/BMWSB, 13.07.2022, <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/S-T/220713-bmwk-bmwsb-sofortprogramm.html>.

2.2 Wärmenetze

Förderrahmen für Verteilnetze (über KWKG)

Der EU-Rahmen für Fördermaßnahmen in Bezug auf Fernwärme- und Fernkältenetze ist in Kapitel 2.1 geschildert, weshalb im Folgenden nur der nationale Förderrahmen behandelt wird. Gemäß KWKG werden der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen mit mind. 75% Wärme aus KWK oder mit mind. 75% aus einer Kombination aus KWK, EE oder Abwärme gefördert. Die Förderung erfolgt über einen Zuschuss zur Investition, der 40% der Investition beträgt. Die Förderung beträgt 30%, wenn mind. 50% der Wärme aus einer Kombination aus KWK, EE oder Abwärme erzeugt wird bei Inbetriebnahme bis zum 31.12.2022. Der Zuschlag je Projekt ist auf max. 20 Mio. € begrenzt (§ 19 Abs. 1 i. V. m. §18 Abs. 1 Nr. 2 KWKG). Die Förderung kann nur in Anspruch genommen werden, wenn das neue oder ausgebaute Wärmenetz bis zum 31.12.2026 in Betrieb genommen wird (§ 18 Abs. 1 Nr. 1 a) aa)). Für eine verabschiedete Verlängerung bis zum 31.12.2029 (§ 18 Abs. 1 Nr. 1 a) aa)) steht die beihilferechtliche Genehmigung durch die Kommission noch aus. Für die Förderung nach § 18f KWKG wird vorausgesetzt, dass mind. 10% der transportierten Wärme in KWK-Anlagen erzeugt wird (§ 18 Abs. 2 KWKG). Somit sind Wärmenetze ohne KWK nach § 18 KWKG nicht förderfähig.

Bei der Antragstellung nach § 18 KWKG muss dargelegt werden, dass der beantragte Investitionszuschlag für die Wirtschaftlichkeit des Vorhabens erforderlich ist (§ 20 Abs. 1 Nr. 2). Allerdings wird im Merkblatt⁴⁴ des BAFA klargestellt, dass die Finanzierungslücke zwar vorliegen muss, aber deren tatsächliche Größe für die Höhe des Investitionszuschlags nicht relevant ist, da dieser gesetzlich festgelegt ist.

Netzanschlusskosten

Gemäß der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme⁴⁵ (AVBFernwärmeV) kann das Fernwärmeversorgungsunternehmen bis zu 70% seiner Investitionskosten für das Wärmenetz über Baukostenzuschüsse auf die Anschlussnehmer (bzw. Wärmekunden) umlegen. Die Kostenverteilung auf die einzelnen Anschlussnehmer wird nach der Anschlussleistung vorgenommen (§ 9 AVBFernwärmeV).

Anschluss- und Benutzungszwang

Nach § 109 GEG können Gemeinden einen sog. Anschluss- und Benutzungszwang für öffentliche Fernwärme- oder Fernkältenetze einführen, soweit dies im Landesrecht vorgesehen ist und dem Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes dient. Entsprechende Vorschriften finden sich in den Gemeindeordnungen aller 16 Bundesländer (Schweikardt et al. 2012). Allerdings erfolgt die Regelung auf kommunaler Ebene durch Erlass einer entsprechenden Satzung stets nach Abwägung der Vor- und Nachteile eines verbindlichen Fernwärmeanschlusses (AGFW 2021).

In der Literatur wird die Tendenz erkannt, dass der Anschluss- und Benutzungszwang in den alten Bundesländern primär im Neubau und in den neuen Bundesländern für Bestandsgebäude bzw. bei Heizungsmodernisierungen genutzt wird (Maaß et al. 2015). Als typische Fälle für die Einführung eines Anschluss- und Benutzungszwanges werden Ballungsräume, Großstädte und andere dichtbesiedelte Gebiete erwähnt. Aus der Sicht eines Fernwärmeversorgers erhöht der Benutzungszwang die Investitionssicherheit.

⁴⁴ Merkblatt zur Darlegung der Finanzierungslücke für Wärme- und Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher nach §§ 20, 24 KWKG unter Anwendung des Arbeitsblattes AGFW FW 704, BAFA, Stand 20.12.2021, S. 6.

⁴⁵ Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme vom 20. Juni 1980 (BGBl. I S. 742), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2022 (BGBl. I S. 1134) geändert worden ist.

2.3 Wärmelieferung

Preisanpassung

Die AVBFernwärmeV setzt einen umfassenden Rahmen für Wärmeversorgungsverträge, soweit es sich um Versorgung mit Fernwärme zu allgemeinen, vorformulierten Bedingungen handelt. Davon ausgenommen ist die Wärmebelieferung von Industriekunden. Die Preisgestaltung für die Fernwärme ist über Vorgaben zu Preisänderungsklauseln geregelt. Diese dürfen nur so ausgestaltet sein, dass sie sowohl die Kostenentwicklung bei Erzeugung und Bereitstellung der Fernwärme durch das Unternehmen als auch die jeweiligen Verhältnisse auf dem Wärmemarkt angemessen berücksichtigen (§ 24 AVBFernwärmeV) (Schweikardt et al. 2012).

Im Rahmen der aktuellen diskutierten Novelle der AVBFernwärmeV wird insbesondere eine neue Regelung vorgeschlagen, die es bei einem Energieträgerwechsel in einem Fernwärmenetz dem Wärmeversorger ermöglichen soll die Preisberechnungsfaktoren an den neuen Energieträger anzupassen (§ 24a AVBFernwärmeV-Entwurf⁴⁶). Allerdings ist die Vorschrift auf die Fälle beschränkt, wo der Energieträgerwechsel "aufgrund gesetzlicher Vorgaben oder im Hinblick auf gesetzliche Vorgaben" erfolgt. Dies könnte eine Umstellung bestehender Anlagen auf GWP erleichtern.

Kartellrechtliche Preisaufsicht

Da ein Fernwärmeversorgungsunternehmen i. d. R. auf dem sachlich und räumlich relevanten Markt als marktbeherrschend gilt, unterliegen die Wärmepreise der kartellrechtlichen Preiskontrolle nach § 19 Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen⁴⁷ (GWB). Dabei wird überprüft, ob die geforderten Entgelte und sonstige Geschäftsbedingungen denjenigen entsprechen, die sich bei wirksamem Wettbewerb einstellen würden. Bei der Analyse werden insb. vergleichbare Märkte mit wirksamem Wettbewerb herangezogen (Vergleichsmarktkonzept). Die gerichtliche Billigkeitskontrolle der Fernwärmepreise nach § 315 Bürgerliche Gesetzbuch⁴⁸ (BGB) scheidet nach Ansicht des Bundesgerichtshofs (BGH) aus.⁴⁹

Für marktbeherrschende Anbieter von Strom und Gas gelten ergänzend sektorspezifische Regelungen in § 29 GWB. Danach wird neben dem Vergleichsmarktkonzept ein Gewinnbegrenzungskonzept eingeführt: Die geforderten Entgelte dürfen die Kosten nicht in unangemessener Weise überschreiten. Im Rahmen des Osterpakets wird nun die verschärfte kartellrechtliche Preismissbrauchsaufsicht auf den Bereich Fernwärme erweitert um Fernwärmekunden stärken zu schützen.

Preisbegrenzung nach Mietrecht bei Umstellung auf Wärme-Contracting

Bei dem Anschluss von Mietwohngebäuden an Fernwärmenetze sind Bestimmungen im Mietrecht zu Umlagefähigkeit von Modernisierungskosten auf Mieter zu beachten. Zu Modernisierungsmaßnahmen zählen auch solche baulichen Veränderungen, bei denen die nicht erneuerbare Primärenergie nachhaltig eingespart oder das Klima nachhaltig geschützt wird (§ 555b Nr. 2 BGB). Dies ist bei einer Fernwärmeversorgung sowohl aus GWP als auch aus KWK-Anlagen der Fall. Solche

⁴⁶ Referentenentwurf des BMWK. Verordnung zur Änderung der Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme, https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/verordnung-zur-aenderung-der-verordnung-uber-allgemeine-bedingun-gen-fur-die-versorgung-mit-fernwaerme.pdf?__blob=publication-file&v=6

⁴⁷ Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Juni 2013 (BGBl. I S. 1750, 3245), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 19. Juli 2022 (BGBl. I S. 1214) geändert worden ist.

⁴⁸ Bürgerliches Gesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. Januar 2002 (BGBl. I S. 42, 2909; 2003 I S. 738), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 7. November 2022 (BGBl. I S. 1982) geändert worden ist.

⁴⁹ Siehe Begründung im BGH Urteil vom 17.10.2012 – VIII ZR 292/11.

Modernisierungskosten sind nicht nach § 559 BGB Abs. 1 umlagefähig. Zum Vergleich können die Kosten von Maßnahmen, durch die Endenergie eingespart wird, auf Mieter umgelegt werden, indem die Jahresmiete um 8% der Kosten erhöht wird (§ 559 BGB Abs. 1 i. V. m. § 555b Nr. 2 BGB). Diese Regelung wurde in der Literatur als ein Hemmnis für die Umstellung von Bestandgebäuden auf Fernwärme identifiziert (Engelmann et al. 2021).

Preisbremsen für Gas, Fernwärme und Strom

Die seit Ende 2021 massiven Preissteigerungen von Erdgas im Zusammenhang mit dem Ukrainekrieg führen zu einem starken Anstieg der Energiekosten. Vor diesem Hintergrund wurde durch das Erdgas-Wärme-Preisbremsengesetz⁵⁰ (EWPBG) eine Begrenzung des Endkundenpreises für Erdgas (sog. Gaspreisbremse) und auch eine Preisbremse für Fernwärme eingeführt. Im Zeitraum vom 01.03.2023 bis 31.12.2023 (sowie ggf. rückwirkend ab dem 01.01.2023) werden Fernwärmekunden für Entnahmestellen mit einem Jahresverbrauch bis 1,5 GWh entlastet (vgl. § 11 Abs. 1 Nr. 3 u. 4 EWPBG).⁵¹ Dabei wird der Wärmepreis für 80% ihres Fernwärmeverbrauchs auf 9,5 ct/kWh einschließlich staatlich veranlasster Preisbestandteile und Umsatzsteuer gedeckelt (§ 16 Abs. 3 Nr. 1 i. V. m. § 17 Abs. 1 Nr. 1 EWPBG). Abweichend davon wird der Wärmepreis für Kunden, die mit Wärme in Form von Dampf versorgt werden, für 70% des Fernwärmeverbrauchs auf 9 ct/kWh vor staatlich veranlassten Preisbestandteilen begrenzt (§ 14 Abs. 2 i. V. m. § 16 Abs. 3 Nr. 3 u. § 17 Abs. 1 Nr. 3 EWPBG). Sonstige Wärmekunden beziehen 70% ihres Wärmeverbrauchs zu einem Höchstpreis von 7,5 ct/kWh vor staatlich veranlassten Preisbestandteilen (§ 14 Abs. 1 i. V. m. § 16 Abs. 3 Nr. 2 u. § 17 Abs. 1 Nr. 2 EWPBG). Für die restlichen 20% bzw. 30% der verbrauchten Wärmemenge gilt der reguläre Marktpreis. Die Differenz zum Marktpreis wird den Lieferanten aus dem Bundeshaushalt erstattet. Bei der Preisentlastung wird nicht nach dem eingesetzten Energieträger unterschieden.

Die ebenfalls eingeführte Gaspreisbremse ist primär für den Betrieb von (dezentralen) Gasheizungen von Bedeutung. Analog zur Fernwärmepreisbremse, werden Letztverbraucher für Entnahmestellen mit einem Jahresverbrauch von bis zu 1,5 GWh entlastet.⁵¹ Der Gaspreis ist für 80% des Jahresverbrauchs auf 12 ct/kWh einschließlich Netzentgelten, Messstellenentgelten, staatlich veranlassten Preisbestandteilen und Umsatzsteuer begrenzt (§ 3 Abs. 1 S.3 i. V. m. § 9 Abs. 3 Nr. 1 u. § 10 Abs. 1 Nr. 1 EWPBG). Die Preisbremse gilt auch für weitere Erdgasverbraucher, wobei der Gasbezug für den kommerziellen Betrieb von Strom- und Wärmeerzeugungsanlagen hiervon grundsätzlich ausgenommen ist, außer bei KWK-Anlagen (§ 7 Abs. 1 EWPBG). Die Entlastung für den Erdgasbezug von KWK-Anlagen kann geltend gemacht werden, sofern es sich um die Nutzwärmeerzeugung zur Verwendung für eigene Zwecke handelt (§ 7 Abs. 2 S. 3 EWPBG) (Dümke et al. 2023). Der Referenzpreis gilt für 70% des Jahresverbrauchs (bezogen auf Kalenderjahr 2021) und beträgt 7 ct/kWh vor Netzentgelten, Messstellenentgelten, staatlichen veranlassten Preisbestandteilen und Umsatzsteuer (§ 9 Abs. 3 Nr. 2 i. V. m. § 10 Abs. 1 Nr. 3 EWPBG).

Zugleich ergibt sich aus dem Strompreisbremsengesetz⁵² (StromPBG) eine Preisbegrenzung für Stromletztverbraucher im Zeitraum von 01.01.2023 bis 31.12.2023. Für GWP sind Regelungen für Netzentnahmestellen mit einem Jahresverbrauch ab 30.000 kWh einschlägig. Hierfür wird der Strompreis für 70% des Stromverbrauchs (bezogen auf den Verbrauch im Kalenderjahr 2021) auf 13 ct/kWh vor Netzentgelten, Messstellenentgelten und staatlich veranlassten Preisbestandteilen einschließlich der Umsatzsteuer begrenzt (§ 5 Abs. 2 Nr. 2 i. V. m. § 6 Abs. 2 b) aa) StromPBG).

⁵⁰ Gesetz zur Einführung von Preisbremsen für leitungsgebundenes Erdgas und Wärme (Erdgas-Wärme-Preisbremsengesetz – EWPBG) vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2560).

⁵¹ Die Entlastung gilt für den Wärmebezug im Zusammenhang mit Wohnraumvermietung oder als Wohnungseigentümergeinschaft sowie Pflege-, Rehabilitations- und weitere, im Gesetz benannte soziale Einrichtungen.

⁵² Gesetz zur Einführung einer Strompreisbremse (StromPBG) vom 20. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2512).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die für 2023 eingeführten Preisbremsen sowohl Fernwärme als auch GWP kosten- bzw. erlösseitig tangieren, wobei deren jeweilige spezifische Auswirkung in diesem Bericht nicht weiter betrachtet wird.

3 Literaturanalyse zu ausgewählten politischen Maßnahmen

In diesem Kapitel erfolgt eine qualitative Analyse von Rahmenbedingungen für GWP und Fernwärme entlang ausgewählter politischer Maßnahmen:

- Umsetzung Kohleausstiegsgesetz (Kapitel 3.1),
- Reform von Abgaben, Umlagen, Steuern (Kapitel 3.2),
- Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (Kapitel 3.3),
- Förderrahmen für Fernwärmenetze und GWP (Kapitel 3.4).

Grundlage für die Auswahl der Maßnahmen ist ihre besondere Relevanz für GWP und Fernwärme sowie ihre Rolle für eine erfolgreiche Marktdurchdringung von GWP.

Tabelle 1 zeigt Metadaten der Literaturanalyse je Schwerpunkt. Insgesamt wurden 49 passende Publikationen mit einem Zeithorizont von 2015 bis 2023 einbezogen. Anhang A listet alle Publikationen mit Autor, Titel, Veröffentlichungsjahr, Link und einer Kurzbeschreibung, auf.

Tabelle 1: Metadaten der Literaturanalyse

Schwerpunkt	Anzahl ⁵³	Zeitraumen	Sprachen
Kohleausstieg	8	2017 - 2022	Deutsch, Englisch
Abgaben, Umlagen, Steuern	12	2019 - 2023	Deutsch, Englisch
KWKG	19	2015 - 2022	Deutsch
Förderprogramme	17	2017 - 2022	Deutsch

3.1 Umsetzung Kohleausstiegsgesetz

Der Kohleausstieg ist maßgeblich im Kohleverstromungsbeendigungsgesetz⁵⁴ (KVBG) geregelt und sieht einen Ausstieg bis 2038 vor. Im KVBG sind die großen Braunkohleanlagen und ihre endgültigen Stilllegungszeitpunkte einzeln aufgeführt. In Deutschland gibt es drei Braunkohlereviere: im Rheinland, in der Lausitz und in Mitteldeutschland. Die dortigen Großkraftwerke sollen Schritt für Schritt stillgelegt werden. Zum Teil sollen die Anlagen vor der endgültigen Stilllegung vorübergehend in die zeitlich gestreckte Stilllegung überführt werden. Zur Stilllegung bzw. Reduzierung der Verstromung von Steinkohleanlagen und kleinen Braunkohleanlagen werden Ausschreibungen durchgeführt. Das Ausschreibungsvolumen ist im KVBG vorgegeben.⁵⁵

Die Stilllegung der Kohlekraftwerke ist für die Fernwärme mit Herausforderungen und zugleich Chancen verbunden, da eine Vielzahl an Kraftwerken sowohl zur Strom- als auch zur Wärmeerzeugung genutzt werden. Im Jahr 2018 wurden an mehr als 45 Standorten Steinkohlekraftwerke und an mehr als 10 Standorten Braunkohlekraftwerke in Deutschland gleichzeitig zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt (Fritz und Pehnt 2019). Die Nettowärmeerzeugung der Kohle-KWK betrug im Jahr 2016 rund 50 TWh, wobei in Steinkohlekraftwerken 31 TWh Wärme

⁵³ Mehrere Publikationen sind mehr als einem Schwerpunkt zugeordnet.

⁵⁴ Kohleverstromungsbeendigungsgesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1818), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Dezember 2022 (BGBl. I S. 2479) geändert worden ist.

⁵⁵ Weitere Informationen unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Kohleausstieg/start.html> und <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Wirtschaft/kohleausstieg-und-strukturwandel.html>

ausgekoppelt wurde und in Braunkohlekraftwerken 18 TWh (Fritz und Pehnt 2019). Abbildung 1 lokalisiert die Stein- und Braunkohlekraftwerksstandorte inklusive ausgekoppelter Wärmemenge.

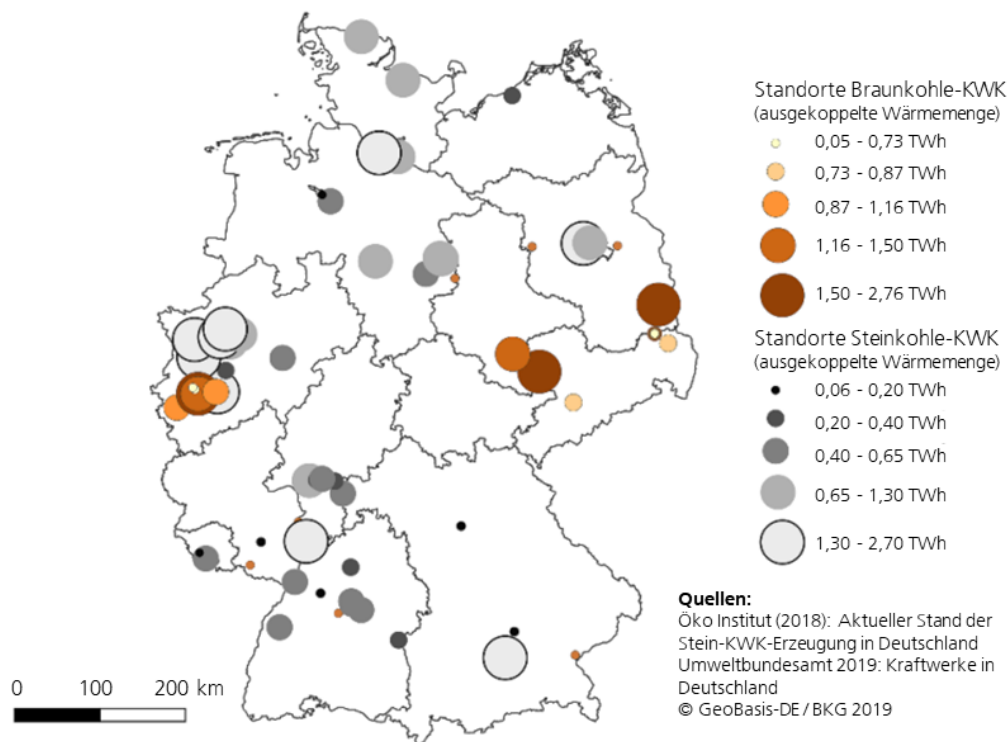


Abbildung 1: Kohlekraftwerksstandorte in Deutschland inklusive ausgekoppelter Wärmemenge (Fritz, Pehnt 2019)

Eine Vielzahl an Fernwärmenetzen steht damit vor großen Herausforderungen, die mit der Umstellung ihre Erzeugungskapazitäten einhergehen. Die Herausforderungen der einzelnen Netze hängen dabei stark von den Abnehmerstrukturen, der Topologie des Netzes und weitere vorhandener Erzeugungskapazitäten ab (vgl. Fritz und Pehnt 2019).

Fritz und Pehnt (2019) betonen, dass eine reine Substitution der Kohlekraftwerke durch große Gaskapazitäten vermieden werden sollte. Laut Egerer et al. (2022) müssten dagegen Gaskraftwerke zugebaut werden, insbesondere bei einem vorgezogenen Kohleausstieg bis 2030. Nach Egerer et al. (2022) sollten Erzeugungstechnologien zugebaut werden die neben Erdgas auch mit Wasserstoff betrieben werden können. Demgegenüber sehen Szenarioanalysen, insbesondere die Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland (Langfristszenarien 3), lediglich einen begrenzten Beitrag von Wasserstoff in der Fernwärmeerzeugung, da der begrenzt verfügbare Wasserstoff in anderen Sektoren benötigt wird (vgl. BMWK 2022). Laut den Langfristszenarien 3 sind GWP die wichtigste Erzeugungstechnologie der zukünftigen Fernwärme mit den höchsten Kapazitäten und Erzeugungsmengen (BMWK 2022). Weitere mögliche Quellen sind unter anderem (industrielle) Abwärme, Biomasse, Solarthermie sowie Geothermie. Demnach können Kohlekraftwerke durch verschiedene Erzeugungstechnologien ersetzt werden. Welche Wärmequellen und Technologien zur Substitution in Betracht kommen sind dabei je Kohlekraftwerk bzw. je Standort unterschiedlich und in erster Linie abhängig von den lokal verfügbaren Potentialen. Darüber hinaus spielt die Netzinfrastruktur eine entscheidende Rolle. Eine effiziente Einbindung der alternativen Erzeugungstechnologien ist in viele Fällen erst durch das Absenken des Temperaturniveaus in den Netzen möglich (Fritz und Pehnt 2019).

Die Potential- und Standortanalysen von Fritz und Pehnt (2019) zeigen, dass 40 bis 50% der Wärme aus den Kohlekraftwerke durch industrielle Abwärme und EE substituiert werden können. Die Analyse berücksichtigt dabei nicht die Potentiale aus Solarthermie, Elektroheizern oder weitere

Wärmequellen für GWP, wie beispielsweise Flusswasser, Rauchgaskondensation oder oberflächennahe Geothermie. Bei niedrigeren Netztemperaturen könnten diese Potentiale effizient in die Wärmenetze eingebunden werden, wodurch ein noch höherer Anteil der Wärme aus den Kohlekraftwerken mit EE substituiert werden könnte.

Um den Herausforderungen zu begegnen und die Fernwärme zukunftssicher zu gestalten ist eine langfristig angelegte Wärmepolitik mit verlässlichem Rechtsrahmen wesentlich. In der Literatur werden im Kontext Wärmepolitik und Kohleausstieg eine Vielzahl an politischen Maßnahmen diskutiert (Pietroni et al. 2017; Ritzau et al. 2019; Fritz und Pehnt 2019; Egerer et al. 2022). Diese reichen von einer Einzelförderung speziell für GWP, einer systemischen Förderung für ganze Fernwärmenetze, einer CO₂-Bepreisung und/oder einer Einführung von CO₂-Grenzwerte bzw. EE-Quote bis hin zur Ausgestaltung eines Rechtsrahmens für einen Drittzugang zu Fernwärmenetzen.

3.2 Reform von Abgaben, Umlagen, Steuern

Zentral für die Wettbewerbsfähigkeit von GWP ist das Steuern-, Abgaben- und Umlagensystem sowie die CO₂-Bepreisung, welche zu einer Verteuerung der Energieträger zusätzlich zum Marktpreis führt (vgl. Kapitel 2). Die unterschiedlichen Energieträger werden in sehr unterschiedlicher Höhe und mit unterschiedlichen Arten von staatlich veranlassten Preisbestandteilen belastet (vgl. George et al. 2020, Kellner et al. 2022, Kattelman et al. 2022, Held et al. 2023).

Die heutige Struktur von Steuern, Entgelten, Abgaben und Umlagen im Energiebereich ist historisch gewachsen. Neben einer Vielzahl von Preiskomponenten zeichnet sich das heutige System durch eine Vielzahl von Befreiungs- und Entlastungstatbeständen aus. Das System wird dabei durch verschiedene Gesetze und Regularien, wie z.B. dem Energiesteuergesetz (EnergieStG), Stromsteuergesetz (StromStG) und Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bestimmt (vgl. Kapitel 2). Darüber hinaus setzen die europäischen Mindeststeuersätze gemäß der Energie- und Stromsteuererrichtlinie Grenzen für die nationale Steuerpolitik. Die relevanten Steuern-, Abgaben- und Umlagen für GWP und als Vergleich für erdgasbetriebene Anlagen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Überblick über Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen (in 2022)

Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen	Strom für GWP	Erdgas für Heizwerke und KWK-Anlagen
Netzentgelte Strom und Gas ⁵⁶	2,06 ct/kWh	1,33 ct/kWh
EEG-Umlage ⁵⁷	3,72 ct/kWh bzw. 0,00 ct/kWh	-
Konzessionsabgabe ⁵⁸	0,11 ct/kWh	0,00 ct/kWh
CO ₂ -Preis (national oder EU ETS) ⁵⁹	-	ca. 0,50 ct/kWh
Strom- und Energiesteuer ⁶⁰	2,05 ct/kWh	0,55 ct/kWh
Andere Umlagen ⁶¹	0,72 ct/kWh	-

⁵⁶ BNetzA und Bundeskartellamt 2022, Monitoringbericht 2021

⁵⁷ Wegfall der EEG-Umlage ab 30.06.2022.

⁵⁸ Reduzierung der Konzessionsabgabe Strom (auf 0,11 ct/kWh) für Sondervertragskunden ab 30.000 kWh Jahresverbrauch (§ 2 Abs. 3 Nr. 1 i. V. m. § 1 Nr. 4 KAV) sowie Reduzierung Konzessionsabgabe Gas (auf 0 ct/kWh) für Sondervertragskunden mit einem Jahresverbrauch ab 5.000.000 kWh (§ 2 Abs. 5 Nr. 1 KAV).

⁵⁹ Strompreisen enthalten CO₂-Preis für Strom aus nicht EE.

⁶⁰ Bei der Energiesteuer ist eine Befreiung für hocheffiziente KWK-Anlagen vorgesehen sofern ein Monats- oder Jahresnutzungsgrad von mind. 70% erreicht wird (§ 53a Abs. 6 EnergieStG).

⁶¹ Ab dem 01.01.2023 entfallen die KWKG- und die Offshore-Netzumlage für Wärmepumpen. Somit sinken die anderen Umlagen für Strom auf 0,07 ct/kWh.

Tabelle 2 zeigt, dass Erdgas bezogen auf den Energieeinsatz einen Wettbewerbsvorteil gegenüber Strom in GWP hat. Für Strom in GWP liegt die Stromsteuer bei 2,05 ct/kWh, für Erdgas liegt die Energiesteuer und CO₂-Bepreisung in Summe jedoch nur bei 1,05 ct/kWh (in 2022) (vgl. Tabelle 2). Darüber hinaus liegen die Netzentgelte für Strom in GWP bei ca. 2 ct/kWh und für Erdgas lediglich bei 1,33 ct/kWh (in 2022).

Abbildung 2 zeigt, dass der Wettbewerbsvorteil von Erdgas im Vergleich zu Strom in GWP bezogen auf die Nutzenergie (bei entsprechend hoher Jahresarbeitszahl⁶²) verlorengeht. Demnach hat die Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen in 2021/2022 (insb. die Abschaffung der EEG-Umlage, vgl. Kapitel 2) bereits eine positive Wirkung auf die Wirtschaftlichkeit von GWP.

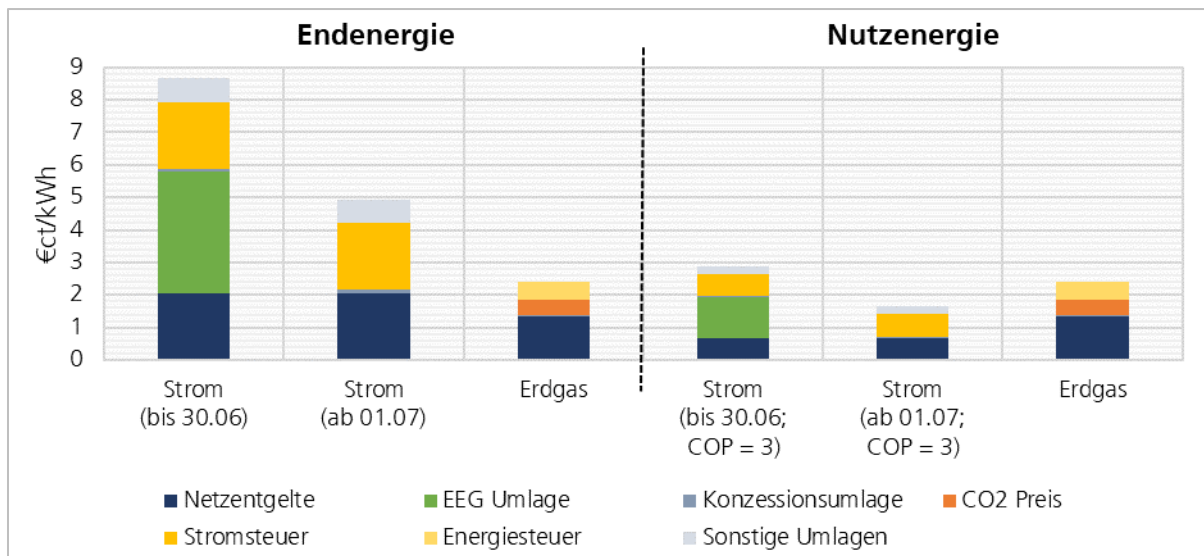


Abbildung 2: Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen in 2022 für Strom in GWP und Erdgas in Heizwerken bezogen auf Endenergie und Nutzenergie (COP = Coefficient of Performance bzw. Jahresarbeitszahl)

Eine systematische Reform der staatlich induzierten Preisbestandteile wird dennoch weiter diskutiert. George et al. (2020) sowie Held et al. (2023) betonen dass bei der Reform die Sozialverträglichkeit des Systems sowie die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie sichergestellt sein muss. Zudem sollte die Finanzierung der Ausgaben zur Förderung EE im Stromsektor sowie der Netzausgaben weiterhin gewährleistet sein.

3.3 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Dieses Kapitel befasst sich mit den wesentlichen Inhalten des KWKG seit 2016 und den nachfolgenden Änderungen sowie deren Einfluss auf Fernwärmenetze und GWP. Das KWKG 2016 unterscheidet zwischen der Förderung neuer, modernisierter, nachgerüsteter Anlagen und der Förderung bestehender Anlagen. Als modernisierte Anlagen werden KWK-Anlagen definiert, die nach der Modernisierung eine Effizienzsteigerung aufweisen und deren Modernisierungskosten mindestens 25% (Teilmodernisierung) der Kosten einer neuen Anlage mit gleicher Leistung betragen. Als Voraussetzung für die Förderung sind die Betreiber von KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von mehr als 100 kW verpflichtet, den erzeugten Strom direkt zu vermarkten. KWK-Förderung gilt nicht für den Eigenverbrauch. Neu gebaute Steinkohle- und Braunkohle-KWK-Anlagen werden nicht subventioniert (vgl. Kapitel 3.1. Kohleausstieg).

⁶² engl. Annual Coefficient of Performance, COP

Mit der Novelle des KWKG im Jahre 2016 wurde das Ziel verfolgt, die KWK-Nettostromerzeugung bis 2020 auf 110 TWh/a zu erhöhen. Die Bilanzgrenzen von KWK-Anlagen werden in der Literatur unterschiedlich definiert. Je nach Bilanzgrenze sind Abweichungen in der Angabe der Höhe der KWK-Stromerzeugung zu beobachten. Trotz der Unterschiede bei der Bilanzgrenze wurde dieses Ziel (110 TWh/a) bereits 2016 erreicht (Baten et al. 2017).

Bestehende KWK-Anlagen, die mit gasförmigen Brennstoffen betrieben werden und nach dem EEG oder KWKG gefördert werden, waren bis zum 31. Dezember 2019 förderfähig, wenn sie vor dem 1. Januar 2016 in Betrieb genommen wurden (Günther 2017). Zur Höhe- und Dauer von Fördersätzen im KWKG 2016 wird auf die Literatur verwiesen (insb. Kachel 2016). Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die Förderung für KWK-Anlagen (im Bestand) nach dem KWKG 2016.

Tabelle 3: Übersicht über Förderung für KWK-Anlagen (im Bestand) nach dem KWKG 2016

Förderfähige Anlage	Bestehende KWK-Anlagen	Neue, modernisierte und nachgerüstete KWK-Anlagen			
Förderbestandteile	Einspeisung in ein Netz der allgemeinen Versorgung	Einspeisung in ein Netz der allgemeinen Versorgung	Dezentrale Nutzung (ohne weitere Voraussetzungen)	Dezentrale Nutzung Stromkostenintensiven Unternehmen	Dezentrale Nutzung insbesondere bei Contracting
Förderhöhe für den KWK-Leistungsanteil (Strom)					
Bis 50 kW	-	8,0 ct/kWh	4,0 ct/kWh	5,41 ct/kWh	4,0 ct/kWh
Von 50 kW bis 100 kW	-	6,0 ct/kWh	3,0 ct/kWh	4,0 ct/kWh	3,0 ct/kWh
Von 100 kW bis 200 kW	-	5,0 ct/kWh	-	4,0 ct/kWh	2,0 ct/kWh
Von 250 kW bis 2 MW	-	4,4 ct/kWh	-	2,4 ct/kWh	1,5 ct/kWh
Ab 2 MW	1,5 ct/kWh	3,1 ct/kWh	-	1,8 ct/kWh	1,0 ct/kWh
ETS-Bonus	-	0,3 ct/kWh	0,3 ct/kWh	0,3 ct/kWh	0,3 ct/kWh
Kohleumstellungs-Bonus	-	0,6 ct/kWh	-	-	-
Förderdauer	16.000 Vbh ⁶³ , wobei ab dem Jahr 2017 jährlich mindestens 4.000 Vbh angerechnet werden	60.000 Vbh bei neuen KWK-Anlagen bis 50 kW 30.000 Vbh bei neuen KWK-Anlagen ab 50 kW 30.000 oder 15.000 Vbh bei <i>modernisierten</i> KWK-Anlagen abhängig vom Zeitpunkt der Modernisierung 30.000, 15.000 oder 10.000 Vbh bei <i>nachgerüsteten</i> KWK-Anlagen abhängig von den Kosten der Nachrüstung			

Zum 1. Januar 2017 wurde das KWKG 2016 erneut novelliert. Durch die Novellierung des KWKG 2016 hat das zu diesem Zeitpunkt noch nicht in Kraft getretene EEG 2017 zahlreiche Änderungen erfahren. Zu den wichtigsten Änderungen in dieser Novelle gehören die Einführung von Ausschreibungen für KWK-Anlagen im Leistungsbereich zwischen 1 MW und 50 MW sowie eine komplette Neuregelung der Begrenzung der KWKG-Umlage für privilegierte Letztverbraucher. Betreiber von KWK-Anlagen müssen seit dem 01.01.2017 nach § 8a KWKG 2016 an Ausschreibungen teilnehmen. In der neuen Fassung ist die Förderung bestimmter KWK-Anlagen damit von der erfolgreichen Teilnahme an einer Ausschreibung abhängig. Es wird zwischen zwei Ausschreibungen unterschieden: (i) Ausschreibungen für KWK-Anlagen sowie (ii) Ausschreibungen für innovative KWK-Systeme (iKWK).

⁶³ Vollbenutzungsstunden

Grundsätzlich sind iKWK-Systeme definiert als "besonders energieeffiziente und treibhausgas-arme Systeme, in denen KWK-Anlagen in Verbindung mit hohen Anteilen von Wärme aus EE oder aus dem gereinigten Wasser von Kläranlagen KWK-Strom und Wärme bedarfsgerecht erzeugen oder umwandeln" (§ 2 Abs 9a KWKG 2020). Ein iKWK-System muss aus drei Komponenten bestehen: einer neuen oder modernisierten KWK-Anlage, einem fabrikneuen, innovativen erneuerbaren Wärmeerzeuger und einem rein elektrischen Wärmeerzeuger. Diese drei Komponenten müssen wärmeseitig verbunden sein und gemeinsam gesteuert werden können. Die Anlagengröße (Wärmeleistung, jährliche Ausnutzungsdauer) ist so zu wählen, dass die innovative erneuerbare Wärmetechnik bezogen auf die Dimensionierung im Auslegungszustand mit dem iKWK-System pro Kalenderjahr mindestens 30% der Referenzwärme als innovative erneuerbare Wärme bereitstellen kann.

Solarthermie, Geothermie oder strombetriebene sowie biomethanbetriebene GWP können den innovativen Systemteil darstellen. An die innovativen erneuerbaren Wärmeerzeuger werden dabei Mindesteffizienzanforderungen gestellt. So muss die innovative Wärmetechnik eine Jahresarbeitszahl von mindestens 1,25 erreichen, um als Teil eines förderfähigen iKWK-Systems zu gelten. Darüber hinaus dürfen Wärmepumpen in iKWK Systemen nur natürliche Wärmequellen nutzen und keine Abwärme (Fuckerer 2016; Faßbender und Riggert 2017).

Die Förderung für iKWK-Systeme erfolgt im Ausschreibungsverfahren. An der Ausschreibung können sich Betreiber neuer und modernisierter KWK-Anlagen im Leistungsbereich zwischen 1 MW_{el} und 50 MW_{el} beteiligen. Die nachgerüsteten KWK-Anlagen sind von der Förderung ausgenommen. Die Modernisierungskosten müssen 50% der fiktiven Neubaukosten betragen.

Gemäß KWKG 2020 erhöht sich der Zuschlag für KWK-Strom nach § 7 Absatz 1 oder nach § 8a in Verbindung mit der KWK-Ausschreibungsverordnung ab dem 1. Januar 2020 pro Kalenderjahr für KWK-Anlagen in iKWK-Systemen mit einer elektrischen Leistung von mehr als 10 MW abhängig von dem Anteil innovativer erneuerbarer Wärme an der Referenzwärme, die die Komponente zur Bereitstellung innovativer erneuerbarer Wärme des iKWK-Systems in einem Kalenderjahr in das Wärmenetz einspeist, in das auch die KWK-Anlage die erzeugte Nutzwärme einspeist oder in ein hiermit über einen Wärmetauscher oder sonst hydraulisch verbundenes, weiteres Wärmenetz oder Teilnetz (§7a KWKG 2016). Besteht kein unmittelbarer oder mittelbarer Anschluss des iKWK-Systems an ein Wärmenetz, ist eine anderweitige Wärmebereitstellung der innovativen erneuerbaren Wärme für Raumheizung, Warmwasserbereitung, Kälteerzeugung oder Prozesswärme der Einspeisung in ein Wärmenetz gleichzustellen. Der Zuschlag, bezogen auf den von der KWK erzeugten Strom, sowie der Anteil an erneuerbarer Wärme sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Übersicht über den Bonus für innovative erneuerbare Wärme nach KWKG 2020

Zuschlag (KWK-Strom)	Anteil innovativer erneuerbarer Wärme an der Referenzwärme
0,4 ct/kWh	Min. 5%
0,8 ct/kWh	Min. 10%
1,2 ct/kWh	Min. 15%
1,8 ct/kWh	Min. 20%
2,3 ct/kWh	Min. 25%
3,0 ct/kWh	Min. 30%
3,8 ct/kWh	Min. 35%
4,7 ct/kWh	Min. 40%
5,7 ct/kWh	Min. 45%
7,0 ct/kWh	Min. 50%

Die Ausschreibungsergebnissen der KWK und iKWK Ausschreibungen werden auf der Webseite der BNetzA veröffentlicht.⁶⁴ In der letzten iKWK Ausschreibungsrunde Anfang Dezember 2022 wurden mehrere Gebote mit GWP bezuschlagt. Beispielsweise haben die Stadtwerke Bad Salzungen mehrere Zuschläge für iKWK-Anlagen mit GWP, die als Wärmequelle Abwasser nutzen, erhalten.⁶⁵

Mit elektrischen Wärmeerzeuger (Power-to-Heat, PtH) lässt sich überschüssiger Strom in Wärme umwandeln und somit ein Beitrag zur Integration von EE in Fernwärmenetze leisten. Wann überschüssiger Strom vorliegt, wird in der Rechtsordnung nicht definiert. Kosten für Netzentgelte, EEG-Umlage und Stromsteuer sowie weitere Kostenbestandteile bei Strombezug durch Wärmeerzeuger können daher grundsätzlich anfallen (vgl. Kapitel 3.2). "Der Rechtsrahmen berücksichtigt PtH-Technologien nur punktuell, speziell auf PtH zugeschnittene Regelungen existieren nicht (Doderer et al. 2018)" (Grosse et al. 2020). Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass in der vorliegenden Literatur (siehe Anhang A) keine Hinweise auf geplante Änderungen im KWKG vorliegen, die eine Auswirkung auf den Einsatz von GWP hätten.⁶⁶

3.4 Förderrahmen für Fernwärmenetze und Großwärmepumpen

Laut mehreren Studien ist für den Fernwärmeausbau und die Dekarbonisierung der Fernwärme eine Förderung der Netzinfrastruktur sowie verschiedener Technologien zur Erzeugung von Wärme aus EE und Abwärme (insb. GWP) notwendig (vgl. insb. Schneller et al. 2018). Durch die Analyse nationaler Energieszenarien konnte gezeigt werden, dass Fernwärme in Deutschland ohne einen angemessenen Förderrahmen kaum gegenüber der dezentralen Versorgung durch Gaskessel konkurrenzfähig ist (Schneller et al. 2018). Für den geplanten Kohleausstieg (vgl. Kapitel 3.1) bestehen besondere Herausforderungen, welche einen verlässlichen regulatorischen Rahmens für die Wärmewende erfordern (Egerer et al. 2022).

Bezüglich der Förderung von Fernwärme fehlte in den vergangenen Jahren insbesondere ein zuverlässiger Rahmen für die Netzplanung. Für den gezielten Wärmenetzausbau sind stabile Förder Voraussetzungen erforderlich (Schneller et al. 2018). Durch bisherigen Analysen konnte weiterhin festgestellt werden, dass sich GWP zu einer zentralen Technologie in der Fernwärmeversorgung entwickeln können, wobei eine frühe Marktintegration erforderlich ist (vgl. insb. BMWK 2022). Im Folgenden wird eine Übersicht über die aktuelle Förderung von GWP sowie Fernwärme gegeben. Darauf aufbauend erfolgt eine vertiefte Beschreibung der neuen Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW). Weiterhin bestehenden Hemmnisse werden diskutiert.

Übersicht über Förderprogramme

In Tabelle 5 sind zunächst die Förderprogramme auf Bundesebene, welche unter anderem GWP fördern, dargestellt. Hierbei werden die Programme unterteilt nach der Förderung von Forschung und Entwicklung (FuEul), von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen, sowie von direkter Investitionsförderung. Es zeigt sich, dass neben der BEW ein Förderprogramm in der Industrie

⁶⁴ Die Ausschreibungszuschläge sollten grundsätzlich nicht pauschalisiert werden. Ergebnisse unter: <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/KWK/KWK1122022/start.html> und <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Ausschreibungen/KWK/iKWK1122022/start.html>.

⁶⁵ Siehe: https://www.stwbs.de/privatkunden/unternehmen/aktuelles/artikel/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=331&cHash=88466a1ce5dc1e96ee54932b267e1529.

⁶⁶ Nach Abschluss in diesem Kapitel dargestellten historischen Übersicht wurden Änderungen des KWKG zum 01.01.2023 beschlossen. In diesen Änderungen werden GWP nicht erwähnt vgl. https://www.buzer.de/ge-setz/11872/Aenderungen_KWKG_2023_vom_01.01.2023.htm.

existiert, über welches GWP eine finanzielle Förderung erhalten können (siehe Dekarbonisierung in der Industrie). Darüber hinaus können GWP in FuEul Projekten über das 7. Energieforschungsprogramm gefördert werden. Weiterhin bestehen Fördermöglichkeiten über KfW Programme.

Tabelle 5: Übersicht über die Förderprogramme auf Bundesebene für GWP

Förderung GWP	Forschung und Entwicklung, Pilot- und Modellprojekte			Machbarkeitsstudien/ Transformationspläne			Investitionen		
	min %	max %	max €	min %	max %	max €	min %	max %	max €
BEW				k. A.	50%	2 Mio. €	k. A.	40%	100 Mio. €
Dekarbonisierung in der Industrie	25%	70%	20 Mio. €	50%	70%	20 Mio. €			
7. Energieforschungsprogramm	50%	80%	k. A.						
KfW 271/281 272/282 Erneuerbare Energien Premium							Berechnung über Anlagenkennwerte		25 Mio. €
KfW 295 Energieeffizienz in der Wirtschaft				k. A.	60%	80.000 €	k. A.	55%	10 Mio. €

Tabelle 6 zeigt eine Übersicht über Förderprogramme für Fernwärme auf Bundesebene. Die Programme sind wiederum unterteilt nach Förderung von FuEul, Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen, sowie direkte Investitionsförderung. Neben der BEW und dem 7. Energieforschungsprogramm kann wiederum eine Förderung über ein KfW Programm erfolgen.

Tabelle 6: Übersicht über die Förderprogramme auf Bundesebene für Fernwärme

Förderung Fernwärme	Forschung und Entwicklung, Pilot- und Modellprojekte			Machbarkeitsstudien/ Transformationspläne			Investitionen		
	min %	max %	max €	min %	max %	max €	min %	max %	max €
BEW					50%	2 Mio. €		40%	100 Mio. €
7. Energieforschungsprogramm	50%	80%							
KfW 271/281 272/282 Erneuerbare Energien Premium							Berechnung über Anlagenkennwerte		25 Mio. €

Zu beachten sind die Zugänglichkeit zu den Fördermitteln in Abhängigkeit des Antragstellers sowie die verschiedenen Fördervoraussetzungen hinsichtlich der Anlagentechnologie je nach Förderprogramm.

Auch auf Landesebene existieren Förderprogramme für GWP und Fernwärme. Eine kurze Beschreibung von drei ausgewählten Programmen auf Landesebene ist in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Förderprogramme auf Landesebene

Bundesland	Beschreibung Förderprogramm
Nordrhein-Westfalen	Im Bundesland Nordrhein-Westfalen werden Technologien mit erneuerbarer Energieversorgung durch das Programmpaket "progres.nrw" gefördert. Zwei der enthaltenen Programme fördern die leitungsgebundene Wärmeversorgung. Im Programmbereich Klimaschutztechnik werden Netze mit bis zu einer Fördersumme von 100.000 € mit bis zu 25 % gefördert. Der Programmbereich "Wärme- und Kältenetze" fördert Versorgungsnetze ab einer Förderhöhe von 100.000 € und je nach Fördergegenstand einer Förderquote von bis zu 65 %. Gefördert werden kann dabei jedoch maximal die Wirtschaftlichkeitslücke, welche durch einen Wirtschaftsprüfer nachgewiesen werden muss. Förderfähig sind je nach Förderpaket Kosten für Studien, Rohrnetzleitungen, Wärmeerzeuger und Hausübergabestationen bzw. dezentrale Wärmepumpen (Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie; Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie).
Baden-Württemberg	Durch das Integrierte Energie- und Klimaschutzkonzept (IEKK) werden im Bundesland Baden-Württemberg unter Anderem Wärmeversorgungstechnologien gefördert. Die Förderrichtlinie legt einen Schwerpunkt auf die Finanzierung von Wärmenetzen. Der Fördergegenstand bezieht sich auf fachlich-konzeptionelle Arbeiten, wie Machbarkeitsstudien sowie auf Arbeiten im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit. Die Förderhöhe beträgt maximal 90 % der förderfähigen Kosten bzw. 90.000 € (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg).
Hamburg	Das Programmpaket "Erneuerbare Wärme" fördert verschiedene Wärmeversorgungstechnologien in Hamburg, einschließlich Wärmepumpen, die Erschließung von Wärmequellen, Wärmeverteilnetze und Wärmespeicher. Die Förderhöhe für Wärmeverteilnetze beträgt maximal 80 % der Investitionskosten, wobei maximal die Wirtschaftlichkeitslücke gefördert wird. Bezüglich der Förderung von Wärmepumpen ist die Förderhöhe abhängig von den Anlagenkennwerten. Für Wärmepumpen mit einer Wärmeleistung von mehr als 500 kW wird die Bezuschussung individuell festgelegt (Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB Hamburg)).

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze

Das wohl relevanteste Förderprogramm für Fernwärme und GWP ist die neue BEW, die seit dem 15.09.2022 in Kraft ist. Mit der BEW fördert die Bundesregierung den Neubau von Wärmenetzen mit mindestens 75% Wärmeeinspeisung aus EE und Abwärme, die Erweiterung und Verdichtung sowie die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze. Bei der BEW handelt es sich um die Anschlussförderung des Förderprogramms "Modellvorhaben Wärmenetzsysteme 4.0", welches ein Programm zur Förderung innovativer Wärmenetze mit einer Vorlauftemperatur von bis zu 95 °C darstellte (BMW i 2019). Das ehemalige Förderprogramm wurde durch das Inkrafttreten der BEW ausgebaut, um einen nachhaltigen Förderrahmen für Wärmenetze zu ermöglichen (Schneller et al. 2018). Insbesondere wurde das Programm mit einem Modul zur Förderung von Betriebskosten von ausgewählten Wärmeerzeugern erweitert. Dies ist durch die fehlende Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer Wärmeerzeuger in großen Leistungsbereichen gegenüber fossilen Technologien begründet.

Die neue BEW ist nun in vier Module mit verschiedenen Schwerpunkten unterteilt (BMW i 2022). Modul 1 umfasst die Finanzierung zur Erstellung von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen für die Wärmenetzplanung mit einer Förderquote von 50%. Für die Studien bestehen spezifische Anforderungen, welche in der Förderrichtlinie dargelegt werden. Beispielsweise wird eine Ist-Analyse des Wärmenetzes für die Förderung von Transformationsplänen sowie eine Auflistung bereits untersuchter erneuerbarer Potentiale vorausgesetzt.

Aufbauend auf der Förderung der Netzplanung handelt es sich bei Modul 2 um eine systemische Förderung zur Umsetzung von Gesamtsystemen, wobei sowohl der Neubau von Wärmenetzen als auch die Transformation von Bestandsnetzen förderfähig ist. Voraussetzung für die Förderung

unter Modul 2 ist die Vorlage einer Machbarkeitsstudie oder eines Transformationsplans gemäß den Anforderungen unter Modul 1. Die Förderquote für Modul 2 beträgt 40%. Um die direkte Umsetzung einzelner Systemkomponenten zur Erhöhung des Einspeiseanteils aus erneuerbaren Energien und Abwärme zu finanzieren, werden unter Modul 3, unabhängig von der Erstellung eines Transformationsplans, Einzelmaßnahmen für Bestandsnetze mit einer maximalen Förderquote von 40% gefördert (BMWi 2022). Für GWP sowie für Solarthermieranlagen wird im Rahmen der BEW der Anlagenbetrieb für die ersten 10 Betriebsjahre gefördert (Modul 4; Betriebskostenförderung). Die Höhe der Förderung richtet sich nach den spezifischen Betriebskennwerten der jeweiligen Anlage sowie der jährlich erzeugten Wärmemenge (BMWi 2022).

Die maximale Förderhöhe richtet sich unter den Modulen 2 bis 4 neben dem Förderhöchstsatz nach der Höhe der Wirtschaftlichkeitslücke (BMWi 2022). Bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeitslücke werden Investitionen sowie die erwarteten Einnahmen berücksichtigt. Das BAFA hat für die Berechnung der Wirtschaftlichkeitslücke ein Berechnungstool (Excel-Tool) zu Verfügung gestellt, welches auf der Informationsseite zur BEW heruntergeladen werden kann.⁶⁷ Eine Übersicht über die BEW ist, differenziert nach Modulen, in Tabelle 8 gegeben.

Tabelle 8: Übersicht über die Module der BEW

Modul	Fördergegenstand	Art und Umfang
1	Erstellung von Transformationsplänen bzw. Machbarkeitsstudien	• Nicht rückzahlbarer Zuschuss zu den Kosten • 50% der förderfähigen Kosten • maximale Fördersumme beträgt 2 Mio € pro Antrag
2	Systemische Förderung für Neubau von Wärmenetzen mit mindestens 75% EE und Abwärme sowie Transformation von Bestandsnetzen	• Investitionszuschuss für Investitionen in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur • 40% der förderfähigen Ausgaben • maximale Fördersumme beträgt 100 Mio € pro Antrag • Antragsteller muss Wirtschaftlichkeitslückenberechnung darlegen • Förderung ist auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt • Voraussetzung ist Vorlage einer Machbarkeitsstudie bzw. eines Transformationsplans nach den Anforderungen unter Modul 1
3	Umsetzung von Einzelmaßnahmen in Bestandsnetzen	• Investitionszuschuss für Investitionen in Solarthermieranlagen, Wärmepumpen, Biomassekessel, Wärmespeicher, Rohrleitungen für den Anschluss von EE-Erzeugern und die Integration von Abwärme sowie für die Erweiterung von Wärmenetzen, Wärmeübergabestationen • 40% der förderfähigen Ausgaben • maximale Fördersumme beträgt 100 Mio € pro Antrag • Antragsteller muss Wirtschaftlichkeitslückenberechnung darlegen • Förderung ist auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt • Unabhängig von Transformationsplan oder parallel zu bestehendem Transformationsplan förderfähig
4	Betriebskostenförderung	• Betriebskostenförderung für Erzeugung von erneuerbaren Wärmemengen aus Solarthermieranlagen sowie aus strombetriebenen Wärmepumpen • Förderhöhe abhängig von den Anlagenkennwerten der Wärmeerzeugung • Auszahlung auf Basis von Kalenderjahren • Fördervoraussetzung ist, dass durch das BEW gefördert wurde (d. h. durch Modul 2 oder Modul 3)

Abbildung 3 zeigt den Prozess und zeitlichen Rahmen von Antragstellung bis zur Ausführung der Fördermodule der BEW. Unterschieden wird zwischen dem vollständigen Neubau, der Transformation von Bestandsnetzen sowie der Umsetzung von Einzelmaßnahmen. Bei der Umsetzung von Einzelmaßnahmen ist zu beachten, dass diese parallel zu einem bestehenden Transformationsplan

⁶⁷ BAFA, Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), https://www.bafa.de/SharedDocs/Downloads/DE/Energie/bew_formular_wlb_m3.xlsx;jsessionid=2AA47DBAD36FCCF497D715317FDB7644.2_cid371?__blob=publicationFile&v=2

oder ohne Transformationsplan beantragt werden können. Dauert der Neubau oder die Transformation des Wärmenetzes länger als vier Jahre, sind unter Modul 2 Maßnahmenpakete anzugeben, welche separate Anträge erfordern (BAFA 2022).

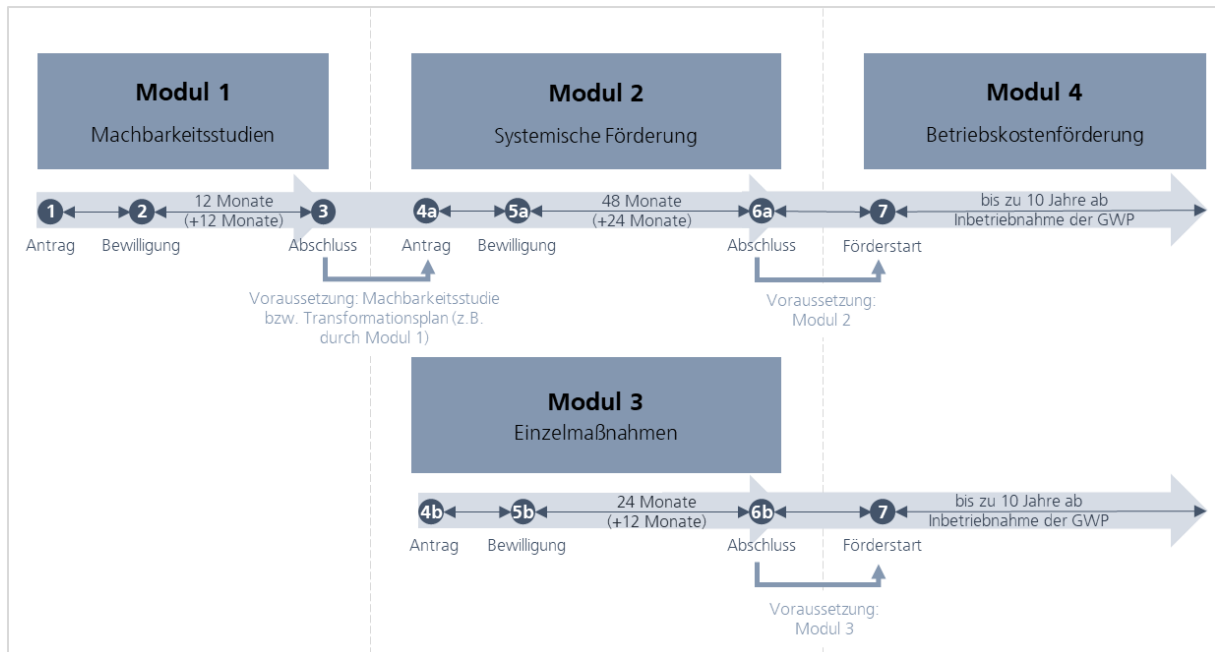


Abbildung 3: Übersicht BEW (in Anlehnung an Euroheat & Power und AGFW 2022)

Bezüglich des Fördervolumens der BEW können verschiedenen Analysen herangezogen werden. Thamling et al. (2020) identifizieren in ihrer Szenarioanalyse ein mittleres Fördervolumen für eine erneuerbare Wärmeversorgung zwischen 2021 und 2030 in Höhe von 1,8 Mrd. €/Jahr. Unter der Annahme eines Anteils von 75% für die erneuerbare Wärmeerzeugung und 25% für den Wärmenetzausbau sowie für Speicher ergibt sich für die BEW ein Förderbedarf von 1 Mrd. €/Jahr (Thamling et al. 2020). Die Analyse nach Gerhardt et al. (2021) ermittelt einen Förderbedarf in der nächsten Dekade von 3 Mrd. €/Jahr, wobei 2/3 für den Wärmenetzausbau und 1/3 für GWP veranschlagt werden. Laut dem Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. beträgt der Förderumfang der BEW ab Inkrafttreten im Jahr 2022 bis zum Jahr 2026 knapp 3 Mrd. €. Der Förderumfang der BEW liegt damit voraussichtlich unter dem ermittelten jährlichen Förderbedarf der in den Studien untersuchten Szenarien. Eine Erhöhung des Förderbudgets für die BEW ist somit zu prüfen.

Durch die BEW ist ein zuverlässiger Rahmen für langfristige Planungen für Wärmenetzprojekte entstanden (Schneller et al. 2018). Einzelne Aspekte des Förderprogramms werden jedoch kritisiert. Die BEW beinhaltet unter Modul 4 eine Betriebsförderung für GWP für 10 Jahre. Die Untersuchungen nach Gerhardt et al. (2021) zeigen, dass sich eine Nichtverlängerung dieser Betriebsprämie (nach Ablauf der 10 Jahre) mittelfristig sehr schlecht darstellt, weshalb Modul 4 in der Evaluation des Förderprogramms unbedingt besonders berücksichtigt werden sollte. Der Erfolg von GWP liegt weiterhin in den langfristig geringen Stromkosten sowie der Effizienzsteigerung. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen der steigenden Energiepreise wird die Bedeutung der Betriebskostenförderung umso deutlicher.

4 Quantitative Szenarioanalyse

In diesem Kapitel erfolgt eine quantitative Analyse der ökonomischen Rahmenbedingungen von GWP die in Fernwärmenetze einspeisen. Für die Analyse bedienen wir uns des Modells D-Impact des Fraunhofer ISI. Im Folgenden werden zunächst die Methodik sowie die wichtigsten Annahmen und Rahmendaten dargestellt (Kapitel 4.1). Darauffolgend werden die Ergebnisse der Analyse beschrieben und diskutiert (Kapitel 4.2, 4.3 und 4.4).

4.1 Rahmendaten und Annahmen

Die Auswirkungen unterschiedlicher ökonomischer Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit von GWP werden mit Hilfe eines detaillierten Kostenrechnungsmodells (D-Impact) abgeschätzt. Das Modell berechnet Energiegestehungskosten (engl. Levelised costs of Energy, LCOE) unter Berücksichtigung der zentralen Kostenfaktoren für die jeweiligen Technologien. Die ausgewiesenen spezifischen Kosten beziehen sich auf das jeweilige Jahr der Inbetriebnahme. Die Ergebnisse der Modellrechnungen werden dahingehend interpretiert, dass geringere Energiegestehungskosten zu einer höheren Wettbewerbsfähigkeit führen.

Das Modell rechnet in realen Werten für das Basisjahr 2020.⁶⁸ Es bildet die wichtigsten bestehenden Regelungen für verschiedene regulatorische Preisbestandteile ab (siehe Anhang B sowie vgl. Kapitel 3.2). Die Umsatzsteuer wird nicht im Modell abgebildet, da diese aus Perspektive gewerblicher Investoren keine Kostenwirkung aufweist. Der spezifische Endenergiepreis wird durch Addition der verbraucherspezifischen Preiskomponenten ermittelt. Diese bestehen aus den effektiven Sätzen der regulatorischen Preisbestandteile (Steuern, Abgaben und Umlagen), der marktbasiereten Preiskomponente (Strompreise, Gaspreise) und infrastrukturbezogenen Abgaben (Netzentgelte). Für die Berechnung der Technologiekosten werden Bandbreiten an Kosten angenommen, um der Unsicherheit bei den Kosten Rechnung zu tragen. Weitere Informationen zum Modell sind in George et al. (2022) und Held et al. (2023) zu finden.

In der Analyse werden vier verschiedene Technologien betrachtet.⁶⁹ Zwei unterschiedliche GWP werden beleuchtet: (1) eine GWP mit zweistufiger Kolbenmaschine, welche als Wärmequelle einen Stausee nutzt und einen Temperaturhub bis 115 K ermöglicht; (2) eine GWP mit einstufiger Turbomaschine, welche als Wärmequelle tiefe Geothermie (1000 bis 2000 m) nutzt und einen Temperaturhub bis 80 K ermöglicht. Als alternative Technologien werden ein (3) Erdgasheizwerk sowie eine mit (4) Erdgas betriebene KWK-Anlage betrachtet.

Für das Fernwärmenetz, in das die Technologien jeweils einspeisen, wurde eine Höchsttemperatur von 120°C (in den Wintermonaten) angenommen. Es wird angenommen, dass die Netztemperatur des Fernwärmenetzes mit Hilfe von Modernisierungsmaßnahmen auf Netz- und Gebäudeebene, bis 2050 auf 80°C gesenkt werden kann (gemäß eines Transformationsplans der BEW, vgl. Kapitel 3.4). Die Jahresarbeitszahl der GWP steigt demnach im Zeitverlauf (vgl. Tabelle 9 sowie Anhang B).

⁶⁸ Werte für zukünftige Preise werden dementsprechend in Euro des Jahrs 2020 angegeben.

⁶⁹ Anlagen auf Basis von Wasserstoff oder synthetischen Gasen werden nicht berücksichtigt, da diese Technologien nicht im Fokus der Analyse stehen. Held et al. (2023) zeigen zudem, dass diese Technologien deutlich höhere spezifische Kosten aufweisen.

Die technischen und ökonomischen Parameter-Annahmen für die vier Technologien sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Zusätzlich zu den dort angegebenen Erwartungswerten werden Bandbreiten für die Parametervariationen von $\pm 10\%$ angenommen. Es wird unterstellt, dass die Parameter bis 2050 konstant bleiben.

Tabelle 9: Annahmen der vier Technologien (basierend auf Danisch Energy Agency 2022)

Parameter	GWP Seewasser	GWP Geothermie ⁷⁰	Heizwerk Erdgas	KWK Erdgas
Leistung	20 MW			
Investition	1300 €/2020/kW _{Wärme} ($\pm 10\%$)	2500 €/2020/kW _{Wärme} ($\pm 10\%$)	50 €/2020/kW _{Wärme} ($\pm 10\%$)	460 €/2020/kW _{Wärme} ($\pm 10\%$)
Betriebskosten (O&M)	Fix: 0,4% der Investition; Variable: 1,7 €/2020/MWh _{Wärme} ($\pm 10\%$)	Fix: 0,4% der Investition; Variable: 4,0 €/2020/MWh _{Wärme} ($\pm 10\%$)	Fix: 4% der Investition; Variable: 0,9 €/2020/MWh _{Wärme} ($\pm 10\%$)	Fix: 4% der Investition; Variable: 1,7 €/2020/MWh _{Wärme} ($\pm 10\%$)
Jahresarbeitszahl ⁷¹ bzw. Wirkungsgrad	in 2025: 2 ($\pm 10\%$) in 2050: 3 ($\pm 10\%$)	in 2025: 3 ($\pm 10\%$) in 2050: 5 ($\pm 10\%$)	90%	90% (50% Wärme und 40% Strom)
Volllaststunden	25% des Jahres, d.h. 2190 Stunden			
Abschreibedauer ⁷²	10 Jahre			
WACC ⁷³	7%			

Die unterstellten Preise für Strom und Erdgas sind in Abbildung 4 dargestellt (analog zu Held et al. 2023).⁷⁴ Für die Erdgas-KWK-Anlage wurden Erlöse aus dem Stromverkauf in Höhe von 12 €/2020/kWh_{Strom} angenommen (Mischkalkulation aus Börsenpreisen, Förderung etc.). Weitere Annahmen für die Analyse (inkl. einer Übersicht zu Netzentgelten, Steuern, Abgaben und Umlagen) sind in Anhang B beschrieben.

⁷⁰ Unter der Annahme, dass die Temperatur der geothermischen Quelle bei etwa 40/50°C liegt. Die Investition in €/2020/kW ist inklusive Bohrkosten.

⁷¹ Die Netztemperaturen schwanken im Jahresverlauf und liegen insbesondere in den Sommermonaten unter 120°C. Da die zeitliche Auflösung der techno-ökonomischen Parameter in D-Impact auf einen Wert pro Jahr beschränkt ist, kann dies bei der Berechnung der Wärmegestehungskosten nur bedingt berücksichtigt werden. Zur Abschätzung der Jahreskosten wird daher aus der Maximaltemperatur ein einziger Wert für die Jahresarbeitszahl abgeleitet. Des Weiteren wird vereinfachend angenommen, dass jede Technologie jeweils der Hauptlieferant des Netzes ist. Es ist jedoch davon auszugehen, dass GWP in Kombination mit anderen Erzeugern insbesondere dann eingesetzt werden, wenn höhere Jahresarbeitszahlen erreicht werden können oder Strom besonders günstig ist. Diese Vereinfachungen und weitere Unsicherheiten werden durch eine Variation der Jahresarbeitszahlen von $\pm 10\%$ sowie durch einen Anstieg der Jahresarbeitszahlen über die Zeit anteilig berücksichtigt. Abschließende und exakte Aussagen zur Wirtschaftlichkeit von GWP im Vergleich zu Erdgaskesseln und KWK-Anlagen erfordern eine dynamische Energiesystems simulation, die jedoch über die Ziele des vorliegenden Berichtes hinausgeht.

⁷² Die Abschreibedauer orientiert sich an den Angaben in den AFA-Tabellen, https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Steuern/Steuerverwaltung-Steuerrecht/Betriebspruefung/AfA_Tabellen/afa_tabellen.html

⁷³ engl. Weighted Average Cost of Capital; Gewichtete durchschnittliche Kapitalkosten

⁷⁴ Da im EU-ETS das Ausmaß der Emissionen über die Erfassung der verbrannten Energieträger ermittelt wird, gilt dass die angenommenen Strompreise die CO₂-Kosten der Stromproduktion bereits beinhalten. Für Erdgas gilt dies dagegen nicht.

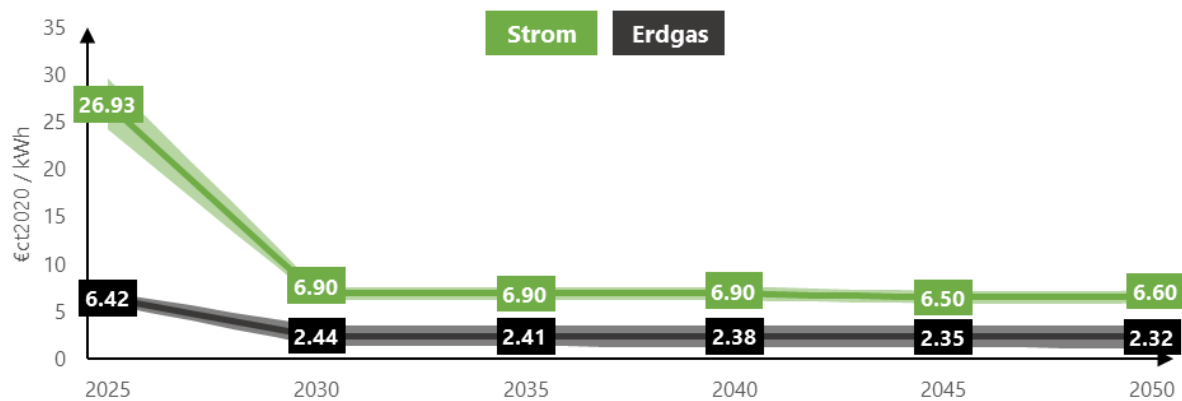


Abbildung 4: Preisentwicklungen an den Großhandelsmärkten für Strom und Erdgas⁷⁵

In der Analyse werden drei Szenarien betrachtet, die aufeinander aufbauen und verschiedene ökonomische Rahmenbedingungen für GWP skizzieren:

- **Szenario 1: Baseline**, indem kein CO₂-Preis und keine Förderung herangezogen wird.
- **Szenario 2: CO₂-Preis**, indem die Entwicklung eines niedrigen sowie eines hohen CO₂-Preises bis 2050 (im Rahmen des EU-ETS für Anlagen ab 20 MW) beleuchtet wird.
- **Szenario 3: Förderung**, indem die BEW abgebildet wird, d.h. eine Investitions- und Betriebskostenförderung für GWP angenommen wird (vgl. Kapitel 3.4). Darüber hinaus findet der CO₂-Preis Berücksichtigung.

4.2 Ergebnisse Szenario 1: Baseline

In Szenario 1 wird kein CO₂-Preis und keine Förderung herangezogen. Demnach wird die Wirtschaftlichkeit von GWP ohne staatliche Eingriffe skizziert. Das Szenario ist lediglich illustrativ. Es dient als Referenz und zum Verständnis des methodischen Vorgehens.

Die Ergebnisse von Szenario 1 sind in Abbildung 5 dargestellt. Es zeigt sich, dass beide GWP in 2025 und auch in 2050 höhere spezifische Kosten (in €/t₂₀₂₀/kWh_{Wärme}) verzeichnen als die auf Erdgas basierenden Vergleichstechnologien. Für die beiden Erdgastechnologien ergeben sich höhere Bandbreiten aufgrund der zugrundeliegenden Netzentgelte (vgl. Tabelle 10 in Anhang B), die mit besonders großen Unsicherheiten behaftet sind. Lediglich bei sehr hohen Netzentgelten und in Kombination mit sehr hohen Investitions- und Betriebskosten von Erdgasheizwerken und Erdgas-KWK-Anlagen (oberes Band) liegen die Kosten der Erdgastechnologien über denen der GWP. Das Szenario zeigt demnach, dass GWP unter den getroffenen Annahmen und sofern keine staatlichen Eingriffe erfolgen, nicht (bzw. erst sehr spät und nur bei besonders günstigen Bedingungen für GWP) wettbewerbsfähig werden könnten.

⁷⁵ Die Preisannahmen basieren auf Held et al. 2023 und George et al. 2022 bzw. BMWK 2022 (Jahresdurchschnittspreise der Langfristszenarien), BNetzA und Bundeskartellamt 2022.

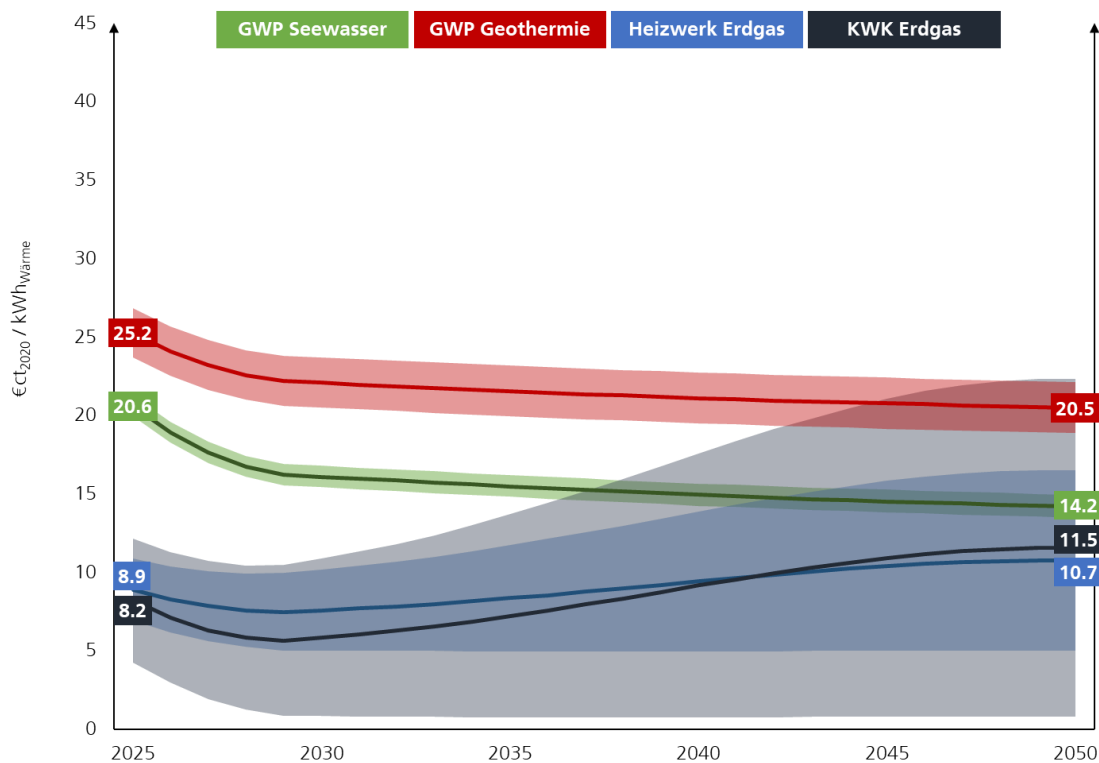


Abbildung 5: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 1: Baseline

4.3 Ergebnisse Szenario 2: CO₂-Preis

Szenario 2 baut auf Szenario 1 auf und folgt grundsätzlich den gleichen Annahmen und Rahmenbedingungen. Im Unterschied zu Szenario 1, wird in Szenario 2 ein CO₂-Preis betrachtet. Anlagen mit einer installierten Leistung ab 20 MW werden durch den EU-ETS erfasst (vgl. Kapitel 2).

Für das Szenario wurden dabei zwei unterschiedliche CO₂-Preisentwicklung angenommen: (i) Starker linearer Anstieg des CO₂-Preises von 129 €/t_{CO2} in 2025 zu 486 €/t_{CO2} in 2050; (ii) geringer linearer Anstieg des CO₂-Preises von 109 €/t_{CO2} in 2025 auf 214 €/t_{CO2} in 2050. Die Annahmen für die CO₂-Preisentwicklung orientieren sich an den Analysen zu CO₂-Preisen, die im Rahmen des Projektes Ariadne erfolgten (Pietzcker et al. 2021).

Die Ergebnisse von Szenario 2 mit höherem CO₂-Preis sind in Abbildung 6 dargestellt. Abbildung 7 zeigt die Ergebnisse bei einem niedrigeren CO₂-Preis. Beide Abbildungen zeigen, dass der CO₂-Preis zu steigenden Kosten bei den Erdgastechnologien führt.⁷⁶ Ein höherer CO₂-Preis führt dabei erwartungsgemäß zu einem höheren Kostenanstieg. Darüber hinaus ist der Anstieg bei der KWK-Anlage höher, da in der Grafik die Wärmegestehungskosten dargestellt werden. Demensprechend werden die CO₂-Kosten vollständig auf die Wärmemenge umgelegt. Gleichzeitig erzeugt die KWK-Anlage weniger Wärme als das Heizwerk, wodurch die Kosten auf eine geringere Menge umgelegt werden. Dies ist eine dem Modell geschuldete Vereinfachung. Die erzeugte Strommenge wird jedoch berücksichtigt und im Modell mit 12 €/t₂₀₂₀/kWh_{Strom} vergütet (vgl. Kapitel 4.1), welches eine Kostenallokation der steigenden CO₂-Preise auf Strom und Wärme nicht zulässt.

⁷⁶ GWP zahlen keinen CO₂-Preis, da die angenommenen Strompreise die CO₂-Kosten der Stromproduktion bereits beinhalten (vgl. Strompreisannahmen in Abbildung 4). Es wird hierbei unterstellt, dass die GWP Strom aus dem Netz der allgemeinen Versorgung beziehen.

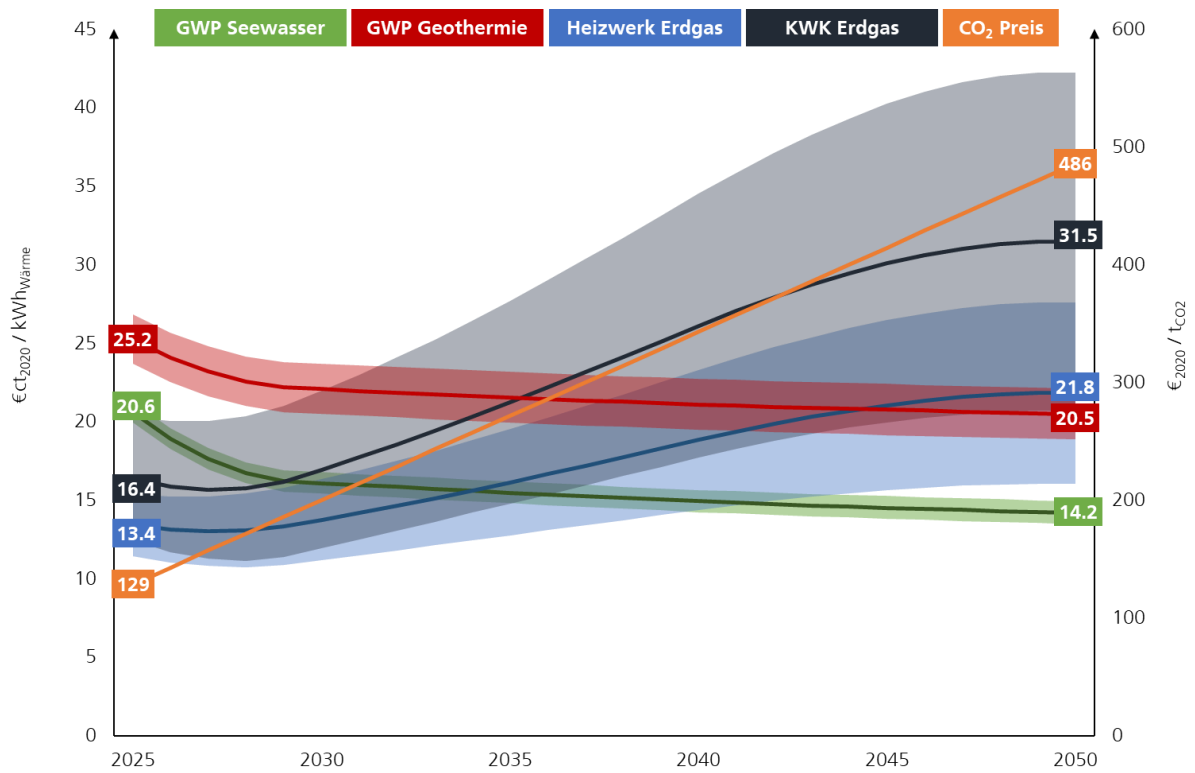


Abbildung 6: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 2.1: Hoher CO₂-Preis

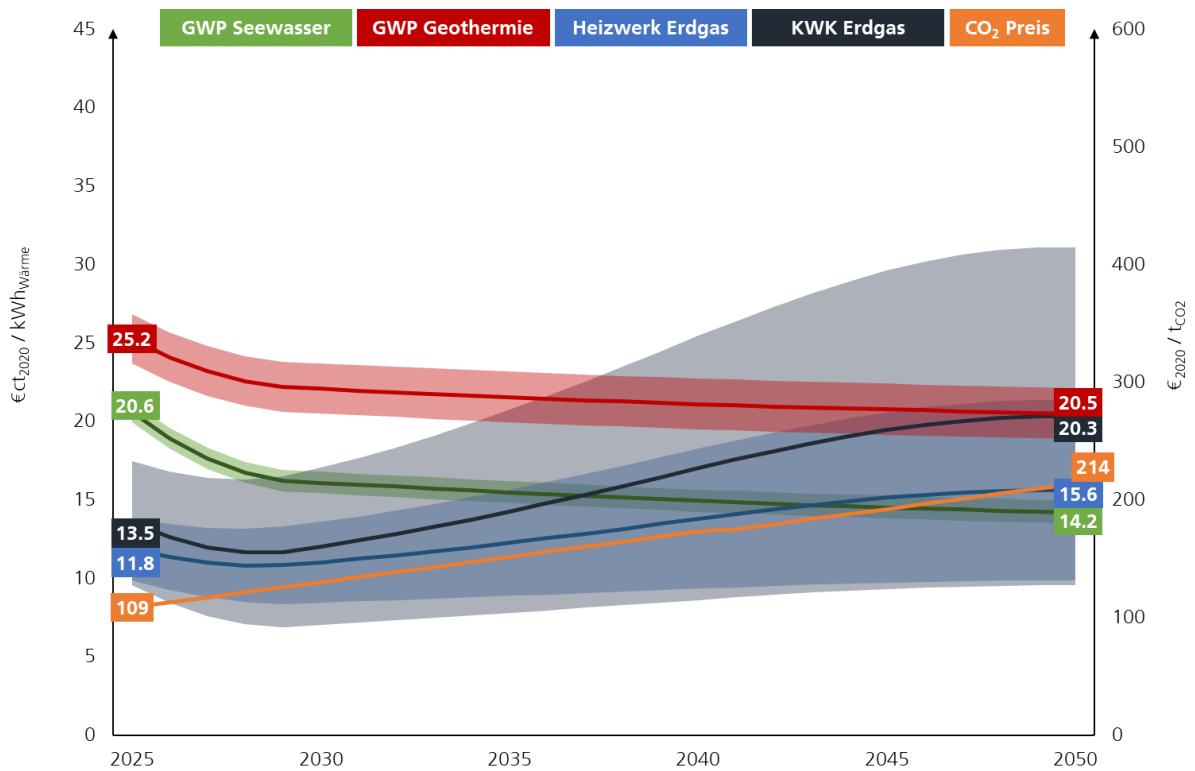


Abbildung 7: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 2.2: Niedriger CO₂-Preis

Unter den getroffenen Annahmen erreicht die Seewasser GWP bei einem starken Anstieg des CO₂-Preises im Jahr 2029 geringere Kosten als die Erdgas-KWK-Anlage und im Jahr 2034 geringere Kosten als das Erdgasheizwerk (bezogen auf mittlere Werte ohne Berücksichtigung der Bänder, vgl. Abbildung 6). Die Geothermie GWP erreicht dagegen erst 2036 bzw. 2045 geringere Kosten als die Vergleichstechnologien (vgl. mittlere Werte in Abbildung 6). Bei einer niedrigen CO₂-Preisentwicklung, liegen die Kosten der Seewasser GWP erst ab 2037 unter den Kosten der Erdgas-KWK-Anlage und erst ab 2044 unter den Kosten des Erdgasheizwerkes. Die die Kosten der Geothermie GWP liegen auch 2050 noch über den Kosten der Vergleichstechnologien (vgl. mittlerer Wert in Abbildung 7). Die Bandbreiten zeigen, dass die GWP bei besonders günstigen Rahmenbedingungen (d.h. bei besonders hohen Kosten für die Erdgastechnologien) früher wirtschaftlicher werden könnten. Bei hohem CO₂-Preis ab 2025 bzw. 2030, bei niedrigem CO₂-Preis dagegen erst ab 2029 bzw. 2036.

Zusammenfassend zeigt das CO₂-Preis Szenario, dass GWP selbst bei einem starken Anstieg des CO₂-Preises im Durchschnitt erst relativ spät geringere Wärmegestehungskosten als die Vergleichstechnologien verzeichnen und damit wettbewerbsfähig werden. Daraus lässt sich schließen, dass der CO₂-Preis nicht ausreicht, um den Bau von GWP ab 2025 marktbasiert anzureizen. Investitionen in GWP ab 2030 könnten bei entsprechender CO₂-Preisentwicklung wirtschaftlich werden, dies ist jedoch zu spät, um die Klimaziele 2030 zu erreichen.

4.4 Ergebnisse Szenario 3: Förderung

Szenario 3 baut auf Szenario 1 und 2 auf und folgt grundsätzlich den gleichen Annahmen und Rahmenbedingungen, inklusive CO₂-Preis. In Szenario 3 wird zudem eine Förderung von GWP betrachtet. Die Förderung bildet dabei die neue BEW ab (vgl. Kapitel 3.4). Demnach wird eine Investitions- und Betriebskostenförderung für GWP angenommen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Investitionsförderung der BEW auf die Wirtschaftlichkeitslücke begrenzt ist und maximal 40% der Investition förderfähig sind (vgl. Kapitel 3.4). Um dies abzubilden, werden zwei unterschiedliche Varianten dargestellt: (i) eine Investitionsförderung von 40% sowie (ii) eine Investitionsförderung von 20% bei geringerer Wirtschaftlichkeitslücke.

Die Betriebskostenförderung der BEW wird für GWP ab einer saisonalen Arbeitszahl (engl. Seasonal Coefficient of Performance, SCOP) von 2,5 ausgezahlt (vgl. Kapitel 3.4). Darüber hinaus ist die Förderhöhe (in €ct₂₀₂₀/kWh_{Strom}) abhängig vom SCOP gemäß folgender Formel:⁷⁷

$$\text{Fördersatz in } \frac{\text{ct}}{\text{kWh}_{\text{Strom}}} = 5,5 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}_{\text{Wärme}}} - \left(6,8 - \frac{17}{\text{SCOP}} \right) \cdot 0,75 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}_{\text{Wärme}}} \cdot \left(\frac{\text{SCOP}}{\text{SCOP}-1} \right)$$

In den folgenden Szenarien wurde dies entsprechend berücksichtigt. Dabei wurde vereinfachend angenommen, dass die Jahresarbeitszahl dem SCOP entspricht. Für die Seewasser GWP wurde eine Jahresarbeitszahl von 2 (±10%) in 2025 mit einem Anstieg auf 3 (±10%) bis 2050 angenommen (vgl. Tabelle 9 sowie Anhang B; entsprechend der Annahmen der Netz- und Quelleteperatur). Demnach erhält die Seewasser GWP erst ab 2028 die Betriebskostenförderung (bzw. 2032 und 2045 bei den entsprechend Bänder). Die Geothermie GWP startet in 2025 mit einer Jahresarbeitszahl von 3 (±10%) und erhält direkt die Betriebskostenförderung.

Die Ergebnisse bei 40% Investitionszuschuss und starkem CO₂-Preisanstieg sind in Abbildung 8 dargestellt. Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse bei 40% Investitionszuschuss und geringem CO₂-Preisanstieg. Abbildung 10 und Abbildung 11 zeigen die Ergebnisse bei 20% Investitionszuschuss.

⁷⁷ vgl. Richtlinie BEW; www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?1

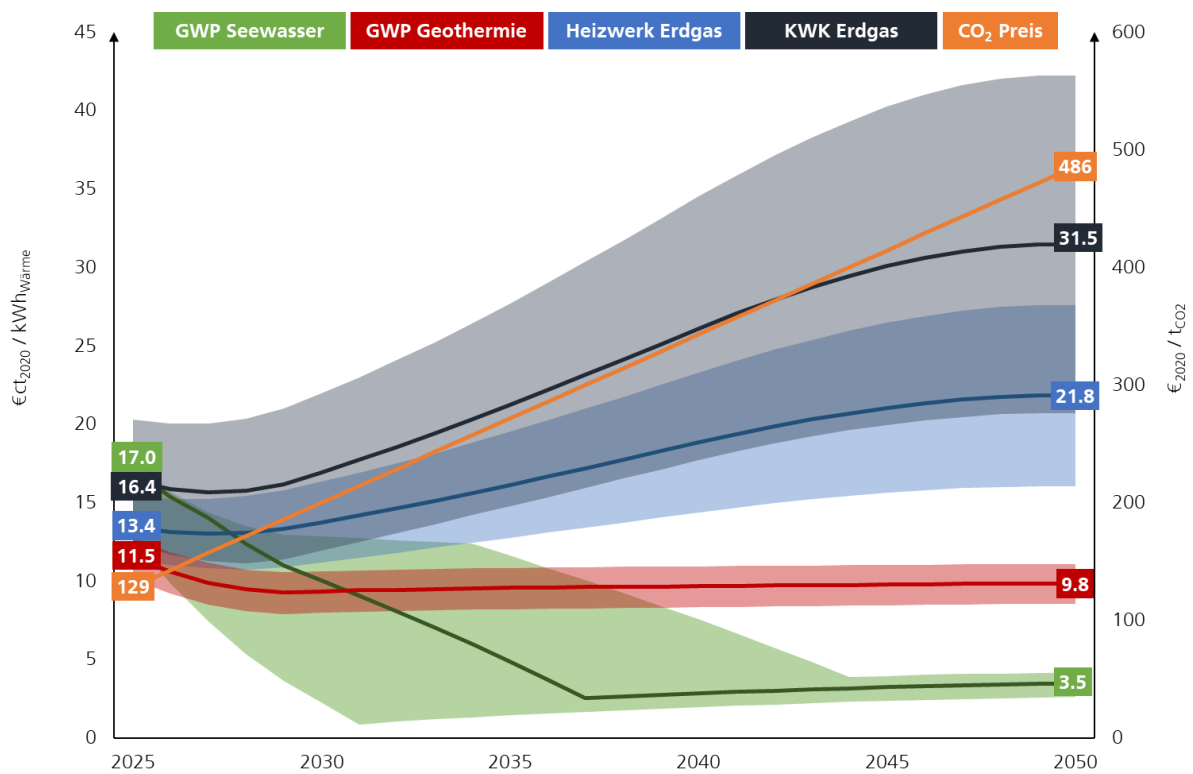


Abbildung 8: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.1: Förderung mit 40% Investitionszuschuss, hoher CO₂-Preis

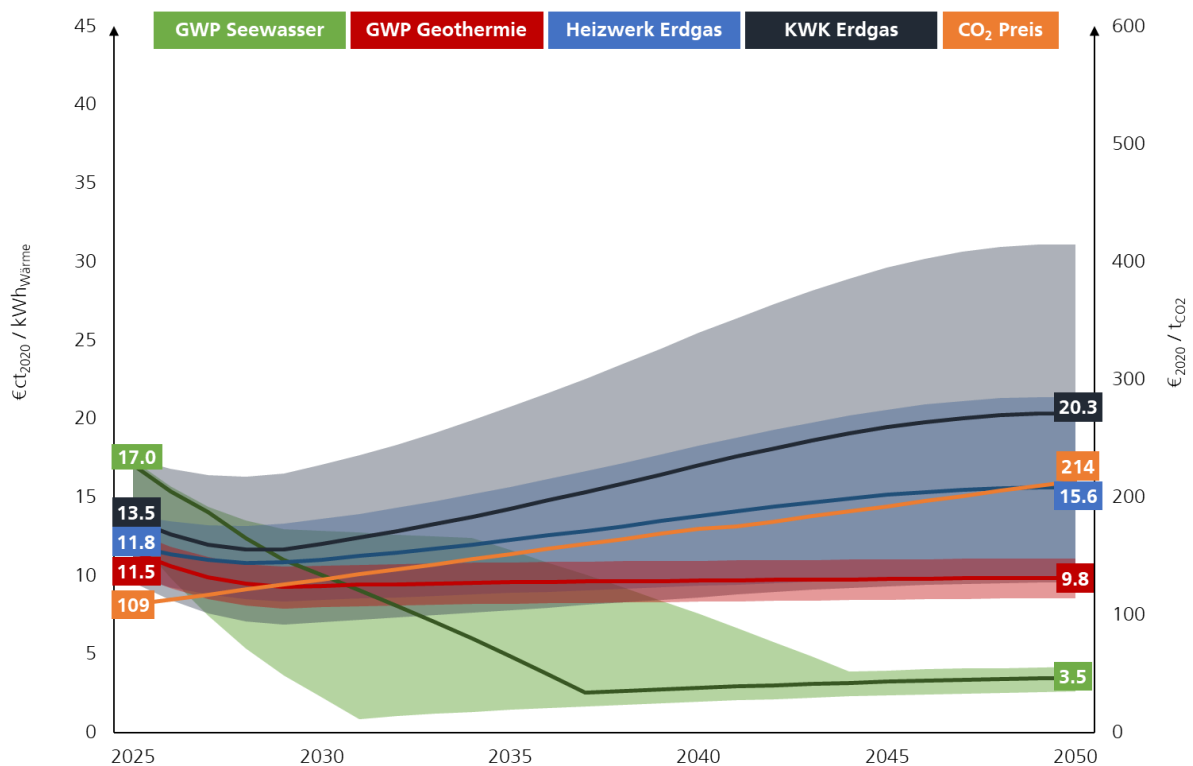


Abbildung 9: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.2: Förderung mit 40% Investitionszuschuss, niedriger CO₂-Preis

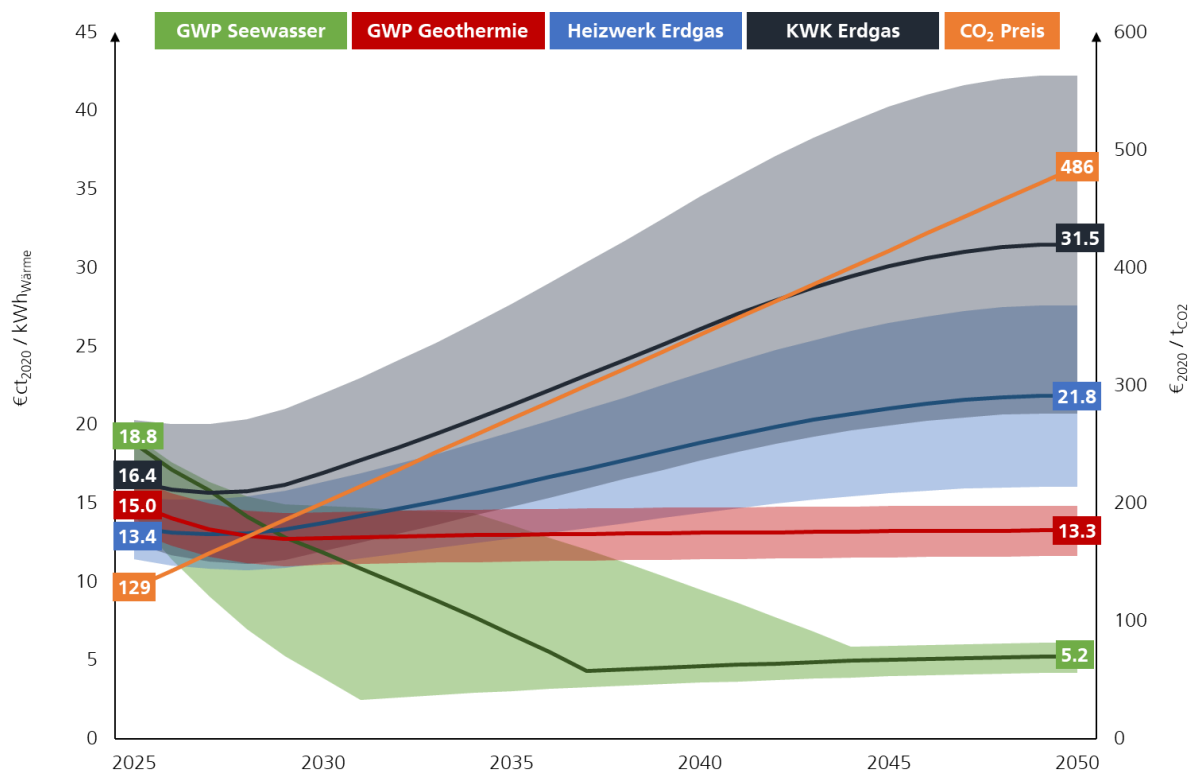


Abbildung 10: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.3: Förderung mit 20% Investitionszuschuss, hoher CO₂-Preis

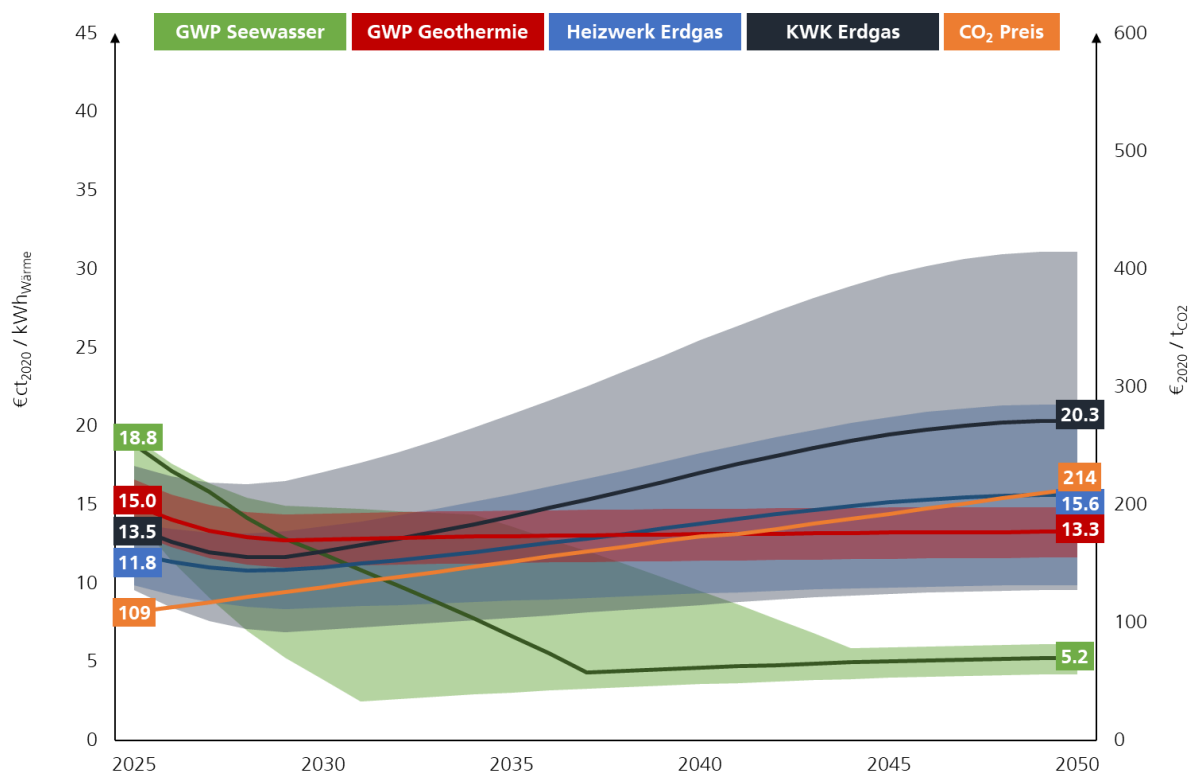


Abbildung 11: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.4: Förderung mit 20% Investitionszuschuss, niedriger CO₂-Preis

Sowohl bei 40% als auch bei 20% Investitionszuschuss, ist eine deutliche Reduktion der spezifischen Kosten bei den GWP zu verzeichnen. Bei 40% Förderung und hohem CO₂-Preis verzeichnet die Geothermie GWP bereits 2025 geringere spezifische Wärmegestehungskosten als die Erdgastechnologien (vgl. mittlere Werte in Abbildung 8 ohne Berücksichtigung der Bänder; 11,5 im vgl. zu 13,4 bzw. 16,4 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme}). Die Seewasser GWP liegt 2025 knapp über der Erdgas-KWK-Anlage (17,0 vs. 16,4 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme}). Sie erreicht kurz nach 2027 geringere Kosten als das Erdgasheizwerk (vgl. mittlere Werte in Abbildung 8). Die spätere Wettbewerbsfähigkeit der Seewasser GWP ist in der später ausgezahlten Betriebskostenförderung begründet.

Auch bei einem niedrigeren CO₂-Preis liegen die spezifischen Kosten der Geothermie GWP unterhalb der Erdgastechnologien (vgl. mittlere Werte in Abbildung 9; 11,5 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme} im vgl. zu 11,8 bzw. 13,5 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme}). Die Differenz zwischen den Technologien wird jedoch sehr gering. Die Betrachtung der Bänder zeigt zudem, dass die Geothermie GWP bei günstigen Bedingungen für die Erdgastechnologien höhere Kosten verzeichnen kann. Die Kosten der Seewasser GWP liegen bei einem geringeren CO₂-Preis erst ab 2029 unterhalb der Kosten der Vergleichstechnologien (vgl. mittlere Werte in Abbildung 9).

Bei 20% Förderung und hohem CO₂-Preis verzeichnet die Geothermie GWP in 2025 geringere spezifische Wärmegestehungskosten als die Erdgas-KWK-Anlage (15,0 vs. 16,4 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme}). Ihre Kosten liegen in 2025 jedoch über denen des Erdgasheizwerkes. Erst 2028 liegen die Kosten der Geothermie GWP unterhalb der Kosten des Erdgasheizwerkes (vgl. mittlere Werte in Abbildung 10). Die Kosten der Seewasser GWP liegen 2025 über den Kosten von beiden Erdgastechnologien (18,8 im vgl. zu 16,4 und 13,4 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme}). Erst 2027 bzw. 2029 liegen ihre Kosten unterhalb der Vergleichstechnologien. Die Betrachtung der Bänder zeigt, dass im schlechtesten Fall sogar erst 2034 geringere Kosten erreicht werden (vgl. Abbildung 10).

Bei einem niedrigeren CO₂-Preis liegen die spezifischen Kosten der Geothermie GWP in 2025 oberhalb beider Erdgastechnologien (vgl. mittlere Werte in Abbildung 11; 15,0 im vgl. zu 13,5 bzw. 11,8 €ct₂₀₂₀/kWh_{Wärme}). Erst 2032 bzw. 2038 liegen die Kosten unterhalb der Vergleichstechnologien. Die Kosten der Seewasser GWP liegen bei einem geringeren CO₂-Preis erst ab 2030 bzw. 2031 unterhalb der Kosten der Vergleichstechnologien (vgl. Abbildung 11). Die Betrachtung der Bänder zeigt wiederum, dass beide GWP im schlechtesten Fall erst spät (ab 2040) geringere spezifische Kosten erreichen.

Zusammenfassend zeigt die Betrachtung der Förderung in Szenario 3, dass GWP bei einem starken Anstieg des CO₂-Preises in 2025 wettbewerbsfähig sind, sofern diese eine hohe Jahresarbeitszahl erreichen und demnach die volle Betriebskostenförderung erhalten (vgl. Geothermie GWP). Im Fall der Seewasser GWP mit einer Jahresarbeitszahl von lediglich 2 (in 2025) wird zunächst keine Wettbewerbsfähigkeit erreicht. Bei einem geringen CO₂-Preisanstieg zeigt sich ein anderes Bild. Nur bei hoher Investitionsförderung von 40% und voller Betriebskostenförderung sind GWP in den berechneten Szenarien zeitnah (d.h. in 2025 und insbesondere vor 2030) wettbewerbsfähig.

Aus der gemeinsamen Betrachtung der Szenarien, lässt sich demnach schlussfolgern, dass eine umfassende Förderung der GWP notwendig und zielführend ist, um den Ausbau von GWP (zeitnah) anzureizen. Die Ergebnisse der Szenarioanalyse zeigen, dass die neue Förderung über die BEW einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit von GWP und damit zur Erreichung des Ziels einer klimaneutralen Wärmeversorgung leistet.

5 Zusammenfassung und Empfehlungen

Vor dem Hintergrund der gesetzten Klimaziele müssen bestehende Gas- und Kohlekraftwerke mit möglichst klimaneutralen Wärmeerzeugungstechnologien substituiert werden. Großwärmepumpen (GWP) der Megawattklasse stellen hierbei eine vielversprechende Option dar. GWP sind effiziente Wärmeerzeuger, die durch Nutzung von Umweltwärme klimaneutrale Wärme liefern, sobald der Strom vollständig treibhausgasneutral erzeugt wird. Darüber hinaus können sie im Stromsektor die Integration von Erneuerbaren Energien (EE) erhöhen. Der vorliegende Bericht beschreibt und analysiert die rechtlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen von GWP in Fernwärmenetzen in Deutschland.

Der Bericht ist in drei analytische Schwerpunkte unterteilt. In Kapitel 2 wird eine Übersicht zum aktuellen Rechtsrahmen von GWP und Fernwärme gegeben. Die Darstellung der Rechtsnormen erfolgt nach den Wertschöpfungsstufen (1) Wärmeerzeugung, (2) Wärmenetze und (3) Wärmelieferung. Die rechtswissenschaftliche Analyse zeigt auf, dass eine Vielzahl an Rechtsnormen die Rahmenbedingungen für GWP und Fernwärme mit unterschiedlicher Intensität bestimmen. Die Auswirkungen einzelner Regelungen auf Investitions- und Betriebskosten von GWP lassen sich nur durch technoökonomische Modellierung einordnen.

In Kapitel 3 erfolgt eine Literaturanalyse zu ausgewählten politischen Maßnahmen, die von besonderer Relevanz für GWP und Fernwärme sind. Folgende vier Maßnahmen werden beleuchtet:

- (1) Umsetzung Kohleausstiegsgesetz: Durch den Kohleausstieg stehen eine Vielzahl an Fernwärmenetzen vor großen Herausforderungen, die mit der Umstellung ihrer Erzeugungskapazitäten einhergehen. Die Herausforderungen der einzelnen Fernwärmenetze hängen dabei stark von den Abnehmerstrukturen, der Topologie des Netzes und weiteren vorhandenen Erzeugungskapazitäten ab. Eine langfristig angelegte Wärmepolitik mit verlässlichem Rechtsrahmen ist essentiell, um den Herausforderungen zu begegnen.
- (2) Reform von Abgaben, Umlagen, Steuern: Zentral für die Wettbewerbsfähigkeit von GWP ist das Steuern-, Abgaben- und Umlagensystem sowie die nationale und europäische CO₂-Bepreisung, welche zu einer Verteuerung der Energieträger zusätzlich zum Marktpreis führt. Die Reform der Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen in 2022 (insb. die Abschaffung der EEG-Umlage) hatte bereits eine positive Wirkung auf die Wirtschaftlichkeit von GWP, da Strom im Vergleich zu anderen Energieträgern entlastet wurde.
- (3) Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG): Das KWKG unterscheidet zwischen der Förderung neuer, modernisierter, nachgerüsteter Anlagen und der Förderung bestehender Anlagen. Zudem wird zwischen Ausschreibungen für KWK-Anlagen und Ausschreibungen für innovative KWK-Systeme (iKWK) unterschieden. Strombetriebene sowie biomethanbetriebene GWP mit einer Jahresarbeitszahl von 1,25 und eine natürliche Wärmequelle (d.h. keine Abwärme) können den innovativen Systemteil der iKWK darstellen.
- (4) Förderrahmen für Fernwärmenetze und GWP: Das wohl relevanteste Förderprogramm für Fernwärme und GWP ist die neue Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), die seit dem 15.09.2022 in Kraft ist. Mit der BEW wird zum einen der Neubau von Wärmenetzen mit mindestens 75% Wärmeeinspeisung aus EE und Abwärme und zum anderen die Erweiterung und Verdichtung sowie die Dekarbonisierung bestehender Wärmenetze gefördert. Durch die BEW ist ein zuverlässiger Rahmen für langfristige Planungen für Wärmenetzprojekte gegeben.

Einzelne Aspekte des Förderprogramms werden jedoch kritisiert, beispielsweise die Begrenzung der Betriebskostenförderung für GWP auf 10 Jahre. Unter den aktuellen Rahmenbedingungen der seit Ende 2021 steigenden Energiepreise wird die Bedeutung der Betriebskostenförderung umso deutlicher.

Aufbauend auf die Literaturanalyse erfolgt in Kapitel 4 eine quantitative Szenarioanalyse. Es werden die Auswirkungen unterschiedlicher ökonomischer Rahmenbedingungen auf die Wirtschaftlichkeit von GWP von 2025 bis 2050 mit Hilfe eines detaillierten Kostenrechnungsmodells abgeschätzt. In der Analyse werden vier verschiedene Technologien betrachtet: (1) eine Seewasser GWP, (2) eine Geothermie GWP, (3) ein Erdgasheizwerk und (4) eine Erdgas KWK-Anlage.

Es werden drei Szenarien mit verschiedenen Kombinationen von Maßnahmen, die die Wirtschaftlichkeit von GWP beeinflussen, untersucht.

- (1) Szenario 1: Baseline, in der kein CO₂-Preis und keine Förderung berücksichtigt wird. Das Szenario 1 zeigt, dass GWP ohne staatliche Eingriffe nicht bzw. erst sehr spät und nur bei besonders günstigen Bedingungen für GWP wettbewerbsfähig werden können. Das Szenario ist lediglich illustrativ. Es dient als Referenz und zum Verständnis des methodischen Vorgehens.
- (2) Szenario 2: CO₂-Preis, indem die Entwicklung eines niedrigen sowie eines hohen CO₂-Preises bis 2050 (im Rahmen des EU-ETS für Anlagen ab 20 MW) beleuchtet wird. Szenario 2 zeigt, dass GWP selbst bei einem starken Anstieg des CO₂-Preises erst spät (ca. 2030) wettbewerbsfähig werden. Bei besonders günstigen Bedingungen kann bereits 2025 Wettbewerbsfähigkeit erreicht werden. Bei besonders schlechten Bedingungen wird dagegen erst nach 2035 Wettbewerbsfähigkeit erreicht. Demnach reicht der CO₂-Preis nicht aus, um den Bau von GWP (zeitnah) marktbasiert anzureizen. Investitionen ab 2030 könnten bei entsprechender CO₂-Preisentwicklung angereizt werden, dies ist jedoch zu spät um die Klima- und Energieziele in 2030 zu erreichen.
- (3) Szenario 3: Förderung, in dem der CO₂-Preis berücksichtigt und die BEW abgebildet wird, d.h. eine Investitions- und Betriebskostenförderung für GWP angenommen wird. Szenario 3 zeigt, dass GWP bei einem starken Anstieg des CO₂-Preises in 2025 wettbewerbsfähig sind, sofern sie eine hohe Jahresarbeitszahl erreichen und demnach die volle Betriebskostenförderung erhalten. Bei einem geringen CO₂-Preisanstieg zeigt sich, dass GWP nur bei hoher Investitionsförderung von 40% und voller Betriebskostenförderung zeitnah (d.h. insbes. vor 2030) wettbewerbsfähig sind.

Die Szenarioanalyse zeigt demnach, dass eine umfassende Förderung von GWP notwendig und zielführend ist, um den Ausbau von GWP anzureizen und somit die Klimaziele 2030 und 2045 zu erreichen. Die neue Förderung über die BEW geht daher in die richtige Richtung. Sie leistet einen wesentlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit von GWP und damit zum angestrebten Markthochlauf.

Anzumerken ist, dass die Szenarioanalyse einer Reihe von Unsicherheiten unterliegt. Unter anderem haben die Strompreisannahmen einen sehr großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von GWP (vgl. Strompreisannahmen in Abbildung 4 in Kapitel 4.1). Sofern GWP flexibel am Markt agieren und zu günstigeren Preisen einkaufen, ist zu erwarten, dass sie deutlich wirtschaftlicher Wärme produzieren könnten. Dies ist vor dem Hintergrund von geringen Kosten für Endverbraucher wünschenswert.

Darüber hinaus bringt ein flexibler Betrieb von GWP auch Vorteile für das Energiesystem als Ganzes mit sich. Anreize für den flexiblen Betrieb von GWP sollten daher zukünftig ausgebaut werden. Vor dem Hintergrund der Flexibilisierung des Energiesystems kann eine strategische Planung wie die kommunale Wärmeplanung einen entscheidenden Beitrag leisten. Insbesondere beim Ersatz von KWK-Anlagen steht die Kommune auch vor der Herausforderung der Substitution der Stromerzeugung (zusätzlich zu dem erhöhten Strombedarf durch die GWP). Eine strategische Planung kann Lösungsansätze liefern, die gesamtsystemisch gedacht sind und somit Flexibilitätspotentiale nutzen.

Eine weitere wesentliche Unsicherheit in der Analyse des vorliegenden Berichts liegt in den Annahmen zu zukünftigen Netzentgelten. Insbesondere die Netzentgelte der Erdgasnetze unterliegen großen Unsicherheiten, da Abnahmemengen und Rückbaukosten nur schwer abschätzbar sind. Ein verlässlicher Rechtsrahmen zur Organisation und Koordinierung eines Ausstieges aus der Erdgasversorgung kann zur Rechts- und Investitionssicherheit und damit zur Marktdurchdringung von GWP beitragen. Bezogen auf die Netzentgelte für Erdgas und Strom ist zu klären, welche Reformen notwendig und zielführend sind. GWP sollten dabei hinsichtlich ihrer Flexibilitätspotentiale angemessen berücksichtigt werden.

Zu beachten ist darüber hinaus, dass in der Szenarioanalyse eine Abschreibedauer von 10 Jahren herangezogen wird (vgl. Kapitel 4.1). Dies ist zum einen in den üblichen Werten laut AFA-Tabellen begründet und zum anderen in der Begrenzung der Betriebskostenförderung nach BEW auf 10 Jahre (vgl. Kapitel 3.4). Erzeugungsanlagen und insbesondere Geothermiebohrungen haben in der Regel eine deutlich längere Nutzungsdauer. Sensitivitätsrechnungen mit 15 Jahren Abschreibedauer zeigen, dass die Wärmegestehungskosten aller Technologien im gleichen Verhältnis sinken, da der Kostenanteil der Investition bei einem längeren Betrachtungszeitraum abnimmt. Eine längere Förderperiode von GWP kann zu geringen Kosten für Endverbraucher und damit zu einer bezahlbaren Wärmeversorgung beitragen. Die Förderdauer von aktuell 10 Jahren sollte in der Evaluation der BEW daher überprüft werden.

Neben der Begrenzung der Förderung auf 10 Jahre ist auch der Förderanspruch auf die Betriebskostenförderung, der ab einer Jahresarbeitszahl (bzw. SCOP) von 2,5 besteht, zu diskutieren. Die Szenarioanalyse in diesem Bericht zeigt, dass die Betriebskostenförderung einen erheblichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit von GWP leistet. GWP, die die Betriebskostenförderung nicht erhalten, erreichen in der Szenarioanalyse nicht oder erst nach 2030 geringere spezifische Kosten als die Erdgasanlagen. Die Begrenzung der Jahresarbeitszahl auf 2,5 als Fördervoraussetzung reizt eine Temperaturabsenkung sowie Modernisierung und damit die Transformation bestehender Fernwärmenetze an. Dennoch kann sie ein großes Hemmnis für GWP darstellen, insbesondere wenn keine entsprechenden Wärmequellen oder alternative treibhausgasemissionsarme Erzeugungspotentiale in der Region vorhanden sind und Netztemperaturabsenkungen zunächst unrealistisch sind. Eine Aufhebung oder Anpassung des Schwellwertes für diese Fälle, durch Berücksichtigung von regionalen Potentialen und Einschränkungen, sollte daher in der Evaluation der BEW und in zukünftigen Analysen beachtet werden.

Abbildung 12 fasst die Ergebnisse des vorliegenden Berichts abschließend zusammen.

Rechts- wissen- schaftliche Darstellung	• Eine Vielzahl an Rechtsnormen bestimmen die Rahmenbedingungen für GWP und Fernwärme mit unterschiedlicher Intensität. • Die Rechtsnormen können den Wertschöpfungsstufen (1) Wärmeerzeugung, (2) Wärmenetze und (3) Wärmelieferung zugeordnet werden
Literatur- analyse	• Der Kohleausstieg stellt eine Vielzahl an Fernwärmenetze vor große Herausforderungen. • Zentral für die Wettbewerbsfähigkeit von GWP sind Steuern, Abgaben, Umlagen sowie der CO₂-Preis • GWP können den innovativen Systemteil der iKWK darstellen und über das KWKG indirekt eine Förderung erhalten. • Das relevanteste Förderprogramm für Fernwärme und GWP ist die neue BEW, die den Neubau von Wärmenetzen mit 75% EE und Abwärme und die Dekarbonisierung bestehender Netze fördert.
Szenario- analyse	• Das Szenario 1: Baseline zeigt, dass GWP ohne staatliche Eingriffe nicht bzw. erst sehr spät wettbewerbsfähig werden können. • Das Szenario 2: CO₂-Preis zeigt, dass ein CO₂-Preis nicht ausreicht, um den Bau von GWP vor 2030 marktbasiert anzureizen. • Das Szenario 3: Förderung zeigt, dass GWP in 2025 wettbewerbsfähig sein können, sofern sie die volle Förderung erhalten. Eine umfassende Förderung von GWP ist demnach notwendig und zielführend um den Ausbau von GWP anzureizen und somit die Klimaziele zu erreichen.

Abbildung 12: Übersicht über die Ergebnisse der Analysen

Literaturverzeichnis

- AGFW (Hg.) (2021): AGFW-Position Paper. General block exemption Regulation (GBER). Online verfügbar unter https://www.agfw.de/fileadmin/AGFW_News_Mediatdateien/Europa_Internationales/Stellungnahmen_und_Positionen/211208_AGFW_Position_Paper_GBER.pdf.
- Arpagaus, Cordin (2019): Hochtemperatur-Wärmepumpen. Marktübersicht, Stand der Technik und Anwendungspotenziale. Berlin, Offenbach: VDE Verlag GmbH.
- BAFA (Hg.) (2020): Entscheidungshilfe zur Wahl der beihilferechtlichen Fördergrundlage im Förderprogramm „Heizen mit erneuerbaren Energien“. Online verfügbar unter https://www.bafa.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Energie/ee_beihilferechtliche_grundlage.pdf?__blob=publicationFile&v=4#:~:text=Weiterhin%20gilt%20es%20zu%20beachten,Beihilfen%20weiter%20verringert%20werden%20muss.&text=Ein%20Unternehmen%20stellt%20im%20Jahr,Kosten%20betragen%2075.000%2C%2D%20%E2%82%AC.
- BAFA (2022): Bundesförderung für effiziente Wärmenetze: technische Anforderungen der Module 1 bis 4. Online verfügbar unter https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html, zuletzt geprüft am 12.12.2022.
- Baten, Tina; Buttermann, Hans-Goerg; Nieder, Thomas (2017): Kraft- Wärme-Kopplung 2008 bis 2016 - Einfluss der Bilanzgrenze. In: *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*. Online verfügbar unter http://eefacms.hankow.de/dokumente/baten_et_al_et_12_2017.pdf.
- BMWi (2019): Förderbekanntmachung zu den Modellvorhaben der Wärmenetzsysteme 4.0, vom 11.12.2019 2019. Online verfügbar unter <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/iWrOAbNtQ7qTa0GkMrh/content/iWrOAbNtQ7qTa0GkMrh/BAnz%20AT%2024.12.2019%20B1.pdf?inline>, zuletzt geprüft am 27.07.2022.
- BMWi (2022): Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze. BEW, vom 18.08.2022. Online verfügbar unter <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/LqynJ78mbcSrTH7IL83/content/LqynJ78mbcSrTH7IL83/BAnz%20AT%2018.08.2022%20B1.pdf?inline>, zuletzt geprüft am 13.10.2022.
- BMWK (Hg.) (2022): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland. (Langfristszenarien 3). Online verfügbar unter <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/>.
- BNetzA (Hg.) (2015): Netzentgeltsystematik Elektrizität. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Netzentgelte/Netzentgeltsystematik/Bericht_Netzentgeltsystematik_12-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=1#:~:text=Mit%20dem%20Bericht%20zur%20Netzentgeltsystematik,durch%20eine%20unabh%C3%A4ngige%20Institution%20nach.
- BNetzA; Bundeskartellamt (Hg.) (2022): Monitoringbericht 2021. Monitoringbericht gemäß § 63 Abs. 3 i.V.m. § 35 EnWG und § 48 Abs. 3 i.V.m. § 53 Abs. 3 GWB. Stand: 15. März 2022. Online verfügbar unter https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Monitoringberichte/Monitoringbericht_Energie2021.pdf?__blob=publicationFile&v=6.
- Bundesverband Erneuerbare Energien e.V.: BEW kann starten – Wichtiger erster Schritt für grüne Wärmenetze. Online verfügbar unter <https://www.presseportal.de/pm/51135/5288415>, zuletzt geprüft am 13.10.2022.
- Danisch Energy Agency (Hg.) (2022): Technology Data for Generation of Electricity and District Heating. Online verfügbar unter <https://ens.dk/en/our-services/projections-and-models/technology-data/technology-data-generation-electricity-and>.
- Dümke, Christian; Vollmer, Miriam; Dilling, Olaf (2023): Gaspreisbremse: Die rätselhafte KWK Ausnahme. Online verfügbar unter <https://recht-energisch.de/2023/02/23/gaspreisbremse-die-raetselhafte-kwk-ausnahme/>, zuletzt geprüft am 02.03.2023.

- Egerer, Jonas; Grimm, Veronika; Lang, Lukas; Pfefferer, Ulrike (2022): Kohleausstieg 2030 unter neuen Vorzeichen. Online verfügbar unter https://wirtschaftstheorie.cms.rrze.uni-erlangen.de/files/2022/07/Kurzstudie_Kohleausstieg_2030_unter_neuen_Vorzeichen.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- Engelmann, peter; Köhler, Benjamin; Meyer, Robert; Dengler, Jörg; Herkel, Sebastian; Kießling, Lea et al. (2021): Systemische Herausforderung der Wärmewende. Abschlussbericht. Hg. v. Umwelt Bundesamt.
- Euroheat & Power; AGFW (Hg.) (2022): The new Funding scheme for District Heating in Germany (BEW): a blueprint for Europe? Webinar. Online verfügbar unter <https://www.euroheat.org/static/d81511db-bd4e-4466-b0ee1b1d749b6173/10112022-The-new-Funding-Scheme.pdf>.
- Faßbender, Heiner; Riggert, Johanna (2017): Die KWK-Umlage für privilegierte Letzverbraucher nach KWKG 2016 und KWKG 2017 (Teil). In: *IR Energie, Verkehr, Abfall, Wasser*.
- Fritz, Sara; Pehnt, Martin (2019): Der Kohleausstieg und die Auswirkungen auf die betroffenen Wärmenetze. Kurzstudie. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung. Online verfügbar unter https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/190820_Kohleausstieg_und_Fernwaerme_Bericht_v06.pdf, zuletzt geprüft am 24.02.2022.
- Fuckerer, Christiane (2016): Aktuelle Informationen des Bafa zum KWK 2016 - Zulassungsverfahren für KWK Anlagen, Wärmenetze und Wärmespeicher. Hg. v. EuroHeat&Power.
- George, Jan; Held, Anne; Winkler, Jenny; Esser, Anke; Ragwitz, Mario; Maurer, Christoph et al. (2020): Auswirkungen klima- und energiepolitischer Instrumente mit Fokus auf EEG-Umlage, Stromsteuer und CO₂-Preis. Finanzierungsmechanismus für erneuerbare Energien: Einnahmen und Refinanzierungsseite. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2020/EE_Finanzierung_Refinanzierung.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- George, Jan Frederick; Müller, Viktor Paul; Winkler, Jenny; Ragwitz, Mario (2022): Is blue hydrogen a bridging technology? - The limits of a CO₂ price and the role of state-induced price components for green hydrogen production in Germany. In: *Energy Policy* 167, S. 113072. DOI: 10.1016/j.enpol.2022.113072.
- Gerhardt, Norman; Zimmermann, Britta; Ganai, Irina; Pape, Angela; Giron, Pedro; Ghosh, Debraj et al. (2021): Transformationspfade der Fernwärme in Rückkopplung mit dem Energiesystem und notwendige Rahmenbedingungen. Fraunhofer IEE. Online verfügbar unter <https://www.iee.fraunhofer.de/de/presse-infothek/Presse-Medien/Pressemitteilungen/2021/grosswaermepumpen-zur-dekarbonisierung-der-fernwaerme-.html>, zuletzt geprüft am 27.07.2022.
- Grosse, Benjamin; Werner, Yannick; Held, Denise; Selinger, Joschka; Schäfer-Stradowsky, Simon; Müller-Kirchenbauer, Joachim (2020): Bewertung regulatorischer Maßnahmen der Sektorenkopplung für den Einsatz von Power-to-Heat (4). Online verfügbar unter <https://link.springer.com/article/10.1007/s12398-020-00287-5>, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- Günther, Reinald (2017): Das KWKG und die Überarbeitung der EEG- Eigenversorgung. In: *Energie Recht*. Online verfügbar unter <https://erdigital.de/ce/das-kwkg-2017-und-die-ueberarbeitung-der-eeg-eigenversorgung/detail.html>.
- Hamburgische Investitions- und Förderbank (IFB Hamburg): Erneuerbare Wärme, vom 25.03.2022. Online verfügbar unter <https://www.ifbhh.de/api/services/document/265>, zuletzt geprüft am 13.10.2022.
- Held, Anne; Bekk, Anke; George, Jan; Marx, Alexander; Müller, Viktor; Klobasa, Marian et al. (2023): Finanzierung der Energiewende: Auswirkungen auf die Sektorkopplung und Verteilungswirkungen. (Veröffentlichung ausstehend). Hg. v. BMWK.
- Hemmert-Halswick, Maximilian; Freitag, Sina (2021): Fernwärmeversorgung durch Großwärmepumpen – Rechtliche Rahmenbedingungen. In: *Zeitschrift für Neues Energierecht*, S. 549–554.
- Kachel, Markus (2016): Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2016. Wesentliche Inhalte der Novelle. In: *Zeitschrift für das gesamte Recht der Energiewirtschaft*.

- Kattelman, Felix; Burkhardt, Alexander; Blesl, Markus; Fahl, Ulrich; Hufendiek, Kai (2022): Einfluss der CO₂-Bepreisung auf den Wärmemarkt. Online verfügbar unter <https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-einfluss-der-co2-bepreisung-auf-den-warmemarkt/>, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- Kellner, Maximilian; Roolfs, Christina; Rütten, Karolina; Bergmann, Tobias; Hirsch, Julian; Haywood, Luke et al. (2022): Entlastung der Haushalte von der CO₂-Bepreisung: Klimageld vs. Absenkung der EEG-Umlage. Online verfügbar unter <https://ariadneprojekt.de/publikation/entlastung-der-haushalte-von-der-co2-bepreisung/>, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- Kühne, Jens; Roth, Tobias (2020): Praxisleitfaden Großwärmepumpe. Online verfügbar unter <https://www.agfw-shop.de/agfw-fachliteratur/erzeugung-sektorkopplung-speicher/praxisleitfaden-grosswaermepumpen.html>, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- Maaß, Christian; Sandrock, Matthias; Schaeffer, Roland (2015): Fernwärme 3.0. Strategien für eine zukunftsorientierte Wärmepolitik. Studie im Auftrag der Bundesfraktion Bündnis 90 / Die Grünen. Hg. v. Hamburg Institut Research.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums über die Förderung von energieeffizienten Wärmenetzen (VwV energieeffiziente Wärmenetze), vom 16.05.2022. Online verfügbar unter https://www.landesrecht-bw.de/jportal/portal/t/9n4/page/bsbawueprod.psm1/screen/JWPDFScreen/filename/16_05_2022__VVBW-VVBW000011625-Gesamtvorschrift.pdf;jsessionid=5B10FF0B652510B7F22DC41472BC874C.jp90, zuletzt geprüft am 13.10.2022.
- Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem „Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen“ (progres.nrw) – Programmbereich Klimaschutztechnik (Förderrichtlinie progres.nrw – Klimaschutztechnik). progres.nrw - Klimaschutztechnik, vom 14.07.2021. Online verfügbar unter https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_de-tail_text?anw_nr=7&vd_id=19692&ver=8&val=19692&sg=0&menu=0&vd_back=N, zuletzt geprüft am 27.07.2022.
- Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie: Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem „Programm Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen (progres.nrw) – Programmbereich Wärme- und Kältenetze“ (progres.nrw – Wärme- und Kältenetze). progres.nrw - Wärme- und Kältenetze, vom 09.12.2022. Online verfügbar unter https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&gld_nr=7&ugl_nr=751&bes_id=44306&menu=0&sg=0&aufgehoben=N&keyword=progres.nrw#det0, zuletzt geprüft am 27.07.2022.
- Möhlenkamp, Karen; Milewski, Knut (Hg.) (2020): Energiesteuergesetz, Stromsteuergesetz. Kommentar. 2., neubearbeitete Auflage. München: C.H. Beck.
- Pehnt et al. (2022): Kurzgutachten zur Überarbeitung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Neubauten und Bestandsgebäude. Online verfügbar unter <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/221005-rv-geg-endbericht.html>.
- Pietroni, Angela; Fernahl, Alexander; Linkenheil, Perez Carlos; Niggemaier, Marie-Louise; Huneke, Fabian (2017): Klimaschutz durch Kohleausstieg: Wie ein Ausstieg aus der Kohle Deutschlands Klimaziele erreichbar macht, ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden. Online verfügbar unter https://www.mediagnose.de/wp-content/uploads/2019/02/Studie_2017-06-22_GP_Studie_Kohleausstieg_EnergyBrainpool.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2022.
- Pietzcker, Robert; Feuerhahn, Janik; Haywood, Luke; Knopf, Brigitte; Leukhardt, Falko; Luderer, Gunnar et al. (2021): Notwendige CO₂-Preise zum Erreichen des europäischen Klimaziels 2030. Ariadne-Hintergrund. Online verfügbar unter https://ariadneprojekt.de/media/2021/12/Ariadne-Hintergrund_CO2-Preisentwicklung_November21.pdf.

Ritzau, Michael; Langrock, Thomas; Michels, Armin (2019): Machbarkeitsstudie: Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmeversorgung Berlin 2030. Online verfügbar unter <https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/klimaschutz-in-der-umsetzung/waermewende-im-land-berlin/waermestrategie/>, zuletzt geprüft am 01.08.2022.

Schneller, Andreas; Frank, Leonard; Kahlenborn, Walter (2018): Wärmenetze 4.0 im Kontext der Wärmewende - Politische Handlungsempfehlungen für eine klimafreundliche Fernwärmeversorgung. adelphi. Online verfügbar unter https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/W%C3%A4rmenetze%204.0%20im%20Kontext%20der%20W%C3%A4rmewende%20-%20adelphi_0.pdf, zuletzt geprüft am 27.07.2022.

Schweikardt, Stephan; Didycz, Michael; Engelsing, Felix; Wacker, Katharina (2012): Sektoruntersuchung Fernwärme. Abschlussbericht gemäß § 32e GWB - August 2012. Hg. v. Bundeskartellamt. Online verfügbar unter http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Sektoruntersuchungen/Sektoruntersuchung%20Fernwaerme%20-%20Abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Thamling, Nils; Langreder, Nora; Rau, Dominik; Wünsch, Marco; Maaß, Christian; Sandrock, Matthias et al. (2020): Perspektive der Fernwärme Maßnahmenprogramm 2030 Aus- und Umbau städtischer Fernwärme als Beitrag einer sozial-ökologischen Wärmepolitik. Online verfügbar unter https://www.hamburg-institut.com/wp-content/uploads/2021/06/AGFW_Perspektive_der_Fernwaerme_2030_final.pdf, zuletzt geprüft am 01.08.2022.

Abkürzungsverzeichnis

Abs	Absatz
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BGH	Bundesgerichtshofs
BGH	Bundesgerichtshof
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (ehemaliger Name des BMWK)
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BNetzA	Bundesnetzagentur
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
COP	Coefficient of Performance
ct	Cent
EE	Erneuerbare Energien
EEX	European Energy Exchange
ETS	Emission Trading System; Emissionshandelsystem
EU	Europäische Union
FuEul	Forschung und Entwicklung
GWP	Großwärmepumpe
IEKK	Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept
iKWK	innovative Kraft-Wärme-Kopplung
iMSys	intelligente Messsysteme
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCOE	Levelised costs of Energy, Energiegestehungskosten
max	Maximum
min	Minimum
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunde
NVP	Net present value; Nettobarwert
NWG	Nicht-Wohngebäude
PtH	Power-to-heat
RdNr	Randnummer
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance
TWh	Terawattstunde
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
WE	Wohneinheit
WG	Wohngebäude

Rechtsnormenverzeichnis

AEUV	Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union
AGVO	Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung
AVBFernwärmeV	Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Fernwärme
BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEGUmlAbs	Gesetz zur Absenkung der Kostenbelastungen durch die EEG-Umlage
EnergieStG	Energiesteuergesetz
EnFG	Energiefinanzierungsgesetz
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EWPBG	Erdgas-Wärme-Preisbremsengesetz
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GWB	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
KSG	Klimaschutzgesetz
KUEBLL	Leitlinien für staatliche Klima-, Umwelt- und Energiebeihilfen
KVBG	Kohleverstromungsbeendigungsgesetz
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
MsbG	Messstellenbetriebsgesetz
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
StromPBG	Strompreisbremsengesetz
StromStG	Stromsteuergesetz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kohlekraftwerksstandorte in Deutschland inklusive ausgekoppelter Wärmemenge (Fritz, Pehnt 2019)	17
Abbildung 2: Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen in 2022 für Strom in GWP und Erdgas in Heizwerken bezogen auf Endenergie und Nutzenergie (COP = Coefficient of Performance bzw. Jahresarbeitszahl)	19
Abbildung 3: Übersicht BEW (in Anlehnung an Euroheat & Power und AGFW 2022)	26
Abbildung 4: Preisentwicklungen an den Großhandelsmärkten für Strom und Erdgas	29
Abbildung 5: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 1: Baseline	30
Abbildung 6: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 2.1: Hoher CO ₂ -Preis	31
Abbildung 7: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 2.2: Niedriger CO ₂ -Preis	31
Abbildung 8: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.1: Förderung mit 40% Investitionszuschuss, hoher CO ₂ -Preis	33
Abbildung 9: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.2: Förderung mit 40% Investitionszuschuss, niedriger CO ₂ -Preis	33
Abbildung 10: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.3: Förderung mit 20% Investitionszuschuss, hoher CO ₂ -Preis	34
Abbildung 11: Wirtschaftlichkeit von GWP in Szenario 3.4: Förderung mit 20% Investitionszuschuss, niedriger CO ₂ -Preis	34
Abbildung 12: Übersicht über die Ergebnisse der Analysen	39
Abbildung 13: Annahmen zu den Jahresarbeitszahlen der GWP (Darstellung basierend auf Arpagaus 2019)	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Metadaten der Literaturanalyse	16
Tabelle 2: Überblick über Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen (in 2022)	18
Tabelle 3: Übersicht über Förderung für KWK-Anlagen (im Bestand) nach dem KWKG 2016	20
Tabelle 4: Übersicht über den Bonus für innovative erneuerbare Wärme nach KWKG 2020	21
Tabelle 5: Übersicht über die Förderprogramme auf Bundesebene für GWP	23
Tabelle 6: Übersicht über die Förderprogramme auf Bundesebene für Fernwärme	23
Tabelle 7: Förderprogramme auf Landesebene	24
Tabelle 8: Übersicht über die Module der BEW	25
Tabelle 9: Annahmen der vier Technologien (basierend auf Danisch Energy Agency 2022)	28
Tabelle 10: Überblick über Annahmen zu Steuern-, Abgaben- und Umlagen in den Szenarien	55

Anhang

Anhang A: Literaturliste der Literaturanalyse

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
Fritz, Sara; Pehnt, Martin	Der Kohleausstieg und die Auswirkungen auf die betroffenen Wärmenetze	2019	https://www.ifeu.de/fileadmin/user_upload/190820_Kohleausstieg_und_Fernwaerme_Bericht_v06.pdf	Die Studie untersucht die Auswirkungen des Kohleausstiegs in Deutschland auf betroffene Wärmenetze. Die notwendige Transformation der Wärmenetze sowie die politischen Rahmenbedingungen werden diskutiert.
Pietroni, Angela; Fernahl, Alexander; Linkenheil, Perez Carlos; Nigge-maier, Marie-Louise; Huneke, Fabian	Klimaschutz durch Kohleausstieg: Wie ein Ausstieg aus der Kohle Deutschlands Klimaziele erreichbar macht, ohne die Versorgungssicherheit zu gefährden.	2017	https://www.media-gnose.de/wp-content/uploads/2019/02/Studie_2017-06-22_GP_Studie_Kohleausstieg_EnergyBrain-pool.pdf	Die Studie untersucht wie ein Kohleausstieg bereits bis zum Jahr 2030 möglich ist und bildet einen Ausstiegspfad ab, um das nationale Klimaziel für das Jahr 2020 noch zu erreichen. Die Auswirkungen des Kohleausstiegs auf Strompreise, EEG-Umlage und die Bedeutung neuer Technologien wird untersucht. Als Fallbeispiele werden Berlin und Hamburg herangezogen.
Ritzau, Michael; Langrock, Thomas; Michels, Armin	Machbarkeitsstudie: Kohleausstieg und nachhaltige Fernwärmerversorgung Berlin 2030	2019	https://www.berlin.de/sen/uvk/klimaschutz/klimaschutz-in-der-umsetzung/waermewende-im-land-berlin/waermestrategie/(Langfassung)	In der Studie werden konkrete, klimafreundliche Transformationspfade für das Fernwärmenetz in Berlin ohne Kohlekraftwerke erarbeitet und bewertet. Dabei gibt es die drei Szenarien Klimaschutz 95, Klimaschutz 80 und Current-Policies Szenario. Insgesamt sind die Lösungsansätze sehr detailliert auf den Standort Berlin zugeschnitten und weniger allgemein.
Dunkelberg, Elisa; Deisböck, Alexander; Herrmann, Benjamin; Hirsch, Bernd; Mitzinger, Tino; Röder, Johannes; Salecki, Steven; Thier, Pablo; Wassermann, Timo	Fernwärme klimaneutral transformieren: Eine Bewertung der Handlungsoptionen am Beispiel von Berlin Nord-Neukölln	2020	https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BIL-DER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOeW_SR_218_Fernwaerme_klimaneutral_transformieren.pdf	In der Studie werden Potentiale erneuerbarer Wärme und Abwärme in Nord-Neukölln unterschiedlicher Erzeugungsoptionen für die dortige Fernwärme analysiert. In der Studie werden Großwärmewärmepumpen nur kurz betrachtet.
Popovski, Ef-tim; Aydemir, Ali; Fleiter, Tobias; Bell-städt, Daniel; Büchele, Richard; Steinbach, Jan	The role and costs of large-scale heat pumps in decarbonising existing district heating networks – A case study for the city of Herten in Germany	2019	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544219310047	This paper discusses different decarbonisation scenarios for an existing district heating (DH) network supplied by coal-fired combined heat and power plants in Germany. The study analyses the technical and economic aspects of integrating various technologies with the main focus on large-scale heat pumps.
Pöstges, Arnes; Bucksteeg, Michael; Ruhnau, Oliver; Böttger, Diana; Haller, Markus; Künle, Eglantine; Ritter, David; Schmitz, Richard; Wiedemann, Michael	Phasing out coal: An impact analysis comparing five large-scale electricity market models	2022	https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261922005803	The paper provides a systematic comparison of five large-scale electricity market models which are applied to European scenarios with a focus of the analysis on Germany considering the period until 2030.
Egerer, Jonas; Grimm, Veronika	Kohleausstieg 2030 unter neuen Vorzeichen	2022	https://wirtschaftstheorie.cms.rze.uni-erlangen.de/files/2022/07/	In der Studie erfolgt eine Szenariorechnung, die zeigt, dass ein kompletter Kohleausstieg bis 2030 auch unter den neuen Rahmenbedingungen realisierbar wäre und die Marktpreise nicht signifikant erhöhen dürfte.

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
nika; Lang, Lukas; Pfefferer, Ulrike			Kurzstudie_Kohleausstieg_2030_unter_neuen_Vorzeichen.pdf	
Thamling, Nils; Langreder, Nora; Rau, Dominik; Wünsch, Marco; Maaß, Christian; Sandrock, Matthias; Fuß, Gerrit; Möhring, Paula; Purkus, Alexandra; Strodel, Nikolai	Maßnahmenprogramm 2030: Aus- und Umbau städtischer Fernwärme als Beitrag einer sozial-ökologischen Wärmepolitik	2020	https://www.ham-burg-institut.com/wp-content/uploads/2021/06/AGFW_Perspektive_der_Fernwaerme_2030_final.pdf	Das Gutachten zeigt, wie hoch das Potential der Fernwärme im Wärmemarkt ist und mit welchen Optionen Fernwärme zukünftig klimaneutral produziert werden kann. Neben den notwendigen Investitionen und dem möglichen Förderbedarf werden regulatorische Rahmenbedingungen skizziert, die diesen Prozess unterstützen. Besonders Kapitel 4 „Politikinstrumente“ führt Möglichkeiten an Abgaben, Umlagen und Steuern zur Dekarbonisierung des Wärmesektors an.
Gerhardt, Norman; Ganai, Irina; Jentsch, Mareike; Rodriguez, Juan; Stroh, Kilian; Buchmann, Elisabeth Klara	Transformationspfade im Wärmesektor – Betriebs- und volkswirtschaftliche Betrachtung der Sektorkopplung mit dem Fokus Fernwärme mit hohen Anteilen konventioneller KWK-Erzeugung und Rückkopplung zum Gesamtenergieversorgungssystem 1. Teilbericht	2019	https://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/lau-fende/transformation-spfade-im-waerme-sektor.html	Die Studie bewertet die Dekarbonisierung des Gebäudebestandes in Rückkopplung mit dem gesamten Energiesystem. Es werden Restriktionen für Wärmepumpen, sowie EE-Wärme- und Wärmenetzpotentiale wie beispielsweise Großwärmepumpen untersucht.
Gerhardt, Norman; Zimmermann, Britta; Ganai, Irina; Pape, Angela; Giron, Pedro; Ghosh, Debraj; Dörre, Elias; Kallert, Anna; Yu, Young-Jae	Transformationspfade im Wärmesektor – Betriebs- und volkswirtschaftliche Betrachtung der Sektorkopplung mit dem Fokus Fernwärme mit hohen Anteilen konventioneller KWK-Erzeugung und Rückkopplung zum Gesamtenergieversorgungssystem 2. Teilbericht	2021	https://www.iee.fraunhofer.de/de/projekte/suche/lau-fende/transformation-spfade-im-waerme-sektor.html	Der 2. Teilbericht baut auf den 1. Teilbericht auf. Es werden aggregierte Transformationspfade behandelt und regulatorische Rahmenbedingungen und Sensitivitäten bewertet.
Pieper, Henrik; Ommen, Torben; Buhler, Fabian; Paaske, Bjarke Lava; Elmegaard, Brian; Markusen, Wiebke Brix	Allocation of investment costs for large-scale heat pumps supplying district heating	2018	https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1876610218302613?to-ken=F6982893961D4C2BAF32D1211E3BE0B640659749C103A72BBB0B4C4520EF385F660BDEF390FD27A62D8A6002CB550760&originRegion=euro-west-1&originCreation=20220324125502	In diesem Papier wurden die Investitionskosten bestehender und geplanter elektrisch betriebener Großwärmepumpen in Dänemark analysiert. Die Großwärmepumpen-Projekte unterscheiden sich in Größe, Konfiguration, Komponenten und Wärmequelle. Die Gesamtinvestitionskosten wurden in verschiedene Kategorien eingeteilt, um für jede dieser Kategorien Kostenkorrelationen in Abhängigkeit von der Wärmequelle und der Kraftwerkskapazität zu ermitteln.
Rosenow, Jan; Thomas, Samuel; Gibb, Duncan; Baetens, Ruben; De	Levelling the playing field: Aligning heating energy	2022	https://www.raonline.org/knowledge-center/aligning-heating-energy-taxes-le-vies-europe-climate-goals/	In dieser Veröffentlichung wird die derzeitige Struktur der Energiesteuern und -abgaben in fünf wichtigen europäischen Ländern, in denen eine Reform von Vorteil wäre, erläutert. Es werden vier Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Energiesteuern und -abgaben anhand von Beispielen aus dem gesamten

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
Brouwer, Andries; Cornillie, Jan	taxes and levies in Europe with climate goals			Kontinent wieder ins Gleichgewicht gebracht werden können.
Rosenow, Jan; Thomas, Samuel; Gibb, Duncan; Baetens, Ruben; De Brouwer, Andries; Cornillie, Jan	Clean heating: Reforming taxes and levies on heating fuels in Europe	2023	https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113367	Die Veröffentlichung beleuchtet die Energiebesteuerung auf europäischen Märkten und plädiert für eine Reform. Die Autoren beschreiben, dass sich Umweltkosten nur selten in den Energiepreisen widerspiegeln und dass die Kosten der Energiewende zum größten Teil von den Stromverbrauchern getragen werden. Es werden vier Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Energiesteuern und -abgaben wieder ins Gleichgewicht gebracht werden können.
Grosse, Benjamin; Werner, Yannick; Held, Denise; Selinger, Joschka; Schäfer-Stradowsky, Simon; Müller-Kirchenbauer, Joachim	Bewertung regulatorischer Maßnahmen der Sektorkopplung für den Einsatz von Power-to-Heat	2020	https://link.springer.com/article/10.1007/s12398-020-00287-5	In dem Literaturreview werden 21 vorgeschlagene regulatorische Maßnahmen zur Förderung der Sektorkopplung identifiziert. Die Maßnahmen werden im Hinblick auf deren ökonomischen Einfluss und regulatorische Eingriffstiefe paarweise miteinander verglichen. Vier ausgewählte Maßnahmen - Reduktion der Netzentgelte, sektorenübergreifende Wälzung der EEG-Umlage, Dynamisierung der EEG-Umlage und sektorenübergreifende CO2-Bepreisung - werden ökonomisch, rechtlich und hinsichtlich der Verteilungsgerechtigkeit untersucht.
George, Jan; Held, Anne; Winkler, Jenny; Esser, Anke; Ragwitz, Mario; Maurer, Christoph; Tersteegen, Bernd; Bangert, Luise; Kahl, Hartmut; Kahles, Markus	Auswirkungen klimaa- und energiepolitischer Instrumente mit Fokus auf EEG-Umlage, Stromsteuer und CO2-Preis. Finanzierungsmechanismus für erneuerbare Energien: Einnahmen und Refinanzierungsseite	2020	https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2020/finanzierungsmechanismus-fuer-erneuerbare-energien-einnahmen-und-refinanzierungsseite.pdf	Die Studie untersucht die Auswirkungen möglicher Anpassungen der EEG-Umlage und Stromsteuer u. a. auf die Rentabilität von GWP im Vergleich zu einem Gasbrennwertkessel.
Kattelmann, Felix; Burkhardt, Alexander; Blesl, Markus; Fahl, Ulrich; Hufendiek, Kai	Einfluss der CO2-Bepreisung auf den Wärmemarkt	2022	https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-einfluss-der-co2-bepreisung-auf-den-waeremarkt/	Die Studie untersucht mittels eines Energiesystemmodells den Effekt von unterschiedlichen CO2-Preisen des BEHG (Brennstoffemissionshandelsgesetzes).
Kellner, Maximilian; Roelfs, Christina; Rütten, Karolina; Bergmann, Tobias; Hirsch, Julian; Haywood, Luke; Konopka, Boris; Kalkuhl, Matthias	Entlastung der Haushalte von der CO2-Bepreisung: Klimageld vs. Absenkung der EEG-Umlage	2022	https://ariadneprojekt.de/publikation/entlastung-der-haushalte-von-der-co2-bepreisung/	Die Studie vergleicht wie die Einnahmen aus der CO2-Bepreisung am besten an die Bürger:innen weitergegeben werden können.
Baten, Tina; Buttermann, Hans-Goerg; Nieder, Thomas	Kraft- Wärme-Kopplung 2008 bis 2016 - Einfluss der Bilanzgrenze	2017	http://eeefa-cms.hankow.de/dokumente/baten_et_al_et_12_2017.pdf	Die Veröffentlichung beleuchtet die Definition und den Einfluss der KWK-Bilanzgrenzen.
Böhme, Markus	Biomassennutzung zur Strom- und Wärmezeugung: Europäischer Rechtsrahmen führt zu deutlicher Attraktivitätssteigerung	2019	https://emagazin.et-magazin.de/de/profiles/cb1a7fd451c4/editions/4556c0130962b1385210	Die Veröffentlichung plädiert für eine stärkere Nutzung von Biomasse anstelle von Erdgas bei der Umstellung von Atom- und Kohleenergie auf KWK.
Brahms, Florian	Die Novelle des Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetzes	2016	https://erdigital.de/ce/die-novelle-des-kraft-waerme-	In der Veröffentlichung erfolgt eine kritische Betrachtung des Kabinetentwurfs zu KWKG 2016.

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
			kopplungs-gesetzes-2016/detail.html	
Breuer, Daniel; Lindner, Thomas; Röß- ler, Marcus	Die Förderung von Anlagen der Kraft- Wärme-Kopplung durch das KWKG 2016	2016	https://bodak.de/wp-content/uploads/2020/07/REE_2016_03_Inhalt_web.pdf	Die Veröffentlichung betrachtet die Förderung von KWK-Anlagen durch das KWKG 2016.
Doderer, Han- nes; Metz, Jonathan	Rechtlicher Überblick: Was hat sich 2017 für die nachhaltige Stromerzeugung ge- ändert?	2017	https://www.clearing-stelle-eeg-kwkg.de/auf-satz/4218	In der Veröffentlichung wird ein Rechtlicher Überblick über nachhaltige Stromerzeugung gegeben, inklusive Mieterstrom (Ziele, Voraussetzung etc.). Stand 2017.
Doderer, Han- nes; Metz, Jonathan	Rechtlicher Überblick: Was hat sich 2018 für die nachhaltige Stromerzeugung ge- ändert?	2018	https://www.clearing-stelle-eeg-kwkg.de/auf-satz/4916	In der Veröffentlichung wird ein Rechtlicher Überblick über nachhaltige Stromerzeugung gegeben. Stand 2018. Inhalte: Energiesammelgesetz, Bundeseinheitliche Übertragungsnetzentgelte, Kohle-Kommission, EU - Winterpaket, EEG Umlage, KWK Eigenversorgung.
Faßbender, Dr. Heiner, LL.M. ; Riggert, Jo- hanna, LL.M.	Die KWK-Umlage für privilegierte Letztver- braucher nach KWKG 2016 und KWKG 2017	2017	https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Ffir%2F2017%2Fcont%2Ffir.2017.50.1.htm&pos=2&hlwords=on https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Ffir%2F2017%2Fcont%2Ffir.2017.74.1.htm&pos=1&hlwords=on	Die Veröffentlichung ist zweigeteilt. Der erste Teil beleuchtet netzzeitige Umlagen für privilegierte Letztverbraucher im Jahr 2016. Der zweite Teil beschreibt ein neues System zur Begrenzung der KWK-Umlage ab 2017.
Fricke, Dr. Nor- man	Neuer Rechtsrahmen für die Wärme- und Kältenetzförderung nach der KWKG-No- velle 2020	2022	https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Ffir%2F2020%2Fcont%2Ffir.2020.293.1.htm&pos=1&hlwords=on	Die Veröffentlichung beleuchtet den neuen Rechtsrahmen für die Wärme- und Kältenetzförderung nach der KWKG-Novelle 2020.
Fuckerer, Chri- stiane	Zulassungsverfahren für KWK Anlagen, Wärmenetze und Wärmespeicher	2016	https://emagazin.ehp-magazin.de/de/pro-files/3710b1d1bc07/edition	Die Veröffentlichung liefert Informationen zum KWK 2016, insbes. zu Zulassungsverfahren für KWK Anlagen, Wärmenetze und Wärmespeicher.
Geipel, Dr. Martin	Novelle des Kraft- Wärme-Kopplung- Gesetzes 2016 - Ein Überblick	2016	https://www.vw-online.eu/fachartikel/novelle-des-kraft-waerme-kopplungs-gesetzes-2016-ein-ueberblick.html	Die Veröffentlichung beleuchtet die Novellierung des KWKG, insbes.: 1. Verdoppelung des Fördervolumens, 2. KWK-Ausbauziele für 2020 und 2025, 3. Auslaufen der Förderung von KWK-Anlagen auf Kohlebasis, 4. Lastenverteilung im Rahmen des bundesweiten Lastausgleichssystems.
Günther, Dr. Reinald	Das KWKG und die Überarbeitung der EEG- Eigenversor- gung	2017	https://erdigital.de/ce/das-kwkg-2017-und-die-ueberarbeitung-der-eeg-eigenversorgung/detail.html	Die Veröffentlichung beleuchtet weitgehende Änderungen des KWKG 2016 und der EEG Eigenversorgung.
Hampel, Dr. Christian; Flem- ming, Dr. Sandra; Ertel, Dr. Christian	Herstellung von Was- serstoff nach der EEG-Novelle 2021	2021	https://www.clearing-stelle-eeg-kwkg.de/auf-satz/5935	Der Beitrag befasst sich mit den neugeschaffenen Regelungen zur Begrenzung der EEG-, KWKG-, und Offshore-Netzumlage bei der Herstellung von Wasserstoff gem. §§ 64, 64a, 69b EEG 2021 und §§ 27, 27d KWKG 2020.
Hampel, Dr. Christian	Energier Regulierung - Neues aus Gesetzge- bung und (Behörden-)Praxis	2016	https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/rde-2016-0611/html	Die Veröffentlichung beleuchtet gesetzliche Neuregelungen im KWKG 2016.

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
Hampel, Dr. Christian	Energieregulierung — Neues aus Gesetzgebung und (Behörden-) Praxis 1/2017	2017	https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/rde-2017-0213/html	Die Veröffentlichung beleuchtet Änderungen des KWKG 2016 und EEG 2017.
Kachel, Dr. Markus	Das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 2016 Wesentliche Inhalte der Novelle	2016	https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Fenwz%2F2016%2Fcont%2Fenwz.2016.51.1.htm&pos=1&hlwords=on	Die Veröffentlichung beleuchtet wesentliche Inhalte der KWK Novelle 2016.
Kachel, Dr. Markus	Für Energieeffizienz und Klimaschutz: Warum eine Novelle des KWK-Gesetzes unverzichtbar ist	2015	https://beck-online.beck.de/Dokument?vpath=bibdata%2Fzeits%2Fzur%2F2015%2Fcont%2Fzur.2015.257.1.htm&pos=1&hlwords=on	Die Veröffentlichung plädiert für eine Novelle des KWKG; Hintergrund: Merit-Order-Effekt
Lippert, Micheal	Zum Begriff der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage Auslegungsfragen zum KWKG 2017	2017	https://emagazin.et-magazin.de/de/profiles/cb1a7fd451c4/editions/07ad57be618dc473cc1c	Die Publikation behandelt die rechtlichen Voraussetzungen für die Geltung einer aus mehreren KWK-Anlagen bestehenden KWK-Anlage als eine Anlage im Rechtssinne.
Gerhardt, Norman; Zimmermann, Britta; Ganai, Irina; Pape, Angela; Giron, Pedro; Ghosh, Debraj; Dörre, Elias; Kallert, Anna; Yu, Young-Jae	Transformationspfade der Fernwärme in Rückkopplung mit dem Energiesystem und notwendige Rahmenbedingungen	2021	https://www.iee.fraunhofer.de/de/presse-infothek/Presse-Medien/Pressemitteilung/en/2021/grosswaermepumpen-zur-dekarbonisierung-der-fernwaerme-.html	Teilbericht im Rahmen des Projektes: TRANSFORMATIONSPFADE IM WÄRMESEKTOR – Betriebs- und volkswirtschaftliche Betrachtung der Sektorkopplung mit dem Fokus Fernwärme mit hohen Anteilen konventioneller KWK-Erzeugung und Rückkopplung zum Gesamtenergieversorgungssystem.
Schneller, Andreas; Frank, Leonard; Töpfer, Kora	Wärmenetze 4.0 im Kontext der Wärmewende - Analyse der Regelungs- und Förderlandschaft innovativer Wärmenetzsysteme	2017	https://www.adelphi.de/de/system/files/mediathek/bilder/W%C3%A4rmenetze%204.0%20im%20Kontext%20der%20W%C3%A4rmewende%20-%20adelphi.pdf	Der Forschungsbericht zielt darauf ab, eine Bestandsaufnahme der politisch administrativen Rahmenbedingungen und möglicher Hemmnisse für die Umsetzung von Wärmenetzen der vierten Generation aufzuzeigen. Der Fokus der Analyse liegt dabei auf der Governancestruktur des Wärmenetzsystems: Betrachtet werden systemische Aspekte leitungsgebundener Wärmeversorgung und dabei insbesondere die Regelungs- und Förderlandschaft.
Schneller, Andreas; Frank, Leonard; Kahlenborn, Walter	Wärmenetze 4.0 im Kontext der Wärmewende - Politische Handlungsempfehlungen für eine klimafreundliche Fernwärmeversorgung	2018	Wärmenetze 4.0 im Kontext der Wärmewende - adelphi_0.pdf	Das Strategiepapier zeigt auf, wie der dafür notwendige Strukturwandel für die leitungsgebundene Wärmeversorgung vom Gesetzgeber durch eine Anpassung der regulatorischen Rahmenbedingungen beeinflusst werden kann. Anhand ausgewählter Beispiele soll deutlich werden, welcher politische Handlungsrahmen erforderlich ist, damit insbesondere Niedrigtemperatur-Wärmenetze (Wärmenetze 4.0) einen Beitrag für eine erfolgreiche Wärmewende beisteuern können. Die notwendigen regulatorischen Ansatzpunkte, mit denen die Dekarbonisierung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung beschleunigt werden kann, sollen nachfolgend aufgezeigt werden.
Pehnt, Martin	Wärmenetzsysteme 4.0 Endbericht - Kurzstudie zur Umsetzung der Maßnahme "Modellvorhaben erneuerbare Energien in hocheffizienten Niedertemperaturnetzen"	2017	https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Wärmenetze-4.0-Endbericht-final.pdf	Analyse des Förderprogramms Modellvorhaben Wärmenetze 4.0.

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
Dunkelberg, Elisa; Deisböck, Alexander; Herrmann, Benjamin; Hirsch, Bernd; Mitzinger, Tino; Röder, Johannes; Salecki, Steven; Thier, Pablo; Wassermann, Timo	Fernwärme klimaneutral transformieren: Eine Bewertung der Handlungsoptionen am Beispiel von Berlin Nord-Neukölln	2020	https://www.ioew.de/fileadmin/user_upload/BIL-DER_und_Downloaddateien/Publikationen/Schriftenreihen/IOeW_SR_218_Fernwaerme_klimaneutral_transformieren.pdf	In der Studie werden Potentiale erneuerbarer Wärme und Abwärme in Nord-Neukölln unterschiedlicher Erzeugungsoptionen für die dortige Fernwärme analysiert.
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Förderbekanntmachung zu den Modellvorhaben der Wärmenetzsysteme 4.0	2019	https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/iWrOAbNtQ7qTa0GkMrh/content/iWrOAbNtQ7qTa0GkMrh/BA nz%20AT%2024.12.2019%20B1.pdf?inline	Offizielle Förderbekanntmachung zum Programm Wärmenetzsysteme 4.0.
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze - BEW	2022	https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/LqynJ78mbcSrTH7lL83/content/LqynJ78mbcSrTH7lL83/BA nz%20AT%2018.08.2022%20B1.pdf?inline	Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze.
KfW	Erneuerbare Energien "Premium"	2022	https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002410_M_271_281_272_282.pdf	Markblatt zum Programm Erneuerbare Energien "Premium".
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Förderbekanntmachung Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“	2021	https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/B/bekanntmachung-forschungsfoerderung-im-7-energie-forschungsprogramm.pdf?__blob=publicationFile&v=7	Offizielle Förderbekanntmachung Angewandte nichtnukleare Forschungsförderung im 7. Energieforschungsprogramm „Innovationen für die Energiewende“.
KfW	Energetische Stadtsanierung - Zuschuss Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier (KfW 432)	2021	https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000002110_M_432_Energetische_Stadtsanierung_Zuschuss.pdf	Merkblatt zum Energetische Stadtsanierung - Zuschuss Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier.
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Richtlinie zur Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionsprojekten mit dem Ziel der	2020	https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/sPdNMCSolMQCRSvn4qr/content/sPdNMCSolMQC	Offizielle Richtlinie zur Förderung von Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionsprojekten mit dem Ziel der Treibhausgasneutralität im Industriesektor.

Autor/ Herausgeber	Titel	Jahr	Link	Kurze Beschreibung
	Treibhausgasneutralität im Industriesektor (Förderrichtlinie zur Dekarbonisierung in der Industrie)		RSvn4qr/BAnz%20AT%2015.01.2021%20B5.pdf?inline	
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Richtlinie für die Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss und Kredit (KfW 295).	2021	https://www.bundesanzeiger.de/pub/de/amtliche-veroeffentlichung?7	Bekanntmachung der Richtlinie für die Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft – Zuschuss und Kredit (KfW 295).
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM)	2021	https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/egtUuGLEv7FCHAtDG1s/content/egtUuGLEv7FCHAtDG1s/BAnz%20AT%2018.10.2021%20B2.pdf?inline	Bekanntmachung der Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM).
Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie	Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem "Programm Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen – Programmbereich Wärme- und Kältenetze"	2022	https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&gld_nr=7&ugl_nr=751&bes_id=44306&menu=0&sg=0&aufgehoben=N&keyword=progres.nrw#det0	Offizielle Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem "Programm Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen – Programmbereich Wärme- und Kältenetze" (progres.nrw – Wärme- und Kältenetze).
Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie	Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem "Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen – Programmbereich Klimaschutztechnik"	2021	https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_detail_text?anw_nr=7&vd_id=19692&ver=8&val=19692&sg=0&menu=0&vd_back=N	Offizielle Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen aus dem "Programm für Rationelle Energieverwendung, Regenerative Energien und Energiesparen – Programmbereich Klimaschutztechnik" (progres.nrw – Klimaschutztechnik).

Anhang B: Annahmen der quantitativen Szenarioanalyse

Annahmen der Jahresarbeitszahlen der GWP

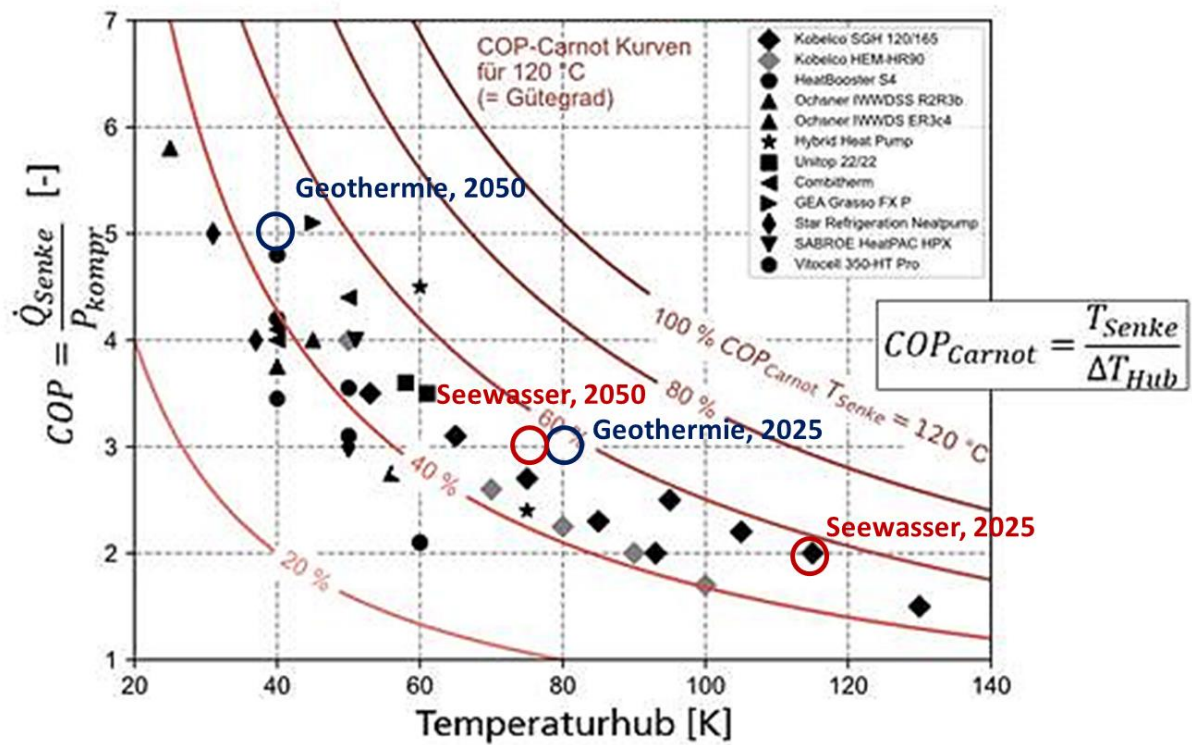


Abbildung 13: Annahmen zu den Jahresarbeitszahlen der GWP (Darstellung basierend auf Arpagaus 2019)

Annahmen zu Steuern, Abgaben und Umlagen

Tabelle 10: Überblick über Annahmen zu Steuern-, Abgaben- und Umlagen in den Szenarien

Entgelte, Steuern, Abgaben und Umlagen	Jahr	Strom für GWP	Erdgas für Gaskraftwerke
Netzentgelte Strom und Gas ⁷⁸	2020	1,99 ct/kWh	1,28 ct/kWh
	2030	2,33 ct/kWh	1,39 bis 1,84 ct/kWh
	2040	2,52 ct/kWh	1,46 bis 3,95 ct/kWh
	2050	2,92 ct/kWh	1,67 bis 8,15 ct/kWh
EEG-Umlage ⁷⁹	2020	6,76 ct/kWh	-
	2021	6,50 ct/kWh	
	2022	3,72 ct/kWh	
	2023	0,00 ct/kWh	
Konzessionsabgabe ⁸⁰	ab 2020	0,11 ct/kWh	0,00 ct/kWh
CO ₂ -Preis (EU ETS)	2020	-	0,00 ct/kWh
	ab 2021		mindestens 0,50 ct/kWh; Steigerung mit CO ₂ -Preisentwicklung ⁸¹
Strom- und Energiesteuer ⁸²	ab 2020	2,05 ct/kWh	0,55 ct/kWh
Andere Umlagen (z.B. KWKG- und Offshore-Netzumlage)	ab 2020	0,72 ct/kWh	-
	ab 2023 ⁸³	0,07 ct/kWh	

⁷⁸ Abschätzung in Anlehnung an BNetzA und Bundeskartellamt 2022 und George et al. 2022. Spannweiten für Netzentgelte Gas ab 2030 dient der Abbildung der zukünftigen Unsicherheiten.

⁷⁹ Wegfall der EEG-Umlage ab 30.06.2022.

⁸⁰ Reduzierung der Konzessionsabgabe Strom (auf 0,11 ct/kWh) für Sondervertragskunden ab 30.000 kWh Jahresverbrauch sowie Reduzierung Konzessionsabgabe Gas (auf 0 ct/kWh) für Sondervertragskunden mit einem Jahresverbrauch ab 5.000.000 kWh (§ 2 Abs. 5 Nr. 1 KAV).

⁸¹ In Anlehnung an Ariadne CO₂-Preisentwicklung (Pietzcker et al. 2021)

⁸² Bei der Energiesteuer ist eine Befreiung für hocheffiziente KWK-Anlagen vorgesehen sofern ein Monats- oder Jahresnutzungsgrad von mind. 70% erreicht wird (§ 53a Abs. 6 EnergieStG).

⁸³ Ab dem 01.01.2023 entfallen die KWKG- und die Offshore-Netzumlage für Wärmepumpen.