



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Dialog Klimaneutrale Wärme

Zielbild, Bausteine und Weichenstellungen 2030/2050



Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Stand

Februar 2021

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten.

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

Bildnachweis

gettyimages / Westend61 / Titel

**Zentraler Bestellservice für Publikationen
der Bundesregierung:**

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Telefon: 030 182722721

Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Inhalt

Unser Ziel: Eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050	4
Chancen und Herausforderungen der Wärmewende	5
Der Dialog „Klimaneutrale Wärme“	5
1. Die Wärmeversorgung in Deutschland	11
1.1 Überblick	12
1.2 Zur Rolle von Gas in der Wärmeversorgung	13
2. Bausteine auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung	15
2.1 Erkenntnisse aus Potenzialstudien, Energieszenarien und Dialogprozessen	16
2.2 Entwicklung der Wärmenachfrage in Gebäuden und Industrie – Efficiency First	17
2.2.1 Der Wärmebedarf in Gebäuden geht deutlich zurück	17
2.2.2 Industrielle Prozesswärme: trotz Wirtschaftswachstum eher gleichbleibender Bedarf	18
2.3 Optionen für die Bereitstellung der verbleibenden Wärme: Dekarbonisierung mit breitem Mix an Technologien	19
2.4 Infrastrukturen für die Wärmewende	29
2.4.1 Gasinfrastruktur	30
2.4.2 Wärmenetze	31
2.4.3 Stromnetze für die Wärmeversorgung	32
3. Erreichtes, Herausforderungen und Aufgaben bis 2030 auf dem Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung	34
3.1 Auf den politischen Entscheidungen dieser Legislatur aufbauen	35
3.2 Herausforderung: Die klimaneutrale Wärmeversorgung jetzt vorbereiten	37
3.2.1 Emissionshandel	38
3.2.2 Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte	40
3.2.3 Förderung von Markteinführung und Markterhalt	41
3.2.4 Energiegebäudestandards	42
3.2.5 Überregionale Infrastrukturplanung	43
3.2.6 Kommunale Wärmeplanung	44
3.2.7 Forschung, Entwicklung, Innovation	45
3.2.8 Digitalisierung	47

Unser Ziel: Eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050

Die Wärmewende – die Energiewende im Wärmebereich – ist Voraussetzung dafür, dass die Energiewende als Ganzes gelingt. Der Grund: Über die Hälfte der Energie in Deutschland nutzen wir, um unsere Häuser, Büros und Geschäfte zu heizen und um Wärme für Gewerbe und Industrie bereitzustellen. Wärmewende heißt, den Wärmebedarf erheblich zu senken und die Wärmeversorgung schrittweise auf erneuerbare Wärme und unvermeidbare Abwärme umzustellen. Dabei wird Erdgas im Übergang eine wichtige Rolle spielen.

Die Bundesregierung hat in dieser Legislatur viele wichtige Entscheidungen getroffen, um die Wärmewende voranzubringen und die klima- und energiepolitischen Ziele bis 2030 zu erreichen. Dazu gehören der Kohleausstieg, die Einführung eines CO₂-Preises für Wärme und Verkehr, die Einführung verbindlicher Jahresemissionsmengen bis 2030 für die einzelnen Sektoren, die Nationale Wasserstoffstrategie und eine weitere Verbesserung der Förderlandschaft für Energieeffizienz, erneuerbare Wärme sowie unvermeidbare Abwärme.

Die Bundesregierung hat die Wärmewende damit entscheidend vorangebracht. Erste Wirkungsabschätzungen und Evaluierungen zeigen schon jetzt, dass die Maßnahmen wirken und Energieeffizienz und den Einsatz von erneuerbaren Energien in Prozesswärme und Gebäuden signifikant voranbringen. Die Beschlüsse dieser Legislaturperiode tragen damit dazu bei, die Treibhausgasemissionen durch die Wärmeversorgung von Gebäuden und Industrieprozessen zu mindern und sind grundsätzlich geeignet, die aktuell bestehenden wärme-relevanten energie- und klimapolitischen Ziele bis 2030 zu erreichen.

Es gibt jedoch weiteren Handlungsbedarf. Auch wenn Deutschland mit Blick auf 2030 auf Kurs ist, erfordert das Ziel Klimaneutralität 2050 in der Wärmewende aufgrund der langen Investitionszyklen jetzt politische Entscheidungen, um die grundlegende Transformation in der Wärmeversorgung über 2030 hinaus in Richtung Klimaneutralität zu ermöglichen. Auch das verschärfte EU-Klimaziel erfordert weiteres Handeln.

Der Wärmemarkt und die dazugehörigen Infrastrukturen sind im Begriff einer grundlegenden Transformation. Während der Großteil der Wärme insbesondere in Bestandsgebäuden und in Prozessanlagen heute noch durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe mit entsprechenden CO₂-Emissionen erzeugt wird, darf im Jahr 2050 die Wärmeerzeugung nur noch CO₂-frei erfolgen. Der Übergang hin zu erneuerbarer Wärme, unvermeidbarer Abwärme und CO₂-freien Brennstoffen muss organisiert werden. Die Erzeuger, Abnehmer und Infrastrukturen verändern sich, neue Geschäftsmodelle entstehen, Gebäude können und müssen stärker als „Kraftwerk“ genutzt werden.

Chancen und Herausforderungen der Wärmewende

Unser gemeinsames Ziel ist gesetzt: Den Weg hin zu einer klimaneutralen Zukunft gestalten. Dafür müssen Investitionen in eine klimaneutrale Wärmeversorgung zum Standard werden. Das heißt, es müssen Business Cases entstehen, die zu Investitionen in klimaneutrale Lösungen führen. Ziel ist, dabei soweit wie möglich technologieoffen vorzugehen. Politische Instrumente sollen Sackgassen (Lock-ins) vermeiden helfen und gleichzeitig künftigen Innovationen Entwicklungsspielraum lassen. Begrenzt vorhandene staatliche Mittel sollten prioritär dort eingesetzt werden, wo sie die Erreichung der Klimaziele am effektivsten und möglichst kosteneffizient unterstützen.

Die Wärmewende bietet große Herausforderungen, aber auch große Chancen für die Wirtschaft.

Die Wärmewende angehen heißt, technologische Vorsprünge auszubauen oder zu erhalten und Zukunftsmärkte zu erschließen – national und international. Die Wirtschaft drängt deshalb mit Recht auf Planungssicherheit, damit sie notwendige Investitionsentscheidungen in klimaneutrale Produkte, Anlagen oder Dienstleistungen treffen kann. Dabei hilft ein klarer Pfad ansteigender CO₂-Bepreisung, die das Kostenverhältnis zugunsten der CO₂-freundlichen Produkte verbessert. Unklar ist derzeit, wie die Gas- und Wärmeinfrastruktur in 2050 aussehen wird. Auch gibt es noch keine Beschlüsse dazu, so dass für heutige und künftige Infrastrukturinvestoren und Betreiber klare Rahmenbedingungen geschaffen werden müssen.

Der Dialog „Klimaneutrale Wärme“

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) möchte Sie zu einem Dialog einladen, um das Zielbild der Transformation zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung und den Transformationsprozess gemeinsam mit Ihnen – den Akteuren des Wärmemarktes – zu besprechen. Damit unterstützt der ergebnisoffene Dialog das Bundeswirtschaftsministerium und die Bundesregierung bei ihren Entscheidungen. Der Dialog startet im Februar 2021 und präsentiert Zwischenergebnisse vor der parlamentarischen Sommerpause 2021.

Vor dem Hintergrund der genannten übergeordneten Ziele, Chancen und Herausforderungen stellt der Dialog Klimaneutrale Wärme vier zentrale Fragen:

- 1. Wie kann eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 und der Weg dahin aussehen?**
Welche Bausteine für Technologien und Infrastrukturen stehen zur Verfügung? Wie sieht die Zeitachse und der Planungshorizont aus? Welchen Forschungsbedarf gibt es?
- 2. Was kann die Bundesregierung in den nächsten Jahren tun, um über die mit dem Klimaschutzprogramm 2030 bereits beschlossenen Maßnahmen hinaus Investitionen im Wärmebereich in Richtung Klimaneutralität zu lenken?**
Wie kann sie offen hinsichtlich innovativer Technologien sein? Wo sollte sie klare Leitplanken setzen? Wie kann sie innovative Geschäftsmodelle anreizen? Wie kann der Industriestandort Deutschland gestärkt werden? Wie können soziale Härten abgefedert werden?

3. **Wie können Planungsprozesse für eine klimaneutrale Wärmeversorgung und die dazugehörigen Infrastrukturen auf kommunaler, Landes- und Bundesebene aussehen?** Was muss vor Ort durchdacht und entschieden und was muss national angelegt werden? Wie können Lösungen über Sektoren-, Prozess- und Gebäudegrenzen hinweg aussehen?
4. **Wie können verschiedene Player aus verschiedenen Sektoren zusammengebracht werden und welche Aggregatoren sind notwendig?** Welche regulatorischen Rahmenbedingungen sind notwendig, um neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen?

Sie sind eingeladen, mitzudiskutieren: Ihre Beiträge im Dialog sind uns herzlich willkommen.

Dieses Papier dient als Impulsgeber für den Dialog. Es gibt einen Überblick über die technologischen Optionen, die uns auf dem Weg zur Klimaneutralität in der Wärmeversorgung derzeit zur Verfügung stehen. Dieser Teil basiert wesentlich auf einer Literaturanalyse vorliegender Zielszenarien (Kapitel 2). Es wirft einen Blick auf die notwendige Weiterentwicklung der Infrastrukturen (Kapitel 2.4). Außerdem skizziert dieses Papier politische Maßnahmen und Instrumente, die einen Beitrag dazu leisten können, dass die benötigten Technologien breit in den Markt kommen, innovative Geschäftsmodelle entstehen und die Infrastruktur, die Bedingung für eine klimaneutrale Wärmeversorgung ist, bereitgestellt wird (Kapitel 3).

Der Blick auf die verschiedenen Szenarien bringt eine ermutigende Botschaft mit sich: Die Wege zur Klimaneutralität, die sie aufzeigen, sind sich in vielen Punkten ähnlich. Alle Szenarien setzen auf Energieeffizienz. In fast allen Szenarien zur Klimaneutralität steigt der Anteil strombasierter

Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen erheblich. Und praktisch alle Szenarien setzen in großem Umfang auf strombasierte Brennstoffe wie grünen Wasserstoff in der Industrie. Wärmenetze spielen fast überall eine wichtige Rolle. Und in allen Szenarien ist Erdgas im Übergang von Bedeutung. Unterschiedlich bewerten die Szenarien hingegen, inwieweit strombasierte Brennstoffe sowie Biomasse im Gebäudebereich zum Einsatz kommen. Manche verzichten im Gebäudebereich weitgehend auf ihren Einsatz, andere setzen sie hingegen in einem erheblichen Umfang zur Erreichung der Klimaneutralität ein. Der Einsatz erfolgt insbesondere in den Szenarien, die höhere Restriktionen bei Sanierungsrate bzw. Sanierungstiefe annehmen.

Lassen Sie uns den Dialog nutzen, um ein gemeinsames Zukunftsbild zu entwickeln und Wege dorthin aufzuzeigen!

Überblick: Leitfragen und Thesen für den Dialog Klimaneutrale Wärme

Die folgenden Leitfragen und Thesen werden im vorliegenden Impulspapier entwickelt und hergeleitet und sollen im Dialog „Klimaneutrale Wärme“ diskutiert werden:

Bausteine auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung

- Wir müssen die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Wärmeherzeugung schrittweise ersetzen. Welche Rolle können die einzelnen Formen der direkten Nutzung erneuerbarer Energien für die zentrale und/oder dezentrale Wärmeversorgung bis 2030 und für eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 spielen (d.h. Wärmepumpen, Solar- und Geothermie sowie unvermeidbare Abwärme)? Wie kann deren Rolle insbesondere im Gebäudebestand und in Wärmenetzen kurzfristig ausgeweitet werden?
- In welchen Bereichen und in welchem Umfang ist der Einsatz von Wärmepumpen sinnvoll möglich?
- In welchem Umfang kann Solarthermie neben Warmwasser auch Heizwärme bereitstellen und wie ist dies sinnvoll möglich? Wie schätzen Sie die Flächenkonkurrenz zwischen den unterschiedlichen Nutzungsformen der Solarenergie ein?
- Wo sollte welche Form von nachhaltiger Biomasse im Wärmebereich am zweckmäßigsten eingesetzt werden?
- Welche Rolle können die einzelnen Formen synthetischer erneuerbarer Brennstoffe für die zentrale und/oder dezentrale Wärmeversorgung bis 2030 und eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 spielen, d.h. wo sollte welche Form von nachhaltiger Biomasse, Wasserstoff und erneuerbaren synthetischen Brennstoffen eingesetzt werden? In welchen Wärmebereichen ist

ihr Einsatz sinnvoll im Hinblick auf ihre Kosten und Nutzungskonkurrenzen mit anderen Sektoren? Welche Auswirkungen können diese Entwicklungen für die unterschiedlichen Akteure im Wärmebereich haben?

Infrastrukturen für die Wärmewende

- Wo sehen Sie den dringlichsten Entscheidungsbedarf auf Bundesebene in den nächsten Jahren?
- Wo sehen Sie neue Geschäftsmodelle? Welche Rolle spielt dafür die Vernetzung im Quartier? Welche politischen Rahmenbedingungen – jenseits direkter Förderung – müssten gegeben sein, damit diese realisiert werden können?
- Welche Rolle kann die vorhandene Gasnetz-Infrastruktur für den Transformationsprozess hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung spielen? Wie muss sie sich verändern, wie kann sie sich weiterhin refinanzieren und welche Rolle spielt sie in einer klimaneutralen Welt 2050?
- Welche Rolle spielen die Wärmenetze und die Stromnetze bis 2030 und in 2050 und wie müssen sie sich transformieren, um effizient zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung beizutragen?
- Werden darüber hinaus zusätzliche Infrastrukturen benötigt?
- Wie kann eine integrierte Planung der künftigen Infrastruktur aussehen und über alle Ebenen – kommunal, Landes- und Bundesebene – verzahnt werden?

Herausforderung: Die klimaneutrale Wärmeversorgung jetzt vorbereiten

Emissionshandel

These:

Der Emissionshandel – mit einem starken CO₂-Preis – wird zum Leitinstrument für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Voraussetzung dafür ist: entsprechende Maßnahmen müssen gewährleisten, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie im internationalen Wettbewerb und die Bezahlbarkeit des Wohnens für alle gewährleistet bleibt.

Leitfragen:

- Ist ein Korridor für den nationalen CO₂-Preis ab 2026 notwendig? Wenn ja, welcher Korridor wäre geeignet, Investitionen in Energieeffizienz und klimaneutrale Wärme anzustoßen?
- Wie könnte ein stärker steigender CO₂-Preis wirtschaftlich und sozial abgefedert werden?

Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte

These:

Das System der Umlagen, Steuern, Abgaben und Entgelte im Energiebereich muss in größerem Umfang als bislang reformiert werden. Ziel sollte ein echtes „Level Playing Field“ für Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen und erneuerbare Energien (Strom, Wärme, Brennstoffe) sein.

Leitfragen:

- Wo sind bei einer Reform der Umlagen, Steuern, Abgaben und Entgelte die größten Hebel, um klimaneutrale Wärme wirtschaftlich zu machen?
- Sollten Infrastrukturentgelte in die Reform einbezogen werden und wenn ja, wie?

Förderung von Markteinführung und Markterhalt

Thesen:

Förderung für fossile Wärmeversorgung ist mittelfristig nicht mit dem Ziel der Klimaneutralität vereinbar und führt zu höherem Förderbedarf von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien. Hier stellt sich die Frage des richtigen Zeitpunkts für den Ausstieg.

Der Ausstieg aus der Kohleverstromung bedeutet einen Umbau der Wärmeversorgung in den durch die Kohle-KWK-Anlagen mit Wärme versorgten Gebieten. Ein Umstieg auf erneuerbare Wärme muss hier die erste Wahl sein.

Leitfragen:

- Welche Fördertatbestände in der aktuellen Ausgestaltung der Förderung von Brennstoffen und Technologien zur Wärmeversorgung sollten noch stärker auf das Ziel der Klimaneutralität ausgerichtet werden?
- Wann ist aus Ihrer Sicht der geeignete Zeitpunkt, im Wärmebereich vollständig aus der Förderung von fossilen Energien auszusteigen? Welche Voraussetzungen müssten aus Ihrer Sicht dafür gegeben sein?
- Wie kann der Umstieg der Wärmeversorgung mit Kohlekraftwerken auf erneuerbare Energien effektiv erfolgen?

Energiegebäudestandards

Thesen:

Ohne die Weiterentwicklung der verpflichtenden Energiegebäudestandards wird das Ziel der Klimaneutralität 2050 nicht erreicht.

Mieter und Vermieter müssen beim Klimaschutz zusammenarbeiten und sitzen in einem Boot.

Leitfragen:

- Welche Rolle können und müssen verpflichtende Energiegebäudestandards für eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 spielen?
- Welche Rolle haben Energiegebäudestandards im Gebäudebestand?
- Wie kann die Renovation Wave in Deutschland unterstützt werden?
- Welche Spielräume gibt es für das Anheben der verpflichtenden Energiegebäudestandards im Neubau?
- Wie sollte das Zusammenspiel von verpflichtenden Gebäudeenergiestandards, Förderung und CO₂-Bepreisung ausgestaltet werden, auch im Hinblick auf die wirtschaftlichen Möglichkeiten von Eigentümern und Mietern?
- Ist das einzelne Gebäude oder das Zusammenspiel von Gebäuden der richtige Adressat für verpflichtende Gebäudeenergiestandards?
- Welche Handlungsmöglichkeiten gibt es, um das Mieter/Vermieter-Dilemma zu entschärfen?

Überregionale Infrastrukturplanung

These:

Eine übergeordnete Planung der Systementwicklung, die auf der Analyse verschiedener mit der Bundesregierung abgestimmter Szenarien beruht, verbessert die Konsistenz und Integration der anschließenden Planung von klimaneutral gespeisten Strom-, Gas- und Wärmenetzen auf nationaler Ebene.

Leitfragen:

- Wo liegen Chancen und Herausforderungen einer integrierten Infrastrukturplanung mit Blick auf die klimaneutrale Wärmeversorgung 2050?
- Wie kann die Planung von Wärmeinfrastrukturen im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität verbessert werden?
- Welche Entscheidungen hinsichtlich der künftigen Wärmeinfrastruktur – Strom, Gas, Wärmenetze – sind „No regret“-Optionen? Welches wäre hier jeweils die richtige Ebene und Form, um diese Entscheidung zu treffen und umzusetzen?

Kommunale Wärmeplanung

Thesen:

Eine verbindliche kommunale Wärmeplanung ist eine Voraussetzung, um Planungs- und damit Investitionssicherheit für Investitionen in eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu schaffen. Nur im engen Dialog zwischen Bund, Ländern und Kommunen kann die kommunale Wärmeplanung als verbindliches Planungsinstrument entwickelt werden.

Leitfragen:

- Soll eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung wie in Baden-Württemberg flächendeckend in allen Bundesländern eingeführt werden? Was gilt es bei einer verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung zu bedenken?
- Wie können Bund und Länder die Kommunen bei der kommunalen Wärmeplanung unterstützen? Auf welche Rahmenbedingungen sollten sie sich verständigen?

Forschung, Entwicklung, Innovation

These:

Ohne erhebliche Technologiesprünge im Wärme- und Energiebereich werden wir die Klimaneutralität 2050 nicht erreichen. Politik sollte die Rahmenbedingungen so gestalten, dass auch heute noch unbekannte Innovationen (Sprunginnovationen) entstehen und in den Markt kommen können.

Leitfragen:

- Wie kann die Entwicklung der für die Wärmewende notwendigen (Sprung-)Innovationen durch die Bundesregierung unterstützt werden?
- Wie kann der Innovationstransfer weiter beschleunigt werden?
- Welche Freiheitsgrade müssen in der Regulierung für den Markteintritt von Sprunginnovationen geschaffen werden?

Digitalisierung

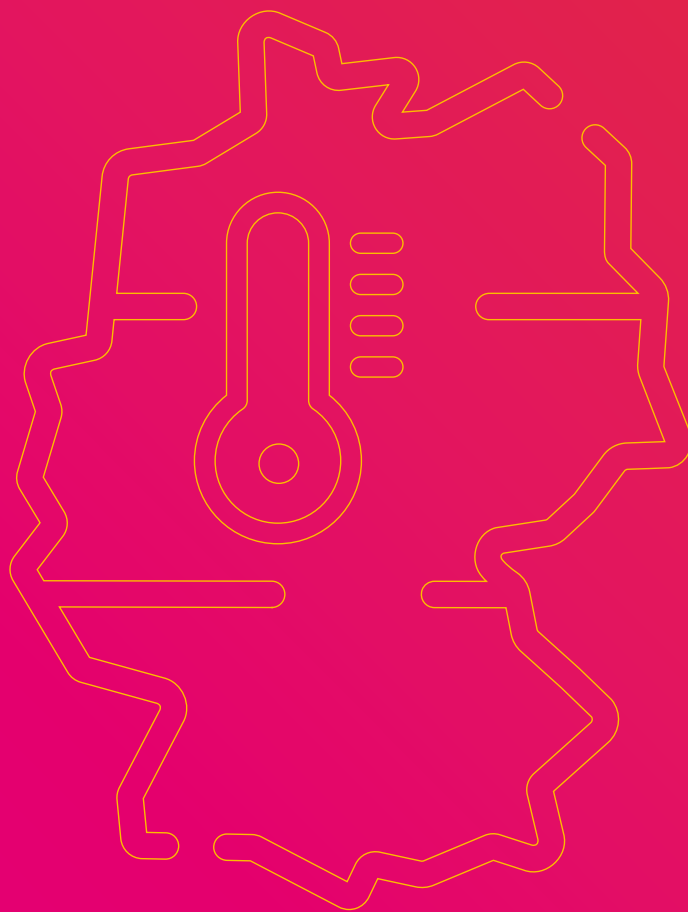
These:

Digitale Technologien optimieren die Wärmewende. Dazu muss eine umfangreiche Datengrundlage im Wärmebereich geschaffen werden.

Leitfragen:

- In welchen Bereichen der Wärmeversorgung können welche digitalen Technologien den größten Beitrag für die Wärmewende leisten?
- Was sind die zentralen Hemmnisse für eine breitere Nutzung digitaler Technologien in den Bereichen Gebäude, Wärmenetze und industrielle Prozesswärme?

1. Die Wärmeversorgung in Deutschland



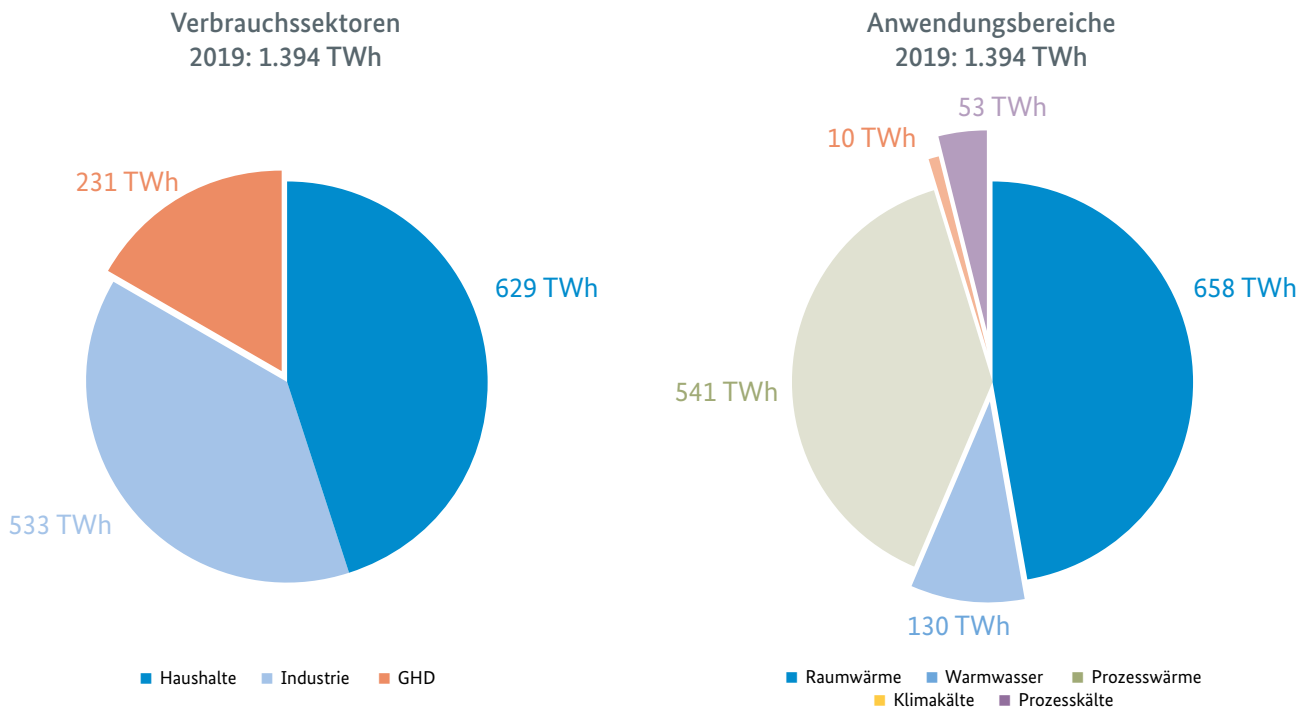
1.1 Überblick

Wärme macht mehr als 50 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs aus: In Deutschland entfällt über die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs von 2.500 TWh auf den Wärmebereich, rund 1.400 TWh. Der größte Anteil des Wärmeverbrauchs entfällt sektorübergreifend auf die Bereiche Raumwärme (662 TWh) und Prozesswärme (mit 541 TWh). Mit deutlichem Abstand folgen die Anwendungen Warmwasser (130 TWh) sowie Prozesskälte und Klimakälte (63 TWh)¹. Das Temperaturniveau unterscheidet sich bei den jeweiligen Anwendungen stark voneinander. Für Gebäude

wird Niedertemperaturwärme benötigt. Bei Prozesswärme in der Industrie besteht ein erheblicher Bedarf an Hochtemperaturwärme. Gewerbe, Handel und Dienstleistungen benötigen in der Regel Wärme auf niedrigen und mittleren Temperaturniveaus.

Wärme wird hauptsächlich in den Endverbrauchssektoren „private Haushalte“, „Industrie“ und „Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD)“ verbraucht. Dabei entfallen 45 Prozent des Verbrauchs auf die privaten Haushalte, 38 Prozent auf die Industrie und 17 Prozent auf den GHD-Sektor².

Abbildung 1: Endenergieverbrauch für Wärme- und Kälteanwendungen im Jahr 2019, nach Verbrauchssektoren und Anwendungsbereichen



Quelle: Darstellung ifeu basierend auf AGEb 2020³

1 AG Energiebilanzen e.V. (AGEB) 2020: Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken. Verfügbar unter <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>

2 Ebd.

3 Ebd.

Sieht man sich diese Sektoren im Detail an, ergeben sich ganz unterschiedliche Erzeugungen und Verbräuche in den einzelnen Sektoren:

Die **privaten Haushalte** verbrauchen mit Abstand am meisten Raumwärme und Warmwasser. Raumwärme dominiert hier mit 454 TWh den Verbrauch, gefolgt von 106 TWh für Warmwasser und 40 TWh für Prozesswärme, d. h. Anwendungen wie z. B. das Kochen⁴.

Die **Industrie** ist mit 472 TWh der größte Verbraucher von Prozesswärme. Außerdem werden hier 41 TWh für Raumwärme und 5 TWh für Warmwasser eingesetzt⁵.

Der Sektor **Gewerbe, Handel, Dienstleistungen** (GHD) ist insgesamt kleiner als die Sektoren Haushalte und Industrie. Innerhalb des GHD wird schwerpunktmäßig Raumwärme (163 TWh) verbraucht, gefolgt von Prozesswärme (29 TWh) und Warmwasser (20 TWh)⁶.

Der Wärmeverbrauch ist in den letzten 20 Jahren annähernd konstant mit einem leichten Trend nach unten. Der Verbrauch in Gebäuden ist leicht rückläufig, in Industrie und GHD ebenfalls. Ein Grund dafür ist, dass Effizienzmaßnahmen durch Wirtschafts- und Wohnflächenwachstum kompensiert werden.

Die Wärmeerzeugung ist bislang vor allem dezentral – nur ein kleiner Teil der Versorgung (acht Prozent) wird über Wärmenetze bereitgestellt⁷, wobei hier nicht alle kleineren Wärmenetze erfasst werden.

Wärme wird heute noch hauptsächlich fossil erzeugt: Insgesamt decken Erdgas, Öl und Kohle ca. 69 Prozent des Endenergieverbrauchs für Wärme. Die Wärmeerzeugung wird von Gas dominiert (597 TWh). Öl (213 TWh) und Kohle (116 TWh) steuern ebenfalls signifikante Anteile bei. Strom und Fernwärme liefern insgesamt 229 TWh, enthalten aber ihrerseits heute noch überwiegend fossile Erzeugungsanteile.⁸

Der Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmebereich steigt. Insgesamt machen die erneuerbaren Energien heute einen Anteil von etwas mehr als 14 Prozent an der Wärmeversorgung aus. Eine Wachstumsdynamik wie beim Strom konnte im Wärmebereich noch nicht ausgelöst werden.

1.2 Zur Rolle von Gas in der Wärmeversorgung

Die Wärmenachfrage wird derzeit zu über 80 Prozent durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckt. Im Jahr 2050 muss der Anteil fossiler Brennstoffe allerdings auf null Prozent reduziert werden, sofern nicht in Teilbereichen auf CCS/CCU gesetzt werden soll (Ausführungen hierzu unter Prozesswärme). Der Ausstieg aus der fossilen Wärmeerzeugung kann nur erreicht werden, wenn der Energieverbrauch durch Energieeffizienz und Energieeinsparung verringert wird und künftig die verschiedenen Formen erneuerbarer Energien – thermisch, strombasiert, gasbasiert – sowie die Nutzung unvermeidbarer Abwärme den restlichen Wärmebedarf decken.

4 AG Energiebilanzen e.V. (AGEB) 2020: Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland – Endenergieverbrauch nach Energieträgern und Anwendungszwecken. Verfügbar unter <https://ag-energiebilanzen.de/8-0-Anwendungsbilanzen.html>

5 Ebd.

6 Ebd.

7 BMWi (2020): Zahlen und Fakten: Energiedaten. Nationale und internationale Entwicklung. Letzte Aktualisierung 22.06.2020. Verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Binaer/Energiedaten/energiedaten-gesamt.xls.html>

8 AG Energiebilanzen (2020): Zusammenfassung Anwendungsbilanzen für Endenergiesektoren. Verfügbar unter https://ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=8&archiv=5&year=2020

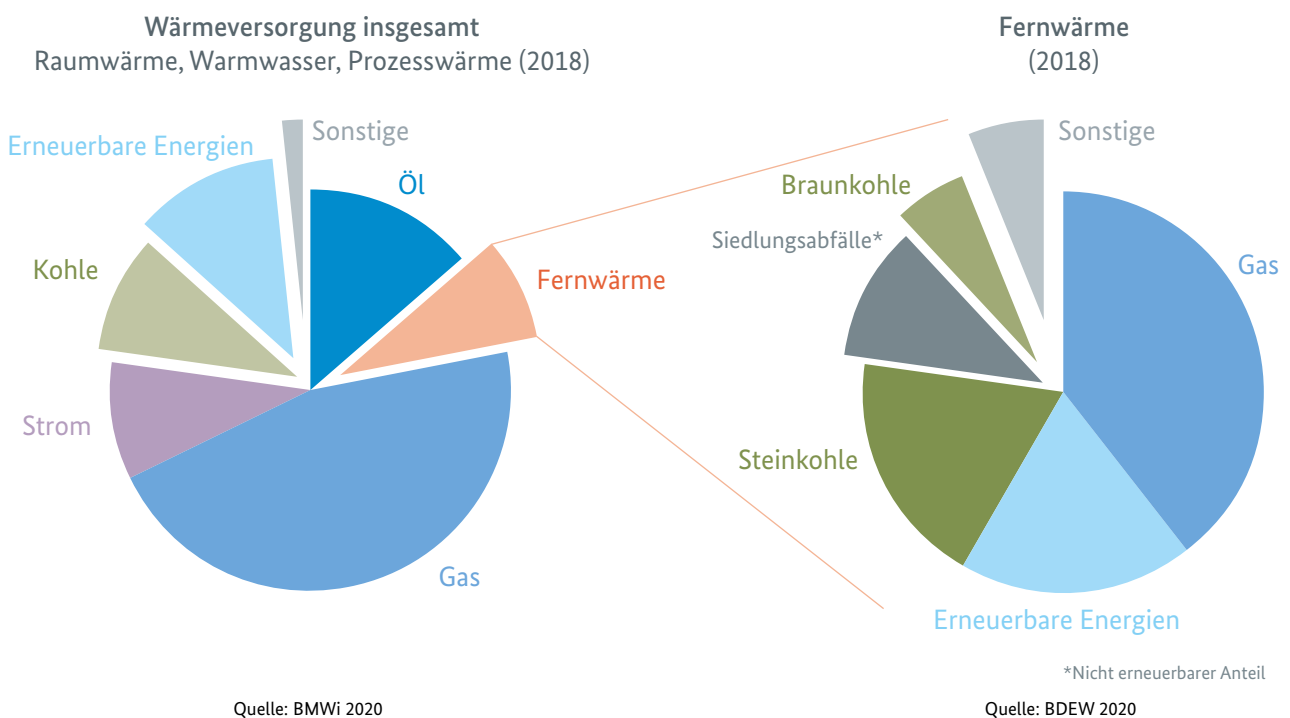
Die entscheidende Frage ist, wie der Übergang vom Status quo der fossilen Wärmeversorgung hin zur klimaneutralen Wärmeversorgung erfolgt. Konkret: Wann und in welchen Schritten steigt Deutschland aus der fossilen Wärmeerzeugung aus und noch stärker in die Alternativen ein?

Für den Ausstieg aus den fossilen Energieträgern Kohle und Öl in der Wärmeversorgung hat die Bundesregierung in dieser Legislaturperiode bereits entscheidende Weichen gestellt. Mit dem Kohleausstiegsgesetz wurde die Beendigung der Strom- und Wärmeerzeugung aus Kohle bis 2038 beschlossen. Mit dem Verbot des Einbaus neuer Ölheizungen ab 2026 im GEG wurde auch der schrittweise Ausstieg aus der Wärmeerzeugung mit Erdöl eingeleitet.

Erdgas wird hingegen im Übergang zur klimaneutralen Wärmeerzeugung eine wichtige Rolle spielen. Alle untersuchten Szenarien kommen zu dem Ergebnis, dass Erdgas auch im Jahr 2030 noch eine bedeutende Rolle im Wärmesektor spielen wird. Aktuell stellen zudem viele Akteure in Folge des Kohleausstiegs Kohle-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) auf Gas-KWK um.

Klimaneutralität bedeutet aber, dass Erdgas spätestens im Jahr 2050, wenn überhaupt, nur noch punktuell (CCS/CCU) zur Wärmeversorgung eingesetzt werden kann.⁹ Vor dem Hintergrund der langen Investitionszeiträume im Wärmebereich und den notwendigen Infrastrukturentscheidungen für eine künftige Wärmeversorgung muss der Ausstieg aus Erdgas in den nächsten Jahren vorbereitet werden.

Abbildung 2: Wärmeversorgung insgesamt, 2018



2. Bausteine auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung



2.1 Erkenntnisse aus Potenzialstudien, Energieszenarien und Dialogprozessen

Wie kann die Transformation zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung gelingen? In den letzten Jahren haben verschiedene Verbände, wissenschaftliche Institute und Organisationen wie auch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit Hilfe von Modellen Szenarien aufgezeigt, wie eine klimaneutrale Energieversorgung in 2050 aussehen kann. Diese Szenarien werden flankiert durch Studien, die die Potenziale erneuerbarer Energien vertieft in den Blick nehmen, und Dialogprozesse, die das BMWi zu Gas 2030 und zur Nationalen Wasserstoffstrategie durchgeführt hat.

Energieszenarien und Potenzialstudien können als Orientierungshilfe für wirtschaftliche und politische Entscheidungen dienen. Sie helfen, auf Basis des aktuell verfügbaren Wissens ein Bild zu entwickeln, wie die Wärmeversorgung in 2050 und der Weg dahin in etwa aussehen könnten.

Die herangezogenen Studien und Szenarien decken eine Bandbreite verschiedener möglicher Entwicklungen und Optionen ab. Ihnen ist gemein, dass das Ziel der Bundesregierung, Deutschland bis 2050 klimaneutral zu machen, weitgehend erreicht wird, indem die Treibhausgasemissionen um 95 Prozent oder mehr reduziert werden.

Prognos (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Im Auftrag des BMWi. Unveröffentlicht. 95%-Zielerreichungsszenario für den Nationalen Energie- und Klimaplan (NECP). Die Berechnungen sind in die Überlegungen zur Langfristigen Renovierungsstrategie (LTRS) einbezogen worden.

Fraunhofer ISI et al. (2020): Langfrist- und Klimaszenarien. Im Auftrag des BMWi. In Vorbereitung.

95%-THG-Minderungsszenarien [Im Folgenden: Langfristszenarien 2]

Ortner et al. (2020): Berichtspflicht gem. der Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen – Endbericht.

Weitere aktuelle Szenarien:

Fraunhofer ISE (2020): Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem. Freiburg. Szenarien Beharrung, Referenz (beide 95 % THG-Minderung). [Im Folgenden: ISE 2020]

UBA (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität (RESCUE-Studie). Dessau. GreenEe-Szenario: 95 % THG-Minderung bei hoher Energieeffizienz.

IEK-3 und RWTH Aachen (2019): Wege für die Energiewende. Jülich.*

Szenario 95: 95 % THG-Minderungsszenario

dena und ewi (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Berlin, Köln.

Szenarien Elektrifizierung und Technologiemit jeweils 95 % THG-Minderung. [Im Folgenden: dena Leitstudie 2018]

The Boston Consulting Group und Prognos (2018): Klimapfade für Deutschland. Im Auftrag des BDI.

Pfad mit 95 % Treibhausgas-(THG-)Minderung [Im Folgenden: BDI Klimapfade 95 % 2018]

* Fokus industrielle Prozesswärme, nicht für Gebäude herangezogen

Gleichwohl gilt: Szenarien mit dem Zielbild 2050 sind kein Instrument, mit dem die tatsächliche Entwicklung vorweggenommen werden kann, und sie ersetzen auch nicht politische Entscheidungen. Für eine erfolgreiche Wärmewende brauchen wir auch die Offenheit für Innovationen.

Bei einigen Themen kommen alle Potenzialstudien und Szenarien zum selben Ergebnis. Eine drastisch gestiegene Energieeffizienz ist die Voraussetzung dafür, den verbleibenden Energiebedarf durch eigene und importierte erneuerbare Energien – gleich, in welcher Form – und unvermeidbare Abwärme zu decken. In fast allen Szenarien steigt der Anteil strombasierter Wärmeherzeugung durch Wärmepumpen erheblich. Und praktisch alle Szenarien setzen in großem Umfang auf strombasierte synthetische Brennstoffe wie grünen Wasserstoff in der Industrie. Wärmenetze spielen fast überall eine viel wichtigere Rolle als heute.

Unterschiedlich bewerten die Szenarien hingegen, inwieweit strombasierte synthetische Brennstoffe und Biomasse im Gebäudebereich zum Einsatz kommen. Manche verzichten im Gebäudebereich weitgehend auf ihren Einsatz, andere setzen sie hingegen in einem erheblichen Umfang zur Erreichung der Klimaneutralität ein. Der Einsatz erfolgt insbesondere in den Szenarien, die höhere Restriktionen bei Sanierungsrate bzw. Sanierungstiefe annehmen.

Diese Aussagen werden im Folgenden detailliert betrachtet und sollen im Dialog Klimaneutrale Wärme mit den Stakeholdern des Wärmebereichs diskutiert werden.

2.2 Entwicklung der Wärmenachfrage in Gebäuden und Industrie – Efficiency First

Das Ziel der klimaneutralen Wärme kann nur erreicht werden, wenn der Wärmebedarf stark gesenkt wird. Die Energieeffizienz zu erhöhen und Energieeinsparpotenziale konsequent auszunutzen, ist daher im Wärmebereich zentral.

2.2.1 Der Wärmebedarf in Gebäuden geht deutlich zurück

Im Rahmen des Prozesses „**Roadmap Energieeffizienz**“ diskutiert das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit den betroffenen Akteuren, wie der Endenergiebedarf in Gebäuden und im Bereich der Industrie gesenkt werden kann. Um Doppelungen zu vermeiden, richtet der Dialog Klimaneutrale Wärme das Augenmerk stärker auf die Dekarbonisierung der verbleibenden Wärmeversorgung. Die Verantwortlichen des Prozesses Roadmap Energieeffizienz berichten zum Stand der Arbeiten und die Ergebnisse werden in das Ergebnispapier dieses Dialogs aufgenommen. Da die Senkung des Wärmebedarfs eine Voraussetzung für eine klimaneutrale Wärmeversorgung ist, geht dieses Papier dennoch überblicksartig auf dieses Thema ein.

Im Gebäudebestand gehen Effizienz und erneuerbare Wärme Hand in Hand: Ein gesenkter Energiebedarf fördert den Einsatz erneuerbarer Energien. Zum einen, weil der Anteil erneuerbarer Energien sich dann schneller steigern lässt, zum anderen, weil sie sich bei niedrigerem Wärmebedarf und niedrigeren Systemtemperaturen effizienter nutzen lassen.

Die Bundesregierung strebt bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand an. Als wichtiger Zwischenschritt wurde im Klimaschutzgesetz beschlossen, den Treibhausgasausstoß des Gebäudesektors auf 70 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030 zu senken. Dies entspricht einer Minderung um 67 Prozent im Vergleich zu 1990. Wichtige Weichen dafür wurden 2020 u. a. durch verbesserte Förderbedingungen gestellt, deren Effekte bereits am Heizungsmarkt beobachtet werden können. Welche Auswirkungen die Anhebung des EU-Klimaziels von 40 Prozent auf 55 Prozent im Gebäudesektor haben wird, ist noch unklar. Im Jahr 2025 legt die Bundesregierung für weitere Zeiträume nach dem Jahr 2030 jährlich absinkende Emissionsmengen fest.¹⁰

In den meisten Studien und Szenarien, die Klimaneutralität als Ziel für 2050 annehmen, soll die Sanierungsrate des Gebäudebestands künftig mindestens doppelt so hoch sein und die Gebäude dabei ambitionierter saniert werden als heute.¹¹ Bis 2050 muss in fast allen Studien und Szenarien der Wärmebedarf für Gebäude stark bis sehr stark sinken, und zwar je nach Studie auf gut 500 TWh (37 Prozent) bis 300 TWh (62 Prozent). Szenarien mit geringeren Sanierungserfolgen müssen dies durch erheblich größere Anstrengungen bei Wärmepumpen, Biomasse, Wärmenetzen und in manchen Szenarien auch mit größeren Mengen Power to Gas ausgleichen.

Beim Neubau sollte künftig das Ziel der Klimaneutralität im Jahr 2050 noch stärker berücksichtigt werden. Auf Grund der Langlebigkeit von Immobilien sollten Neubauten aber so schnell wie möglich klimaneutral werden, um künftig teure Sanierungen an gerade erst gebauten Gebäuden zu

vermeiden. Häuser mit einer Senkenfunktion, d. h. einer Treibhausgasbilanz unter null, helfen, das Gesamtziel der Klimaneutralität für den Gebäudesektor zu erreichen (sog. Effizienzhäuser Plus, wie sie bereits gefördert werden).

2.2.2 Industrielle Prozesswärme: trotz Wirtschaftswachstum eher gleichbleibender Bedarf

In den untersuchten Szenarien wird ähnlich viel industrielle Prozesswärme benötigt wie heute. Das sind knapp 500 TWh. Dabei schwanken die Einschätzungen zu den Zahlen für die Prozesswärme zwischen einem Absinken um etwa 20 Prozent (Fraunhofer ISE 2020, BDI 2018) und einem Wachstum um 10 Prozent (IEK-3 und RWTH Aachen 2019). Es werden ein stabiles Wirtschaftswachstum und Effizienzsteigerungen unterstellt.

Optimierung von Prozessen, bessere Nutzung der eingesetzten Wärme und Rohstoffe sind wichtige Schritte, um Energie in der Industrie zu sparen. Beispielsweise können Wärmerückgewinnung und Ofendämmung verbessert, neue Verfahren in der Grundstoffindustrie eingeführt, unvermeidbare industrielle Abwärme genutzt sowie bestehende Betriebsabläufe optimiert werden. Die Szenarien gehen davon aus, dass diese und ähnliche Maßnahmen die Effizienz der Industrie jährlich im Schnitt um 1,1 bis drei Prozent steigern können.¹²

In einer klimaneutralen Zukunft muss die Verbrennung von fossilen Brennstoffen vermieden werden: Dieser Energieträgerwechsel ist die zentrale Herausforderung der industriellen Prozesswärme. Die meisten Prozesse müssen grundlegend umgestellt werden, damit künftig effiziente klimaneutrale Wärmeerzeugungstechnologien die fossi-

¹⁰ §4 (6) Gesetz zur Einführung eines Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer Vorschriften, 12.12.2019.

¹¹ In einigen Szenarien müssen Bestandsgebäude 2050 das heutige energetische Niveau von Neubauten erreichen. Andere Szenarien gehen noch darüber hinaus.

¹² Ausgedrückt als Steigerung der Endenergieproduktivität.

len Brennstoffe ersetzen können. Im Fall der hochtemperaturigen Prozesse, für die künftig weiterhin Brennstoffe benötigt werden, müssen diese klimaneutral sein.

2.3 Optionen für die Bereitstellung der verbleibenden Wärme: Dekarbonisierung mit breitem Mix an Technologien

Die Wärme wird heute zu über 80 Prozent durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen gedeckt. Hier steht in den nächsten 30 Jahren ein Paradigmenwechsel bevor, der jetzt eingeleitet werden muss. Um das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung zu erreichen, wird Wärme künftig zu einem großen Teil nicht mehr durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen, sondern vor allem durch die direkte Nutzung von erneuerbarer Wärme (Solarenergie, Erdwärme und Umgebungswärme), erneuerbaren Strom oder aus unvermeidbarer Abwärme erzeugt werden. Dort, wo weiterhin gasförmige Brennstoffe eingesetzt werden, werden diese künftig klimaneutral und langfristig auf der Basis von erneuerbaren Energien hergestellt.

Klar ist: Es gibt nicht die eine Form der Wärmebereitstellung, die das gesamte Spektrum, in dem Erdgas, Kohle und Öl zur Wärmergewinnung eingesetzt werden, ersetzen kann. Die unterschiedlichen Optionen zur Erzeugung von klimaneutraler Wärme haben unterschiedliche Vorteile, Einsatzmöglichkeiten und Verfügbarkeiten.

2.3.1 Nutzung der Umgebungswärme mittels Wärmepumpen

Umgebungswärme, also Wärme aus der Luft, aus der oberflächennahen Geothermie (Erdwärme), aus Gewässern, Abwasser oder Abwärme, ist fast überall verfügbar, aber in unterschiedlichem Umfang nutzbar. Wärmepumpen machen diese Wärme auch auf anderen Temperaturniveaus nutzbar, indem sie die Wärme der Umgebung mit Hilfe von Strom auf ein höheres (oder im Falle von Kühlung niedrigeres) Temperaturniveau bringen. Grundsätzlich sinnvoll und möglich ist der Einsatz sowohl im Bereich der Raumwärme, Warmwasser bis ca. 70 °C, wie auch im Bereich der Prozesswärme mit Temperaturen bis ca. 140 °C.

Dezentrale Wärmepumpen Gebäude

Im Neubau sind Wärmepumpen schon heute die wichtigste Heizungstechnik. Aktuell wird in fast jedem zweiten neuen Gebäude eine Wärmepumpe eingebaut.¹³ Durch Niedertemperatur- und Flächenheizsysteme sowie hohe Effizienzstandards und verbesserte Dämmungen sind sie dort besonders einfach, effizient und wirtschaftlich zu realisieren.

Im Gebäudebestand wächst der Anteil von Wärmepumpen auch, allerdings noch auf niedrigem Niveau. Aktuell sind hier sechs Prozent der neu installierten Wärmeerzeuger Wärmepumpen, die die unmittelbare Wärme der Umgebung nutzen. Optimal ist der Einsatz, wenn eine energetische Sanierung mit der Erneuerung des Heizverteilungssystems und dem Einbau einer Wärmepumpe verbunden wird. Inzwischen kann ihr Einsatz aber auch bei nicht vollständiger Sanierung Sinn machen. Bei unsanierten Gebäuden lässt hingegen die Effizienz der Wärmepumpen erheblich nach, so

13 <https://www.waermepumpe.de/presse/news/details/baugenehmigungen-2019-waermepumpe-verteidigt-spitzenposition/#content>

dass die Nutzung derzeit häufig wirtschaftlich nicht sinnvoll ist. In manchen Fällen lässt sich aber durch größere Radiatoren und eine Absenkung der Systemtemperatur auch ein Wärmepumpen-kompatibles System etablieren. Wenn ergänzend die Warmwassererzeugung (über 60 °C) von der Wärmepumpe entkoppelt wird, lassen sich weitere Effizienzen heben. In Skandinavien ist der Einbau von Wärmepumpen bei der Sanierung von Bestandsgebäuden bereits verbreitet. Im Altbau können zudem „Hybrid- Wärmepumpen“ eingebaut werden, die Wärmepumpen (als Grundlast-Wärmeerzeuger) mit einem zweiten Wärmeerzeuger (Spitzenlast-Wärmekessel) koppeln.

Wärmepumpen – erhebliche Marktpotenziale
Wärmepumpen sind ein globaler Markt. Die Internationale Energieagentur geht davon aus, dass sich der Anteil von Wärmepumpen im Heizungsmarkt bis 2030 verdreifachen wird. Sie nimmt an, dass 2040 Wärmepumpen zur weltweit führenden Technologie zum Heizen und Kühlen von Gebäuden aufsteigen.¹⁴ Technologieführern bietet sich damit ein großes Marktpotenzial. Während deutsche Unternehmen weltweit führend beim Vertrieb fossiler Heizungstechnologie sind, sind sie am Wachstumsmarkt der Wärmepumpe bislang nur geringfügig beteiligt.¹⁵ Eine starke Binnennachfrage kann der deutschen Heizungsindustrie helfen, ihre globale Marktposition in diesem Segment zu stärken.

Großwärmepumpen in Wärmenetzen

Großwärmepumpen können bei der Dekarbonisierung der Wärmenetze eine wichtige Rolle spielen. Aktuell gibt es – anders als z. B. in Dänemark oder Schweden – in deutschen Wärmenetzen bisher nur wenige Großwärmepumpen in Wärmenetzen. Inzwischen ermöglichen moderne technische Konzepte wie die Kaskadenschaltung, dass Wärmepumpen auch bei vergleichsweise hohen Temperaturen in Wärmenetzen betrieben werden können.

Abwasserwärme in Verbindung mit Wärmenetzen

Abwasserwärme kann als Wärmequelle für Wärmepumpen im Quartier genutzt werden. Dafür wird in einem öffentlichen Abwasserkanal mit entsprechender Durchflussrate ein Wärmetauscher installiert. Die Wärmepumpe hebt das Abwasserwärmeebene dann auf die benötigte Systemtemperatur des Gebäudes. Entsprechende Abwasserkanäle haben den Vorteil des weitgehend konstanten Abwasser- und Wärmedurchflusses und der weitgehend konstanten Abwassertemperatur. Bei hohen Quelltemperaturen steigt der Wirkungsgrad der Wärmepumpe erheblich an. Die Abwasserkanalkollektoren sind inzwischen mehrjährig am Markt erprobt.

Großwärmepumpen können – zusätzlich zur Einsparung von Treibhausgasen – auch Vorteile für die Wärmenetze und das Stromsystem haben. Sie können über die Netze eine Vielzahl möglicher Wärmequellen erschließen. Außerdem können Großwärmepumpen in Wärmenetzen dem Strommarkt Flexibilität bereitstellen, da Lastverschiebungen und thermische Speicherung hier leichter zu steuern sind. Die aktuellen Langfrist- und Klima-

14 IEA (2020): Energy Technology Perspectives. Abrufbar unter <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

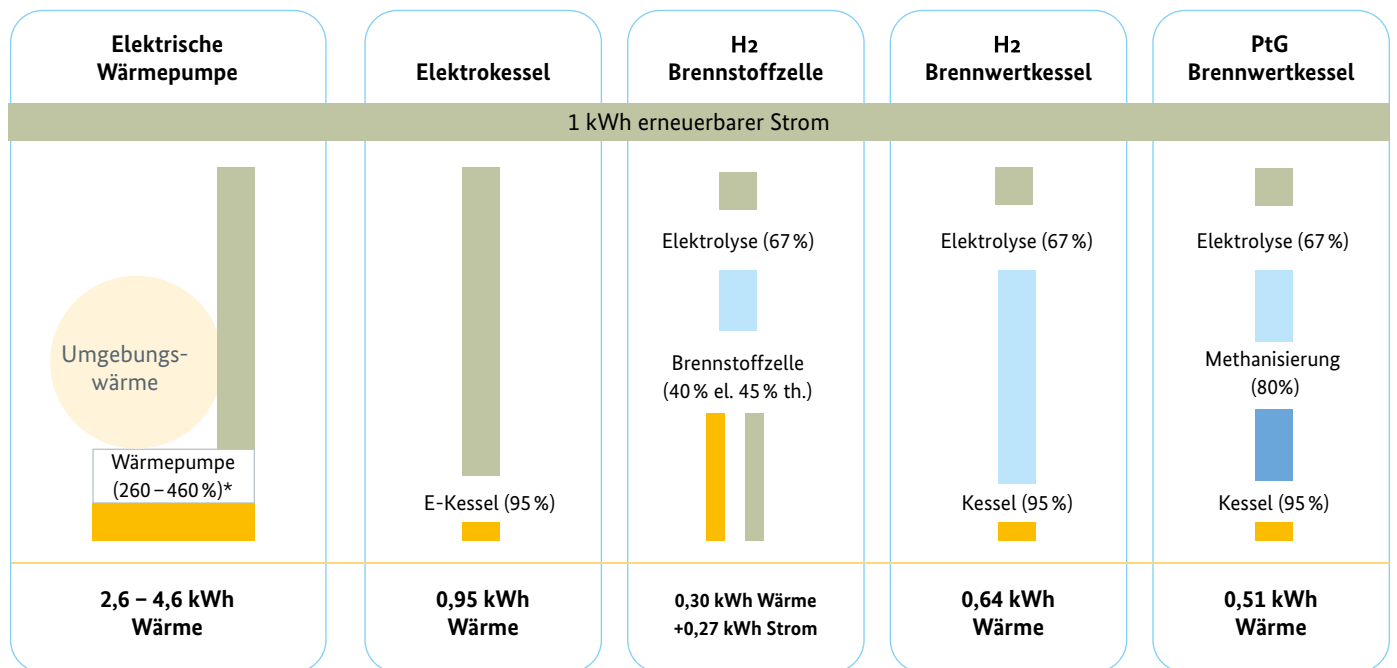
15 PwC (2020): Chancen und Risiken für die deutsche Heizungsindustrie im globalen Wettbewerb. Abrufbar unter <https://www.pwc.de/de/energiwirtschaft/chancen-und-risiken-fur-die-deutsche-heizungsindustrie-im-globalen-wettbewerb.pdf>

szenarien im Auftrag des BMWi gehen von fast 70 Prozent Anteil Großwärmepumpen in Wärmenetzen aus.¹⁶ Dafür müssten bei einem sehr starken Zubau von Wärmepumpen ggf. Verteilnetze verstärkt werden, um größere Strommengen im Winter sicher bereitstellen zu können. In einigen Szenarien werden Wärmepumpen und Wärmenetze 2050 zu einer der größten Flexibilitätsoptionen für den Strommarkt und den Netzbetrieb.

Bis 2019 waren insgesamt rund eine Million Wärmepumpen installiert, die etwa fünf Prozent der Gebäude mit Wärme beliefern¹⁷.

Aufgrund der hohen Effizienz von Wärmepumpen gegenüber anderen Wärmeerzeugern (Abbildung 3) sind in den meisten Szenarien 2050 zwischen 13 und 17 Millionen Wärmepumpen installiert, die bis zu zwölf Mal mehr Wärme liefern als heute. Das heißt, dass Wärmepumpen 2050 in vielen Szenarien rund 70 bis 85 Prozent der Gebäude versorgen. Selbst in Szenarien mit Fokus Power to Gas versorgen Wärmepumpen noch schätzungsweise 15 bis 30 Prozent der Gebäude. Das bedeutet ein massives Wachstum.

Abbildung 3: Vergleich durchschnittlicher Nutzungsgrade von Wärmepumpen, E-Heizern und PtG-Technologien unter typischen Bedingungen



■ Strom ■ Wärme ■ H2 ■ CH4 (X%): Nutzungsgrad

Quelle: Agora Energiewende (2020), PwC (2020), Fraunhofer ISE(2020). *Abhängig von Gebäude, Wärmequelle und Heizungstemperatur.

16 Fraunhofer ISI et al. (2020): Langfrist- und Klimaszenarien. Im Auftrag des BMWi. In Vorbereitung.

17 https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf

2.3.2 Solarthermie

Solarthermie kommt bislang vor allem in Ein- und Zweifamilienhäusern zum Einsatz. Hier kann sie Wasser etwa zum Duschen klimafreundlich erwärmen: das schafft sie für bis zu rund 60 Prozent des Warmwassers.

Solarthermieanlagen, die außer Warmwasser auch die Heizung unterstützen, sind technisch aufwändiger und teurer als reine Warmwasser-Anlagen.

In gut gedämmten Gebäuden können sie aber bereits bis zu über 30 Prozent der Raumwärme bereitstellen.¹⁸ Wichtig ist der Einbau eines großen Wärmespeichers, um das von der Sonne aufgeheizte Wasser auch länger nutzen zu können. Im Winter ist der Beitrag der Solarthermie naturgemäß gering.

2019 hat die Solarthermie eine Wärmemenge von rund acht TWh¹⁹ für dezentrale Gebäude bereitgestellt.

Solarthermie wird in allen untersuchten Szenarien 2050 in Gebäuden eingesetzt. In den meisten untersuchten Szenarien beträgt die gewonnene Wärme 2050 zwischen rund 30 und 40 TWh. Das können je nach Szenario bis zu zehn Prozent des gesamten Gebäudewärmebedarfs im Jahr 2050 sein. Dies wäre das Vier- oder Fünffache des Ertrages im Jahr 2019. Allerdings konkurrieren Solarthermie und Photovoltaiksysteme bei den verfügbaren Flächen auf und an Gebäuden. Daher wird zukünftig auch die Frage sein, welche Systeme bei begrenzter Fläche „wertvoller“ sein werden: Strom- oder Wärmekollektoren.

Großflächensolarthermie als Komponente in Wärmenetzen

Solarthermie kann in Wärmenetzen mit Speicher einen solaren Deckungsgrad von bis zu 50 Prozent erreichen. Die Kombination mit einem zweiten Wärmeerzeuger ist in Wärmenetzen zudem deutlich günstiger als in Einzelgebäuden. Bisher ist der Anteil der Großflächensolarthermie noch gering. Es gibt aber in diesem Bereich eine erhebliche Ausbaudynamik.

Auch bei Wärmekonzepten für kleine Nahwärmenetze oder Quartiere kann eine Kombination aus einer Solarthermieanlage und einem zweiten Wärmeerzeuger, z. B. einer Wärmepumpe, eine Lösung sein, da mit der Solarthermieanlage das Temperaturniveau für die Wärmepumpen angehoben und so die Effizienz der Wärmepumpe gesteigert werden kann. Voraussetzung hierfür ist eine gute Abstimmung und Koordinierung beim Neu- und Umbau von Quartieren und eine stärkere Vernetzung aller Beteiligten.

In den untersuchten Szenarien tragen solarthermische Großanlagen rund sieben bis 20 TWh zum Erzeugungsmix in den Wärmenetzen bei. Sie sind damit ein wichtiger Baustein, der rund acht bis zwölf Prozent der benötigten Wärme liefern könnte.²⁰

18 Jochum et al. (2017), Anlagenpotenzial, Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich, im Auftrag des BMWi. Beuth Hochschule, ifeu.

19 Schätzung auf Basis von BSW Solar (2020): Statistische Zahlen der deutschen Solarwärmebranche (Solarthermie).

20 Der Wert fußt auf den Szenarien, die genaue Angaben zur Wärmeerzeugung in den Wärmenetzen machen. Ein klares Bild zur Rolle der Solarthermie in Wärmenetzen zeigen nur die Szenarien NECP (2020), Langfristszenarien 2 (2020) und BDI Klimapfade 95 % (2018).

2.3.3 Photovoltaik am Gebäude, Hybridsolaranlagen

Dezentrale Photovoltaik kann direkt vor Ort zur Strom- und Wärmeversorgung von Gebäuden und Quartieren eingesetzt werden. Aufgrund der hier gegebenen Verfügbarkeit von Strom können als Wärmeerzeuger neben Wärmepumpen auch direktelektrische Heizungen (Infrarot oder Flächenheizungen) in hocheffizienten Gebäuden eine wirtschaftliche Alternative bieten, da mit Ausnahme des Heizkörpers keine weitere Systemtechnik benötigt wird. Voraussetzungen für den effizienten Betrieb direktelektrischer Heizungen sind hohe energetische Standards mit insgesamt niedrigem Wärmebedarf. Als Wärmeerzeuger kommen eine Wärmepumpe und/oder eine Stromdirektheizung in Betracht. Eine Wärmepumpe erzeugt unter der Nutzung der Umgebungswärme deutlich mehr und effizienter Wärme aus Strom als eine Stromdirektheizung, ist allerdings deutlich teurer. Die Kombination aus Wärmepumpe mit elektrischem Heizstab kann auch für den Gebäudebestand eine günstige und praktikable Lösung sein. Groß dimensionierte Wärmepumpen können dadurch vermieden werden und die Einsatzmöglichkeiten von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden – auch mit Dämmrestriktionen – steigen.

Bei ausreichend großer Modulfläche und in Phasen hoher Sonneneinstrahlung kann ein mit PV ausgestattetes Gebäude nicht nur heizen, sondern auch zu einem kleinen Kraftwerk werden. Sofern der Strom nicht zur Wärmeversorgung im Gebäude selbst genutzt wird, kann die Photovoltaik Teile des weiteren Strombedarfs decken. Der selbst erzeugte Strom kann für die Energieversorgung des Gebäudes (Strom, Wärme, Mobilität) genutzt, lokal gespeichert oder ins Netz eingespeist werden.

Oftmals sind insbesondere in Quartieren Dachflächen für eine intensive Solarenergie-Nutzung

vorhanden. In diesen Fällen kann über lokale Infrastrukturen die Energie-Quartiersversorgung mit den bereits vorgestellten Technologien in Teilen oder sogar in Gänze sichergestellt werden. Perspektivisch können in diese Quartiersansätze darüber hinausgehende Erzeuger- und Speichersysteme eingebunden werden und damit neue Schnittstellen zur umgebenden Infrastruktur und anliegenden Industrien geschaffen werden. Wenn Wärme quartiersbezogen zentral bereitgestellt wird, ist der Einsatz von Wärmepumpen in Kombination mit der Photovoltaik häufig naheliegend. Da der Strom aus dem Netz mittelfristig ebenfalls rein erneuerbar sein wird, ist es für die Wärmeerzeugung aus Klimaschutzsicht grundsätzlich unerheblich, ob der Strom für die Wärmeerzeugung aus dem Netz oder von der eigenen Photovoltaikanlage geliefert wird. Auf zweifellos wichtige Fragen der Systemdienlichkeit, des Netzausbaus etc. wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

Neu sind Hybridsolaranlagen, sogenannte PVT-Module, die sowohl Wärme als auch Strom erzeugen und die Sonneneinstrahlung als Strom und Wärme nutzen können. PVT-Module können Wärmepumpen technisch gut ergänzen. Die Kombination ermöglicht durch die Kühlung, dass die PV-Module einen durchgängig hohen Ertrag haben. Im Sommer können sie die überschüssige Wärme ggf. sogar im Erdreich speichern.

2.3.4 Tiefe Geothermie

Bei der tiefen Geothermie wird in 1.000 bis 4.500 Metern Tiefe nach heißem Tiefenwasser gebohrt, um es in Wärmenetzen oder Heizkraftwerken zu nutzen. Die Möglichkeiten dafür sind regional stark unterschiedlich. Die Investitionen lohnen sich vor allem in Gebieten, in denen günstige geologische Voraussetzungen und hohe Wärmenachfrage zusammentreffen. Ein Hauptgrund für die bisherige Investitionszurückhaltung ist das Risiko, bei

Bohrungen nicht auf geeignete wärmeführende oder wärmespeichernde Schichten zu kommen.

Bisher leistet die tiefe Geothermie deutschlandweit einen geringen Beitrag zur Deckung der Wärmenachfrage. 2018 haben 38 solche Geothermieanlagen eine Wärmemenge von 0,35 TWh für Wärmenetze bereitgestellt.²¹

In den meisten Szenarien wird die tiefe Geothermie in den geeigneten geographischen Regionen bis 2050 erheblich ausgebaut. Beispielsweise planen die Stadtwerke München, bis zum Jahr 2040 den überwiegenden Anteil der Münchner Fernwärme durch tiefe Geothermie bereitzustellen. Je nach Szenario deckt sie im Jahr 2050 einen Anteil von sieben bis zehn Prozent der gesamten Wärme in Wärmenetzen.

2.3.5 Abwärme

Grundsätzlich sollten industrielle Prozesse so optimiert werden, dass Abwärme gar nicht erst in großen Mengen entsteht. Ist Abwärme aber unvermeidbar, dann ist ihre Nutzung zur Wärmeversorgung grundsätzlich sinnvoll. Unvermeidbare Abwärme fällt in zahlreichen Industriebetrieben an, zum Beispiel in Stahlwerken, Aluminiumhütten und Zementwerken.

Abwärme speist heute nur in sehr geringem Umfang in Wärmenetze ein. 2018 wurden mit industrieller Abwärme nur 1,3 bis 2,3 TWh²² Wärme in Wärmenetzen gedeckt. Das sind ein bis zwei Prozent der gesamten Wärmeerzeugung in Wärmenetzen.

Gründe für den vergleichsweise zurückhaltenden Einsatz von unvermeidbarer Abwärme sind: Nur ein Teil der Abwärme ist tatsächlich für Wärmenetze wirtschaftlich nutzbar. Zum einen müssen Wärmeabnehmer vorliegen, die sich für eine Netzerschließung eignen. Außerdem muss die Abwärme dauerhaft verfügbar und technisch nutzbar sein.²³ Bei industrieller Abwärme besteht zudem das Risiko, dass aufgrund von Werkschließungen oder -verlagerungen die Abwärmequelle entfallen kann und ggf. schnell ein alternativer Wärmeerzeuger benötigt wird. Darüber hinaus werden Industriebetriebe auch aus Klimaschutzgründen Prozesse umstellen müssen, so dass Abwärmequellen entfallen können.

In den Szenarien steigt die Nutzung von unvermeidbarer Abwärme besonders mit Blick auf 2030 deutlich an, bevor sie zur Mitte des Jahrhunderts wieder rückläufig ist. Das NECP-Szenario (2020) kommt auf etwa neun TWh Abwärme in Wärmenetzen, die BDI Klimapfade auf 16 TWh Abwärme in 2050. Das entspricht zehn bis elf Prozent der Wärme in Wärmenetzen.²⁴ Genau wie die tiefe Geothermie kann auch Abwärme regional ein wichtiger Baustein des Erzeugungsmix in Wärmenetzen sein, insbesondere in Verbindung mit Wärmepumpen (s. 2.3.1).

2.3.6 Biomasse

Aktuell wird mit der Verbrennung von fester, gasförmiger oder flüssiger Biomasse der größte Teil der erneuerbaren Wärme produziert. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland 152 TWh Wärme aus Biomasse bereitgestellt, davon mit rund 80 TWh mehr

21 BMWi (2020), Gesamtausgabe der Energiedaten – Datensammlung des BMWi

22 ifeu, Hamburg Institut, Consulaqua, „Berichtspflicht gemäß der Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen“, Studie im Auftrag der BfEE, Heidelberg 2020

23 ifeu, GEF, indevo, EnEff:Wärme (2019): NENIA – netzgebundene Nutzung industrieller Abwärme. Gefördert vom BMWi, Heidelberg, Leimen. Verfügbar unter <https://www.ifeu.de/projekt/nenia/>

24 Nicht alle betrachteten Szenarien machen genaue Angaben zur Nutzung von Abwärme in den Wärmenetzen, konkrete Zahlen liefern nur die Szenarien NECP (2020) und BDI Klimapfade 95 % (2018).

als die Hälfte für Gebäudewärme. Das sind ca. 86 Prozent der mit erneuerbaren Energien bereitgestellten Wärme.²⁵

Im Prozesswärmebereich steigt in einigen Szenarien der Bedarf von Biomasse stark an, um Prozesse dekarbonisieren zu können. Aufgrund der bestehenden Potenzialgrenzen bei nachhaltiger Biomasse und der zu erwartenden hohen Nachfrage aus den anderen Sektoren bleibt der Einsatz von Biomasse im Gebäudewärmebereich in fast allen Szenarien konstant oder geht bis 2050 gegenüber heute zurück. Die Szenarien mit Schwerpunkt PtG setzen dagegen mehr Biomasse ein, weil sie gegenüber PtG häufig wirtschaftlicher ist. Aufgrund der hohen sektorübergreifenden Nachfrage gehen viele Szenarien davon aus, dass mit stark steigenden Preisen für Biomasse zu rechnen ist.

Biomasse in Wärmenetzen

Biomasse erzeugt heute den überwiegenden Anteil erneuerbarer Erzeugung in Wärmenetzen und kann im Übergang zur klimaneutralen Wärmeversorgung durch Wärmenetze eine wichtige Rolle spielen. Wenn Kohlekraft-KWK abgeschaltet wird, kann Biomasse die Zeit überbrücken, bis die Temperatur des Netzes so weit abgesenkt ist, dass auch andere Technologien in großem Umfang eingesetzt werden können. Darüber hinaus kann Biomasse zur Deckung von Lastspitzen und als Absicherung in Wärmenetzen dienen: Biomasse kann etwa zeitweise Teilnetze „nachbeheizen“, wenn zum Beispiel in einem städtischen Wärmenetz einzelne Quartiere noch nicht für die Temperaturabsenkung des Netzes bereit sind oder andere Wärmeversorger ausfallen. Die Frage, ob Biomasse langfristig eine Rolle in Wärmenetzen spielen soll und kann, hängt auch von den Nutzungskonkurrenzen ab.

2.3.7 Klimaneutraler Wasserstoff und synthetische Brennstoffe

Die Nationale Wasserstoffstrategie und die erste Bilanz des Gasdialogs 2030 machen deutlich: Wasserstoff und synthetische Brennstoffe spielen in einem klimaneutralen Energiesystem eine wichtige Rolle. Wasserstoff ist ein Energiespeicher, der angebotsorientiert und flexibel erneuerbare Energien speichern und einen Beitrag zum Ausgleich von Angebot und Nachfrage leisten kann. Wasserstoff ist neben Wärmepumpen und Elektromobilität ein wesentliches Element der Sektorkopplung. In den Bereichen, in denen Strom aus erneuerbaren Energien nicht direkt eingesetzt werden kann, können klimaneutraler Wasserstoff und seine Folgeprodukte (PtG, PtL) neue Dekarbonisierungspfade eröffnen.

Die Frage des Einsatzes von klimaneutralem Wasserstoff und anderen klimaneutralen Brennstoffen wurde in den Dialogprozessen zu Gas 2030 und zur Nationalen Wasserstoffstrategie konkret diskutiert. Die Ergebnisse waren:

Kurzfristig wird sich aus dem Kohleausstieg auch ein verstärkter Einsatz von Erdgas ergeben. Mittelfristig ist jedoch von einem Rückgang beim Einsatz von Erdgas auszugehen. Auch langfristig wird es Anwendungen geben, die nicht vollständig elektrifiziert werden können oder für die keine Alternativen verfügbar sind. Hier sind CO₂-freie bzw. -neutrale Energieträger („grüne Moleküle“) fester Bestandteil der Energiewende.

Insbesondere in Bereichen, in denen sich der Energiebedarf nicht allein über gesteigerte Energieeffizienz und Verstromung aus erneuerbaren Energien decken lässt, werden CO₂-freie und

25 UBA (2019): Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2018. Online unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-07_cc-37-2019_emissionsbilanz-erneuerbarer-energien_2018.pdf

-neutrale gasförmige Energieträger zunehmend an Bedeutung gewinnen. Dies betrifft insbesondere die Industrie (Direktreduktion von Eisenerz, Grundstoffindustrie, Prozessdampf), den Luft- und Schiffsverkehr, ggf. den Schwerlastverkehr, weil hier die Lücke zur Wirtschaftlichkeit aus heutiger Sicht am geringsten ist.

Die Nationale Wasserstoffstrategie kommt zu dem Ergebnis, dass klimaneutraler Wasserstoff bis 2030 im Bereich der Wärme nach aller Voraussicht noch keine quantitativ umfangreiche Rolle spielen wird, doch dass sich dies in einer klimaneutralen Zukunft ändern kann. In der Nationalen Wasserstoffstrategie wird aufgezeigt: Bis 2030 wird durch den Anstoß des Markthochlaufs ein erster Anstieg des Bedarfs an Wasserstoff insbesondere im Industriesektor (Chemie, Petrochemie und Stahl) und im Verkehr erwartet. Langfristig könnten weitere Verbraucher, etwa Teile der Wärmeversorgung, hinzukommen.

Die untersuchten Studien und Szenarien sehen klimaneutralen Wasserstoff und klimaneutrale synthetische Brennstoffe – ähnlich wie Biomasse – als kostbare Güter, bei denen sich die Frage stellt, wie sie am zweckmäßigsten und effizientesten eingesetzt werden können. Vor diesem Hintergrund kommen sie zu folgenden Ergebnissen:

Bei der Produktion von Prozesswärme in der Industrie können Wasserstoff und synthetische Brennstoffe eine wichtige Rolle übernehmen. Neben der stofflichen Nutzung kann Wasserstoff und seine Folgeprodukte als Brennstoff in Hochtemperaturanwendungen, wie beispielsweise in den Schmelzverfahren der Glas- und Keramikindustrie, eine interessante Alternative zu direktelektrischen Verfahren sein.

Wasserstoff-betriebene KWK-Anlagen könnten eine Rolle in Wärmenetzen spielen. In vielen Szenarien wird Wasserstoff zur Stromproduktion in Backup-Kraftwerken eingesetzt, wenn Sonnen- und Windenergie nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stehen. Sofern diese Backup-Kraftwerke KWK-Anlagen sind, kann auch die Fernwärme profitieren, die in diesen Zeiten die Wärme aus den KWK-Anlagen abnehmen kann. Wenn die KWK-Anlagen durch Wärmespeicher ergänzt werden, können trotz strommarktgeführter Fahrweise auch Wärmespitzen im Winter abgedeckt werden.

Im Bereich der dezentralen Wärmeversorgung sehen viele der untersuchten Szenarien dagegen keinen oder nur einen relativ geringen Beitrag von Wasserstoff, Power to Gas und Power to Liquid für die Deckung des Wärmebedarfs in Gebäuden. Der Grund: Hier gibt es effizientere und kostengünstigere Lösungen, wie die direkte Nutzung von erneuerbaren Energien und Effizienzmaßnahmen. Einige eher PtG-orientierte Szenarien setzen hingegen gezielt auf Power to Gas auch im dezentralen Wärmebereich, um z. B. geringere Erfolge bei der Gebäudesanierung zu kompensieren. PtG setzt sich in diesen Szenarien nicht aus wirtschaftlichen Gründen durch, sondern weil Restriktionen bei der Gebäudesanierung vorausgesetzt werden. Gesamtwirtschaftlich werden hier jährliche Zusatzkosten von acht bis zwölf Mrd. Euro geschätzt, wenn statt ambitionierter Sanierung die Klimaschutzlücke durch Power to Gas gedeckt wird.²⁶

In Wirtschaft und Politik gibt es allerdings das Anliegen, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass synthetisch erzeugte Energieträger künftig bei der Erfüllung der Anforderungen an Neubau und Sanierungen nach dem Gebäudeenergiegesetz Berücksichtigung finden können. Im Gebäude-

²⁶ Die Studie „Wert der Energieeffizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung“ im Auftrag der Agora Energiewende errechnet bei einem Zielniveau von 87,5 Prozent Treibhausgasminderung beispielsweise Differenzkosten von 8 Mrd. Euro pro Jahr bis 2050 im Vergleich eines Effizienz-/Wärmepumpenszenarios mit einem Business as usual/PtG-Szenario (ifeu et al. 2019).

energiegesetz wurde daher festgelegt, dass BMWi und BMI bis zum Jahr 2023 prüfen, auf welche Weise und in welchem Umfang synthetisch erzeugte Energieträger in flüssiger oder gasförmiger Form unter Wahrung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit und der Technologieoffenheit sowie unter Beachtung der Bezahlbarkeit des Bauens und Wohnens bei der Erfüllung der Anforderungen an Neubau und Sanierungen Berücksichtigung finden können. Außerdem ermöglicht die Innovationsklausel des Gebäudeenergiegesetzes bis Ende 2023, die Erfüllung der Neubau- und Sanierungsanforderungen auf Basis der CO₂-Emissionen anstelle der herkömmlichen primärenergetischen Anforderungen zu erproben, soweit die Gleichwertigkeit der Anforderungen gegeben ist. Dabei kann auch die Nutzung synthetisch erzeugter Energieträger in flüssiger oder gasförmiger Form erprobt werden. Entscheidend ist dabei – wie bei allen Energieträgern –, dass die mit der Herstellung der synthetischen Energieträger verbundenen CO₂-Emissionen vollumfänglich berücksichtigt werden.

2.3.8 Besonderheiten bei der Dekarbonisierung der Prozesswärme

Der Wärmebedarf der Industrie ist differenzierter als der Gebäudewärmebedarf. Es lässt sich in zwei große Gruppen einteilen: Niedertemperaturwärme und Mittel- bzw. Hochtemperaturwärme. Von Niedertemperaturwärme spricht man bei Temperaturen bis ca. 100 °C, mittlere Temperaturniveaus liegen bei ca. 100 bis 500 °C und Hochtemperaturwärme bei über 500 °C.

Wärmepumpen und Solarthermie eignen sich sehr gut für niedrige Temperaturen. Bis rund 140 °C können Wärmepumpen beispielsweise Trocknungs-, Koch- und Waschprozesse unterstützen oder in der Nahrungsmittel- sowie der chemischen Industrie Niedertemperaturwärme bereitstellen. Anwendungsfelder der Solarthermie liegen u. a. im Bereich der Heißwasser- und Dampferzeugung in der Nahrungsmittelindustrie. Zusätzlich können solarthermische Anlagen Wasser für nachfolgende Hochtemperaturprozesse vorwärmen.²⁷

Perspektivisch können große Teile der notwendigen Niedertemperaturwärme der Industrie mit Wärmepumpen gedeckt werden.²⁸ In den Szenarien liefern Wärmepumpen in 2050 zwischen 16²⁹ und 60 TWh³⁰ an Prozesswärme, Solarthermieanlagen ergänzen elf bis zwölf TWh.

Für den Hochtemperaturbereich kommen verschiedene Verfahren der klimaneutralen Wärmeerzeugung in Betracht: direkt elektrische Verfahren, Biomasse und PtX.

Wärme und Dampf können direktelektrisch bereitgestellt und so für vielfältige Prozesse verwendet werden: in der Stahlherstellung (mit Einschränkungen), in Eisen- und Nichteisengießereien und in der Glasherstellung. Vorteil elektrischer Prozesswärmeverfahren sind die sehr hohen Temperaturen und ihr hoher Wirkungsgrad. Eine große Herausforderung für die etablierten, optimierten Prozesse in der Industrie stellt diese Umstellung dennoch dar.

27 Schmitt et al. 2017

28 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme [ISE] (Hg.) (2020): Studie: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Freiburg. Wolf, S. (2016): Integration von Wärmepumpen in industrielle Produktionssysteme. Potenziale und Instrumente zur Potenzialerschließung. Dissertation Universität Stuttgart, Stuttgart. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung

29 Fraunhofer ISI et al. (2020): Langfrist- und Klimaszenarien. Im Auftrag des BMWi. 95 %-THG-Minderungsszenarien In Vorbereitung. Szenario: PtG/PtL

30 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme [ISE] (Hg.) (2020): Studie: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen. Freiburg. Der angegebene Wert schließt neben Wärmepumpen auch die vergleichbar arbeitenden Brüdenverdichter für dampfbasierte Prozesse ein, die jedoch nur in Verbindung mit Abwärmenutzung arbeiten.

Zu der Verwendung von direktelektrischen Verfahren in 2050 unterscheiden sich die Angaben zwischen den einzelnen Szenarien erheblich: von 40 TWh in eher Power-to-Gas-orientierten Szenarien bis 145 TWh in elektrisch orientierten Szenarien.

Biomasse kann herkömmliche erdöl- oder erdgasbefeuerte Verbrennungsprozesse ersetzen – und dies bei überschaubarem Investitionsbedarf. Trotzdem gehen die Meinungen zum Einsatz der begrenzt verfügbaren Biomasse stark auseinander: eine erste Gruppe von Szenarien setzt Biomasse vorwiegend in anderen Sektoren ein (ISE 2020). Andere behalten die heutige Größenordnung bei (dena Leitstudie) oder steigern sie auf die doppelte bis dreifache Menge (Langfristszenarien 2).

Wichtig ist: Wenn Biomasse in der Industrie genutzt wird, dann sollte sie für die Bereitstellung von Mitteltemperaturwärme und Hochtemperaturprozesse eingesetzt werden.

Eine zentrale Rolle spielen Wasserstoff und andere synthetische Brennstoffe bei der Dekarbonisierung von Prozessen der Stahl-, Zement-, Chemie, Kalk-, Ziegel- und Kupferindustrie. Dort nämlich haben die heute eingesetzten fossilen Energieträger meist nicht nur eine energetische, sondern auch eine stoffliche Funktion, zum Beispiel Koks in der Stahlindustrie als Energieträger und Reduktionsmittel im Hochofen.

Die Szenarien sind sich weitgehend einig: Die Industrie wird erhebliche Mengen an klimaneutralem Wasserstoff oder anderen klimaneutralen synthetischen Gasen für die Dekarbonisierung ihrer Prozesse benötigen. Der Bedarf an strombasiertem Wasserstoff liegt je nach Szenario zwischen knapp 40 TWh (dena Leitstudie Elektrifizierung) und 120 TWh (IEK-3 2019).

Unterschiedlich bewerten die Szenarien, inwieweit synthetisches Gas klimaneutral importiert werden kann. Synthetisches Methan ermöglicht einen einfacheren Transport und eine flexiblere Nutzung beim Endkunden als Wasserstoff. Die Möglichkeiten, synthetisches Methan in großem Umfang klimaneutral zu importieren, werden jedoch in einigen Szenarien wegen des hohen Energieaufwands, der Notwendigkeit, riesige Mengen von klimaneutralem Kohlenstoff zu erhalten, und der sogenannten Methanschlupfproblematik kritisch beurteilt – das ist ein Grund dafür, dass einige Szenarien sich auf Wasserstoff beschränken.

Carbon Capture and Storage (CCS)/Use (CCU) als Elemente der Circular Carbon Economy (CCE)

CCS bedeutet die Abscheidung und die anschließende dauerhafte Speicherung von CO₂ in tiefen Gesteinsschichten. Unter der Voraussetzung, dass CO₂ weder im Prozess noch bei der Speicherung freigesetzt wird, stellt es eine Möglichkeit dar, die atmosphärischen CO₂-Emissionen großer stationärer Quellen stark zu reduzieren. Vor allem in Branchen mit schwer zu vermeidenden CO₂-Prozessemissionen (z.B. Zementindustrie) kann CCS eine Option sein. CCS benötigt eine neue Infrastruktur zum Transport von CO₂. Die Akzeptanz für eine inländische Speicherung von CO₂ ist in Deutschland sehr gering. Etwas positiver wird die Offshore-Speicherung z.B. unter der Nordsee bewertet. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Speicherpotenziale für CO₂ begrenzt sind.

CCU unterscheidet sich dadurch von CCS, dass das CO₂ nach der Abscheidung nicht gespeichert, sondern genutzt wird. Ein Beispiel stellt die Herstellung synthetischer Treibstoffe mit Hilfe von Wasserstoff dar. Bei der Verbrennung

des synthetischen Treibstoffs wird das ursprünglich abgeschiedene CO₂ freigesetzt. Je nach Zuordnung der CO₂-Emissionen kann man den ersten oder zweiten Prozess als CO₂-neutral betrachten. Der jeweils andere Prozess emittiert allerdings auf unverändertem Niveau.

Das Konzept der Carbon Circular Economy wurde stark von der saudi-arabischen G20-Präsidentschaft vorangetrieben. Es zielt darauf ab, CCU und CCS als Elemente eines Gesamtbildes darzustellen, das neben der Vermeidung von CO₂-Emissionen durch erneuerbare Energien und Energieeffizienz auch stark auf die Abscheidung von CO₂ setzt. Der Ausdruck CCE ist nicht wörtlich zu nehmen, da es sich nicht um geschlossene Kreisläufe handelt. CCS/CCU kommt grundsätzlich nur in der zentralen Wärmeversorgung und für industrielle Hochtemperaturprozesse in Betracht. Da es auch dort langfristig tragfähige Alternativen mit geringeren Risiken gibt, wird die Diskussion zu CCS/CCU im Rahmen des Dialogprozesses Klimaneutrale Wärme keinen Schwerpunkt bilden.

2.4. Infrastrukturen für die Wärmewende

Die Wahl der Wärmeerzeugungstechnologie in Industrie und Gebäuden ist entscheidend abhängig von der zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandenen Infrastruktur. Idealerweise setzt in einer marktwirtschaftlich organisierten Volkswirtschaft der Staat lediglich die notwendigen Rahmenbedingungen, damit verschiedene technologische Lösungen auf einem „level playing field“ miteinander konkurrieren können.

Die Infrastruktur für eine klimaneutrale Wärmeversorgung liefert der Markt jedoch nicht. Gerade in der Wärmeversorgung setzt der Aus-, Um- oder Rückbau der Infrastrukturen langfristige Planungen voraus. Dies gilt für alle wärmerlevanten übergreifenden Infrastrukturen: Stromnetze, Wärmenetze, Gas/Methanetze, Wasserstoffnetze. Es gilt aber auch für die gebäudenahen Infrastrukturen „hinter dem Zähler“ und die Gebäude selbst: Je nach Gebäude – gedämmt, ungedämmt, Ein-/Zweifamilienhaus oder mehrgeschossige Häuser, enge Bebauung oder weiträumige, Raum für Speicher oder nicht etc. – sind unterschiedliche Optionen für die Wärmeversorgung möglich.

Die größte Herausforderung für die Planung der Infrastruktur: Es gibt nicht die eine erneuerbare Energiequelle oder die eine Energieform, die den gesamten Wärmebedarf klimaneutral decken kann. Für die notwendigen Infrastrukturen macht es jedoch einen großen Unterschied, ob die klimaneutrale Wärmeversorgung direkt thermisch erfolgt (Solarthermie, tiefe Geothermie, unvermeidbare Abwärme), ob sie (unterstützend) Strom aus erneuerbaren Energien benötigt (Wärmepumpe, Power to Heat), ob Wasserstoff aus erneuerbaren Energien oder Methan aus erneuerbaren Energien eingesetzt wird.

Auf Politik und betroffene Akteure kommen also Planungsaufgaben zu. Welche klimaneutralen Lösungen und Technologien wann und wo eingesetzt werden, hängt maßgeblich von den zur Verfügung stehenden Infrastrukturen ab. Wir brauchen Antworten auf die Frage, wie die Infrastrukturen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 aussehen können. Ähnlich wie schon im Strombereich bei der Netzentwicklungsplanung sind Szenarien dafür hilfreich. Szenarien zeigen unter Berücksichtigung systemischer Zusammenhänge auf, mit welchen Voraussetzungen und Konsequenzen unterschiedliche Pfade verbunden sind. Wenn gleichzeitig mehrere sehr unterschiedliche Szenarien betrachtet werden, lassen sich wichtige Erkenntnisse z. B. über Zeitpunkte richtungsweisender Entscheidungen und die Unsicherheit/Robustheit bestimmter Entwicklungen ableiten.

Soll die Wärmewende gelingen, ist es entscheidend, die verschiedenen für die Wärmeversorgung in Industrie, Gewerbe und Gebäuden relevanten Infrastrukturen zusammen zu denken, zu planen und besser aufeinander abzustimmen. Die Planung der Infrastrukturen erfolgt auf verschiedenen Ebenen: Fern- und Übertragungsleitungen bei Strom und Gas werden durch die BNetzA im Auftrag der Bundesregierung geplant. Grundlage für diese Planungen sind Annahmen über den künftigen Mix der Energieträger und Technologien zur Wärmeversorgung. Hierfür werden in der Regel die vorhandenen Szenarien verwendet. Verteilnetze bei Strom und Gas sowie Wärmenetze werden regional und kommunal geplant.

2.4.1 Gasinfrastruktur

Erdgas ist derzeit sowohl im dezentralen wie in der zentralen Wärmeversorgung der dominierende Brennstoff zur Wärmeversorgung. In den letzten Jahrzehnten wurde und wird daher ein umfassendes Erdgasnetz in Deutschland errichtet –

Übertragungs- und Verteilnetze, aber auch grenzüberschreitende Netze. Zurzeit sind auch LNG-Terminals in Planung.

Bis 2050 wird dieses Gasnetz nur noch klimaneutrale Gase transportieren. Dies bedeutet eine erhebliche Veränderung, sowohl im Hinblick auf den Umfang wie die Struktur des künftigen Gasnetzes. Wie groß das dann noch erforderliche Gasnetz sein wird, wie es aussehen wird und welches Gas im Netz fließen wird, hängt von vielen unterschiedlichen Faktoren ab.

Die Struktur der heutigen Erdgasnachfrage ist hochgradig divers. Sie reicht von der Gasetagenheizung mit einer Leistung ab 10 kW über kleine und mittlere Gewerbebetriebe, den Umwandlungssektor bis hin zu großen Produktionsprozessen mit Erdgas-Anschlussleistungen von über 3 GW. Die Überlegungen zur Transformation der bestehenden Erdgas-Infrastruktur benötigen daher einen differenzierten Blick auf die konkreten Anwendungen und die Nachfragestruktur.

Aufgrund des bisherigen Wissens über die Gasnachfrage im Jahr 2050 stellt sich nicht die Frage, ob noch ein Gasnetz benötigt wird, sondern in welchem Umfang, für welche Anwendungen und ob in den Gasnetzen Gasnetz Wasserstoff, synthetisches Methan aus erneuerbaren Energien oder Biomethan fließen wird. Entscheidend hierfür ist die zu erwartende Nachfrage im Jahr 2050, aber auch die Menge an zur Verfügung stehenden gasförmigen, nachhaltigen, erneuerbaren Brennstoffen. Nach aktuellem Stand des Wissens (ausgewertete Szenarien, Gas 2030, Nationale Wasserstoffstrategie) ergibt sich für die Weiterentwicklung der Erdgas-Infrastruktur ein differenziertes Bild:

- Das Fernleitungsnetz wird grundsätzlich eine tragende Rolle im Energiesystem behalten. Es muss aber ggf. technisch auf den Transport von Wasserstoff umgerüstet werden.

- Ein Teil des Verteilnetzes wird weiterhin große Industrieabnehmer und Kraftwerksstandorte versorgen, langfristig jedoch nicht mehr mit Erdgas, sondern mit Wasserstoff oder klimaneutralem, nachhaltig erzeugtem Methan. Auch hier ist ggf. eine Umrüstung zu erwarten.
- Im Hinblick auf die Nutzung des Gasverteilnetzes in den kleinen und mittleren Leistungsbereichen (Raumwärme, Warmwasser, kleine und mittlere nieder- bis mitteltemperaturige Prozesswärme) stellt sich die Frage, in welchem Umfang dies noch benötigt werden wird und welcher Brennstoff ggf. im noch verbleibenden Teil des Verteilnetzes fließen wird.

Die Bundesnetzagentur hält eine Beimischung von Wasserstoff ins Gasnetz im großen Stil für unwahrscheinlich.³¹ Hauptgrund ist, dass eine solche Beimischung von Wasserstoff ins Erdgasnetz nur in einem begrenzten Umfang unbedenklich ist. Bei höheren Wasserstoffanteilen müssen die Gasnetzinfrasturktur umfangreich angepasst und Endgeräte bei den Verbrauchern ausgetauscht werden. Würde man den Wasserstoffanteil im Erdgasnetz schrittweise auf 100 Prozent steigern, so hätte dies zur Folge, dass viele Anpassungsmaßnahmen an der Infrastruktur³², wie auch bei den Endgeräten vor Ort³³, mehrfach durchgeführt werden müssten.³⁴ Der Gasdialog 2030 kam hinsichtlich der Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz zu dem Schluss, dass die flächendeckende Erhöhung des Wasserstoffanteils im Erdgasnetz auf-

grund der absehbar begrenzten Verfügbarkeit und der Kosten von CO-neutralem oder -freiem Wasserstoff sowie des voraussichtlich primären Einsatzes in anderen Bereichen (insbesondere Industrie) derzeit nicht im Vordergrund stehe.

2.4.2 Wärmenetze

Neben dem notwendigen Umbau der bestehenden Gasinfrastruktur ist es notwendig, die Wärmenetzinfrastruktur um- und auszubauen. Um Klimaneutralität zu erreichen, müssen einerseits bestehende Netze dekarbonisiert, das heißt auf niedrigere Temperaturen und auf erneuerbare Energien und Abwärme umgestellt werden (siehe Optionen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung). Die heute existierenden Fernwärmenetze werden jedoch in der Regel bei Temperaturen oberhalb von 95 °C betrieben und bislang meist durch fossile KWK gespeist. Andererseits müssen neue Niedertemperaturnetze gebaut werden: gut isolierte Neubauten oder gut sanierte Bestandsgebäude benötigen niedrigere Temperaturen und wenig Wärmezufuhr insgesamt und können gut ausschließlich mit Wärmepumpen, Solarthermie und ggf. einem klimaneutral gespeisten Spitzenlast- und Besicherungskessel versorgt werden.

Heute wird nur ein kleiner Teil der benötigten Wärme über Wärmenetze geliefert. 2018 wurden etwa 109 TWh Wärme mit Wärmenetzen gedeckt³⁵. Das waren rund acht Prozent des gesamten Gebäude- und Prozesswärmebedarfs.³⁶

31 Bundesnetzagentur (2020): Regulierung von Wasserstoffnetzen – Bestandsaufnahme

32 Zum Transport von 100 Prozent Wasserstoff sind die heute im Erdgasnetz vorrangig eingesetzten Radialverdichter nicht geeignet. Eine effiziente Verdichtung von Wasserstoff kann mit Kolbenverdichtern erfolgen.

33 In den relevanten Eigenschaften wie Zündverhalten, Flammgeschwindigkeit, Flammentemperatur, Diffusionsverhalten und Strömungsverhalten unterscheiden sich Erdgas und Wasserstoff sowie ihre Gemische deutlich.

34 Wissenschaftlicher Dienst des Bundestages (2019): Grenzwerte für Wasserstoff (H₂) in der Erdgasinfrastruktur, online unter: <https://www.bundestag.de/resource/blob/646488/a89bbd41acf3b90f8a5fbfbc8616df4/WD-8-066-19-pdf-data.pdf>

35 Ebd.

36 BMWi Energiedaten (2019), Angaben für das Jahr 2018

Die meisten Szenarien sehen vor, dass dekarbonisierte Wärmenetze auf der Basis erneuerbarer Energien in Zukunft einen viel größeren Teil der Gebäude mit Wärme versorgen. Der Vorteil von Wärmenetzen in der Transformation der Wärmeversorgung: Sie können auf ein breites Feld erneuerbarer und klimaneutraler Wärmequellen zugreifen, Wärmespeicher besser einbinden als einzelne Gebäude und selbst als Wärmespeicher dienen. In vielen der untersuchten Szenarien wird 2050 jedes fünfte bis sechste Gebäude durch ein Wärmenetz versorgt³⁷. Dies erfordert auch eine massive Steigerung der Neuanschlüsse. Der Grund: Zukünftig nehmen die einzelnen Gebäude, die schon an das Wärmenetz angeschlossen sind, weniger Wärme ab, weil sie saniert werden und dadurch ihr Wärmebedarf sinkt. Außerdem muss die Netztemperatur sinken, damit erneuerbare Energien effizient zur Wärmeversorgung genutzt werden können.

Heute ist nur ein kleiner Teil (15 Prozent) der Wärme in Wärmenetzen erneuerbar. Abwärme und nicht-biogener Abfall tragen weitere 14 Prozent bei³⁸. Über 70 Prozent der Wärme in Wärmenetzen wird hingegen noch fossil erzeugt, vor allem mit fossiler Kraft-Wärme-Kopplung, die mit Erdgas oder Kohle gefeuert wird.

Um klimaneutral zu sein, müssen Wärmenetze zukünftig mit einem Mix aus erneuerbaren Quellen und unvermeidbarer Abwärme gespeist werden. Laut der Szenarien können Großwärmepumpen in Wärmenetzen bis zu 70 Prozent der Wärme bereitstellen, Solarthermie acht bis zwölf Prozent, die Geothermie sieben bis neun Prozent und die Abwärme zehn bis elf Prozent. Im Übergang zur Klimaneutralität spielt die Erdgas-KWK eine wichtige

Rolle: Der Anteil von Kohle-KWK wird bereits in diesem Jahrzehnt stark abnehmen und oftmals durch Gas-KWK ersetzt werden. Spätestens 2050 darf aber auch Erdgas-KWK nicht mehr in Wärmenetze einspeisen. Hier ist ein Rollenwechsel möglich: Erneuerbare Energien und Abwärme nehmen der fossilen KWK die Hauptrolle in Wärmenetzen schrittweise ab. Mit Wasserstoff oder Biomasse betriebene KWK-Anlagen ergänzen die erneuerbare Wärme, wenn die Wärmenachfrage höher ist als das Angebot erneuerbarer Wärme.

2.4.3 Stromnetze für die Wärmeversorgung

Der Ausbau der Stromnetze ist für die Energiewende zwingend erforderlich und wird von der Bundesregierung stark vorangetrieben.

Die wichtigste Technologie, die für die Dimensionierung des Strommarkts im Wärmebereich relevant sein könnte, sind 2050 voraussichtlich Wärmepumpen. Bei einem erheblichen Ausbau der Wärmepumpen müssen z.B. Verteilnetze verstärkt werden, um größere Strommengen im Winter sicher bereitstellen zu können. Der hierfür notwendige Netzausbau kann aber durch eine intelligente Steuerung der Wärmepumpen erheblich begrenzt werden. Gleichzeitig können Wärmepumpen auch überschüssige Strommengen nutzen: Wenn Wind oder Sonne für Stromüberschüsse sorgen, können sie den überschüssigen Strom in Wärme umwandeln und die Wärme auch speichern, ganz besonders bei Nutzung in Wärmenetzen. In einigen Szenarien werden Wärmepumpen und Wärmenetze 2050 auch zu einer der größten Flexibilitätsoptionen für den Strommarkt und den Netzbetrieb.

37 Einzige Ausnahme ist das Szenario der EL 95 der dena-Leitstudie (2018), das ungefähr einen Verbleib auf aktuellem Niveau vorsieht.

38 Fraunhofer IFAM, BEE, 8KU und AGFW (2020): Strategien zur Treibhausgasreduktion und zum systemrelevanten Ausbau der leitungsgebundenen Wärme und Kälte in Deutschland. Berlin, Frankfurt am Main

Leitfragen zu Kapitel 2

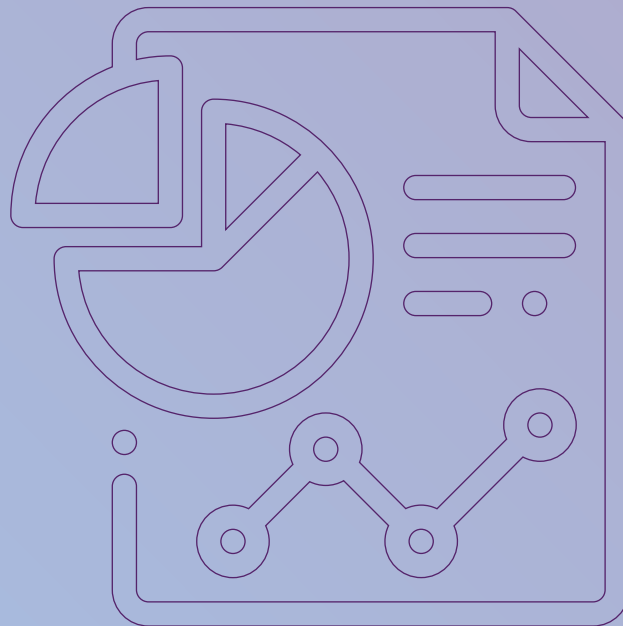
Leitfragen zu den Bausteinen für eine klimaneutrale Wärmeversorgung

- Wir müssen die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Wärmeerzeugung schrittweise ersetzen. Welche Rolle können die einzelnen Formen der direkten Nutzung erneuerbarer Energien für die zentrale und/oder dezentrale Wärmeversorgung bis 2030 und für eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 spielen, d. h. Wärmepumpen, Solar- und Geothermie sowie unvermeidbare Abwärme? Wie kann deren Rolle insbesondere im Gebäudebestand und in Wärmenetzen kurzfristig ausgeweitet werden?
- In welchen Bereichen und in welchem Umfang ist der Einsatz von Wärmepumpen sinnvoll möglich?
- In welchem Umfang kann Solarthermie neben Warmwasser auch Heizwärme bereitstellen und wie ist dies sinnvoll möglich? Wie schätzen Sie die Flächenkonkurrenz zwischen den unterschiedlichen Nutzungsformen der Solarenergie ein?
- Wo sollte welche Form von nachhaltiger Biomasse im Wärmebereich am zweckmäßigsten eingesetzt werden?
- Welche Rolle können die einzelnen Formen synthetischer erneuerbarer Brennstoffe für die zentrale und/oder dezentrale Wärmeversorgung bis 2030 und eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 spielen, d. h. wo sollte welche Form von nachhaltiger Biomasse, Wasserstoff und erneuerbaren synthetischen Brennstoffen eingesetzt werden? In welchen Wärmebereichen ist ihr Einsatz sinnvoll im Hinblick auf ihre Kosten und Nutzungskonkurrenzen mit anderen Sektoren? Welche Auswirkungen können diese Entwicklungen für die unterschiedlichen Akteure im Wärmebereich haben?

Leitfragen zur Infrastruktur

- Wo sehen Sie den dringlichsten Entscheidungsbedarf auf Bundesebene in den nächsten Jahren?
- Wo sehen Sie neue Geschäftsmodelle? Welche Rolle spielt dafür die Vernetzung im Quartier? Welche politischen Rahmenbedingungen – jenseits direkter Förderung – müssten gegeben sein, damit diese realisiert werden können?
- Welche Rolle kann die vorhandene Gasnetz-Infrastruktur für den Transformationsprozess hin zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung spielen? Wie muss sie sich verändern, wie kann sie sich weiterhin refinanzieren und welche Rolle spielt sie in einer klimaneutralen Welt 2050?
- Welche Rolle spielen die Wärmenetze und die Stromnetze bis 2030 und in 2050 und wie müssen sie sich transformieren, um effizient zu einer klimaneutralen Wärmeversorgung beizutragen?
- Werden darüber hinaus zusätzliche Infrastrukturen benötigt?
- Wie kann eine integrierte Planung der künftigen Infrastruktur aussehen und über alle Ebenen – kommunal, Landes- und Bundesebene – verzahnt werden?

3. Erreichtes, Herausforderungen und Aufgaben bis 2030 auf dem Weg zur klimaneutralen Wärmeversorgung



Die Wärmewende und die Umstellung der Wärmeversorgung auf Klimaneutralität starten nicht bei null – im Gegenteil. Mit den im Klimaschutzprogramm 2030 beschlossenen Maßnahmen wurde ein großer Schritt nach vorne getan. Eingangs wird daher ein Überblick über die wesentlichen Entscheidungen dieser Legislaturperiode gegeben, bevor der Blick darauf geworfen wird, welche Entscheidungen in den nächsten Jahren darüber hinaus anstehen.

3.1. Auf den politischen Entscheidungen dieser Legislatur aufbauen

Die Bundesregierung hat in dieser Legislaturperiode wichtige Entscheidungen für die Wärmewende getroffen. Insbesondere wurde mit dem Klimaschutzprogramm 2030 erstmals neben den Säulen Förderung und Ordnungsrecht mit dem nationalen Brennstoffemissionshandelsgesetz ein neues Preisinstrument geschaffen. Außerdem wurde die Säule Förderung neu geordnet und erheblich ausgeweitet. Die Wärmewende basiert damit auf drei zentralen Säulen:

Bestehende und beschlossene Maßnahmen und Instrumente im Wärmebereich in Deutschland, Stand Oktober 2020

Preisinstrumente

- Energiesteuer ([EnergieStG](#))
- CO₂-Bepreisung ([BEHG](#))
- Emissionshandel ([TEHG](#))

Förderung

- Gebäudeeffizienz ([BEG](#))
- Erneuerbare Energien ([BEG](#))
- Defossilierte Wärmenetze ([BEG](#))
- Energie in der Wirtschaft ([EEW](#))
- Steueranreize ([EStG](#))
- Weitere Förderprogramme ([NKI](#), [Quartierssanierung](#) etc.)
- KWK-Förderung ([KWKG](#))
- Förderung serielle Sanierung
- Abwärmenutzung ([BEI](#), [BEW](#))

Ordnungsrecht

- Neubaustandards ([GEG](#))
- Sanierungsanforderungen und Nachrüstverpflichtungen ([GEG](#))
- Regelungen für Energieträger, z. B. Heizöl ([GEG](#))
- Energieeinsparverpflichtungen
- Anschluss- und Nutzungszwang
- Erneuerbare Wärmeverpflichtung ([GEG](#), [EWärmeG BaWü](#))
- Emissionsanforderungen ([BlmschG](#))
- Vorbildfunktion Bundesgebäude ([Erlass in Vorbereitung](#))
- PV-Pflicht ([KSG BaWü](#))

Weitere Maßnahmen

- Energieberatung, Sanierungsfahrplan ([BAFA](#), [VZ](#))
- Kampagnen
- Maßnahmen für Fachkräftesicherung
- Kommunale Wärmeplanung
- Mietrechtsanpassung ([BGB](#))
- Heizkostenabrechnung ([HeizkostenV](#))
- ...

in Blau: Umsetzung für Deutschland

Im Jahr 2019 hat die Bundesregierung das Klimaschutzprogramm 2030 verabschiedet. Es enthält zentrale Maßnahmen für Energieeffizienz und erneuerbare Wärme:

Mit dem **Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)** wurde ein geplant ansteigender CO₂-Preis für Brennstoffe auch in der Wärmeversorgung gesetzt. Der CO₂-Preis steigt von 25 Euro im Jahr 2021 auf 55 Euro im Jahr 2025. Ab 2026 ist – der Natur des BEHG als Emissionshandelssystem entsprechend – grundsätzlich eine marktbasierte CO₂-Preisbildung möglich, in 2026 im Rahmen eines Preiskorridors von 55 bis 65 Euro. Inwieweit ab 2027 ein Preiskorridor gilt, ist noch offen. Das BEHG führt dazu, dass die externen Kosten der fossilen Wärmeversorgung teilweise internalisiert werden. Das BEHG zielt auf die Reduzierung des Wärmebedarfs durch Erhöhung der Energieeffizienz von Gebäuden und der Anlagentechnik sowie auf die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien ab. Um die Auswirkungen auf Menschen mit geringem Einkommen auszugleichen und damit Akzeptanz zu sichern, wurde das Wohngeld erhöht. Die Auswirkungen des BEHG auf entsprechende Investitionen im Mietwohnungsbereich werden auch maßgeblich durch die noch festzulegende Umlage der Kosten gesteuert. Die Einnahmen, die durch den CO₂-Preis generiert werden, stabilisieren die EEG-Umlage und senken sie perspektivisch ab, sodass es attraktiver wird, erneuerbaren Strom für erneuerbare Wärme einzusetzen. Beide Maßnahmen (nationaler CO₂-Preis und Senkung der EEG-Umlage) sind wichtige Schritte hin zu einem Level-Playing-Field für Gebäudeeffizienz und klimaneutrale Wärme.

Das **am 1. November 2020 in Kraft getretene Gebäudeenergiegesetz (GEG)** führt die bisher separaten Regelwerke zur Gebäudeenergieeffizienz und zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien (Energieeinsparungsgesetz, Energieeinsparver-

ordnung und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) zusammen. Es schafft ein neues, einheitliches, aufeinander abgestimmtes Regelwerk für Gebäudeenergieeffizienz und die Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien.

Die Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) führt Boni für innovative erneuerbare Wärme ein. Darüber hinaus gibt es nun leistungsbezogene Einmalzahlungen für KWK-Anlagen, die eine bestehende Stein- oder Braunkohle-KWK-Anlage ersetzen. Außerdem wurde die Förderung für Wärme- und Kältenetze bis Ende 2029 verlängert und angehoben.

Die **Nationale Wasserstoffstrategie (NWS)** wurde verabschiedet und kommt zu dem Ergebnis: Bis 2030 wird durch den Anstoß des Markthochlaufs ein erster Anstieg des Bedarfs an Wasserstoff insbesondere im Industriesektor (Chemie, Petrochemie und Stahl) und zu einem geringeren Maße im Verkehr erwartet. Langfristig können weitere Verbraucher, hierunter auch Teile der Wärmeversorgung, hinzukommen. Die industrielle Prozesswärme mit hohen Temperaturen steht hier im Vordergrund.

Das **Kohleausstiegsgesetz** und die Novelle des **Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG 2021)** werden den Anteil der Erneuerbaren am Strommix weiter dynamisch steigern. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für eine klimaneutrale Wärmeversorgung, da Strom von zentraler Bedeutung sein wird, sei es für elektrische Wärmeerzeuger oder in der Herstellung grünen Wasserstoffs oder grüner Brennstoffe.

Die oben genannten Maßnahmen werden massiv unterstützt durch die neu geordneten **Bundesförderungen für effiziente Gebäude, Produzieren und Dienstleuten und Wärmenetze** sowie die **Energieforschung**. Damit wird der Übergang auf klimaneutrale Technologien vom Staat gefördert,

für Privatpersonen und Unternehmen erleichtert und die Akzeptanz verbessert.

Die Fördersätze für die energetische Gebäudesanierung wurden deutlich erhöht, die Förderung wird seit 2021 in der **Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)** zusammengeführt. Die neu eingeführte **steuerliche Förderung von energetischen Gebäudesanierungen** setzt zusätzliche Anreize für Sanierungen. Die Ausgaben für Einzelmaßnahmen, wie die Dämmung von Fassaden oder Dachflächen, für die Erneuerung der Heizungsanlage oder für die Optimierung bestehender Heizungsanlagen, können steuerlich geltend gemacht werden.

Die Bundesförderung für Energieeffizienz in der Wirtschaft (EEW) bündelt fünf bestehende Förderprogramme und entwickelt sie weiter. So können Unternehmen Aufwand einsparen und vom „One-Stop-Shop“ profitieren. Das Programm fördert vor allem Investitionen für energieeffiziente Produktion und erneuerbare Prozesswärme. Das **Nationale Dekarbonisierungsprogramm** unterstützt klimafreundliche Produktionsprozesse in der emissionsintensiven Industrie einschließlich der Prozesswärme.

Die Förderung für dekarbonisierte Wärmenetze wird weiterentwickelt zur **Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)**, die auch Einzelmaßnahmen fördert und insbesondere die Transformation von Bestandsnetzen in den Blick nimmt. Die Förderung **Wärmenetzsysteme 4.0**, die innovative Niedertemperatur-Wärmenetzsysteme mit überwiegendem Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme adressiert, geht in ihr auf.

Auch die Energieforschung wurde weiter gestärkt. Insbesondere die Reallabore der Energiewende werden durch die großskalige realitätsnahe Implementierung innovativer Technologien und Prozesse wichtige Erkenntnisse liefern. Die Wärmeversor-

gung im Quartier steht dabei im Fokus mehrerer Reallabore (siehe auch 3.2.7 und 3.2.8).

Die im Klimaschutzprogramm 2030 festgelegten Maßnahmen und die Beschlüsse dieser Legislaturperiode sind so angelegt, dass die aktuell bestehenden klima- und energiepolitischen Ziele in der Wärmeversorgung für 2030 erreicht werden können. Die drei zentralen beschlossenen Maßnahmen im Gebäudesektor sind die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG), das Gebäudeenergiegesetz (GEG) und die steuerliche Förderung der Gebäudesanierung. Deren Wirkungen werden im Rahmen des Klimaschutzgesetzes ausgewertet und bewertet.

3.2. Herausforderung: Die klimaneutrale Wärmeversorgung jetzt vorbereiten

Die zentrale Frage im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität 2050 in der Wärmeversorgung ist: Welche Entscheidungen – über die Beschlüsse des Klimaschutzprogramms 2030 hinaus – müssen jetzt getroffen und vorbereitet werden, damit die langfristigen Veränderungsprozesse und Investitionen, die bis 2050 zur vollständigen Klimaneutralität in der Wärmeversorgung notwendig sind, rechtzeitig initiiert werden?

Die bisher dargestellten Optionen decken das Spektrum der aktuell bekannten Energieträger und Technologien zur klimaneutralen Wärmebereitstellung ab. Absehbare Innovationen werden vor allem in einer Verbesserung und Kostenreduktion dieser Technologien gesehen, ebenso wie in Systemen ihrer intelligenten Vernetzung, insbesondere unter Einbindung der Digitalisierung. Dennoch gilt:

Niemand hat eine Glaskugel, die die Zukunft vorhersagt. Die Wärmeversorgung 2050 wird vermutlich anders aussehen, als jedes der auf aktuellem

Wissen beruhenden Szenarien darstellt. Neue Technologien, die heute bestenfalls einzelne Forscher im Blick haben, und neue Geschäftsmodelle werden eine Rolle spielen. Politische Instrumente sollten daher so ausgestaltet sein, dass sie möglichst viel Freiheit für Innovation und technische Weiterentwicklung lassen.

Gleichzeitig gilt: Abwarten ist keine Option. Aufgrund der Langlebigkeit der Investitionen in die Wärmeversorgung werden in den nächsten Jahren – aktiv oder passiv – die Entscheidungen getroffen, die vorherbestimmen, ob Deutschland das Ziel der Klimaneutralität in der Wärmeversorgung im Jahr 2050 erreichen kann. Einerseits gilt es dabei, die Offenheit für neue Technologien, systemische Innovationen, neue Geschäftsmodelle zu bewahren. Andererseits kann verantwortliche Politik nicht abwarten und darauf vertrauen, dass bis 2050 Innovationen entstehen und marktreif werden, die die Klimakrise lösen.

Die Investitionen, die in den nächsten Jahren getätigt werden, entscheiden, ob Gebäude, Produktionsprozesse, Gas-, Strom- und Wärmenetze fit sind für die klimaneutrale Wärmeversorgung. Die politischen Rahmenbedingungen müssen daher so gesetzt werden, dass sie Investitionsentscheidungen im Bereich der Wärmeversorgung anreizen, die mit dem Ziel der Klimaneutralität 2050 kompatibel sind und zumindest keine Lock-in-Effekte hervorrufen.

Das Ziel der Klimaneutralität 2050 und der Weg dorthin bedeuten erhebliche gesellschaftliche und wirtschaftliche Veränderungen. Es ist nur durch gut vorbereitete, klar strukturierte und gut kommunizierte politische Maßnahmen zu erreichen. Im Folgenden werden Thesen zur Weiterentwicklung des Instrumentariums formuliert.

3.2.1 Emissionshandel

Für private oder geschäftliche Investoren ist die Wirtschaftlichkeit von Investitionen ein maßgeblicher Faktor dafür, ob sie in Energieeffizienz, erneuerbare Energien und die Einbindung unvermeidbarer Abwärme investieren oder in fossile Wärmeerzeugung. Ein effizientes Instrument, das bei idealer Ausgestaltung wirklich technologieoffen ist, sektorübergreifend wirkt und damit sowohl Energieeffizienz als auch alle erneuerbaren Wärmetechnologien anreizt, ist die CO₂-Bepreisung. Die Bundesregierung hat daher die nationale CO₂-Bepreisung für Brennstoffe in den Bereichen Wärme und Verkehr in Form des BEHG beschlossen. Der Emissionshandel ist am 1. Januar 2021 gestartet.

Eine faire und sozial ausgewogene Gestaltung der Wärmewende ist die Voraussetzung für den Erhalt der notwendigen Akzeptanz für Klimaschutz und Energiewende insgesamt. Die Bundesregierung hat daher bewusst entschieden, den CO₂-Preis in den nächsten Jahren nur moderat und entlang eines festgelegten Preispfades ansteigen zu lassen. Hinzu kommen weitere Herausforderungen, wie z. B. nicht-monetäre Hemmnisse (besonders prägnant im Wärmemarkt: das Mieter-Vermieter-Dilemma) und Kompensationsregelungen zur Vermeidung von Carbon Leakage.

Als alleiniges Instrument wird der Emissionshandel noch auf absehbare Zeit nicht ausreichen, um Effizienz und klimaneutrale Wärme ausreichend anzureizen. Vor dem Hintergrund oben genannter Restriktionen ist z. B. offen, ob der CO₂-Preis vor 2030 auf nationaler Ebene vollständig freigegeben wird und ein starkes Preissignal für klimaneutrale Wärme in 2050 geben wird. Vieles wird zudem von den Plänen der Kommission zur Reform des EU-Emissionshandels sowie zum EU-weiten Ambitionsniveau abhängen. So sollen die Vorschläge für eine Anwendung des Emissionshandels in weiteren Sektoren Ende Juni 2021 vorgestellt werden.

These:

Der Emissionshandel – mit einem starken CO₂-Preis – wird zum Leitinstrument für eine klimaneutrale Wärmeversorgung. Voraussetzung dafür ist, dass entsprechende Maßnahmen gewährleisten, dass die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie im internationalen Wettbewerb und die Bezahlbarkeit des Wohnens für alle gewährleistet bleibt.

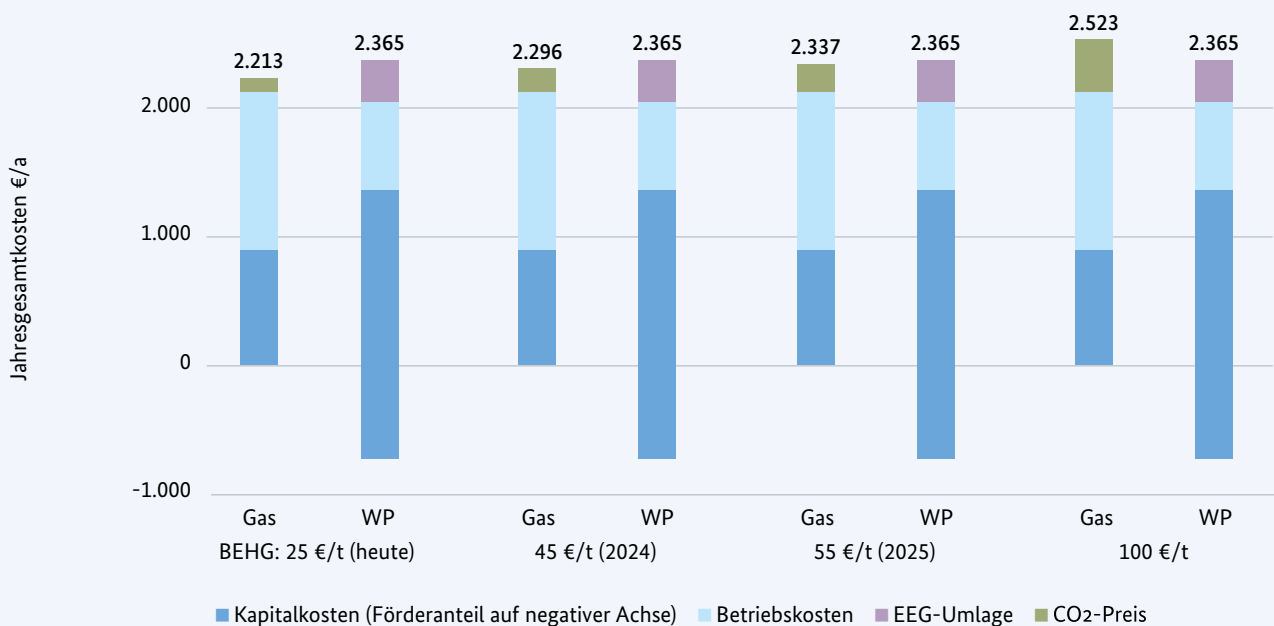
Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Ist ein Korridor für den nationalen CO₂-Preis ab 2026 notwendig? Wenn ja, welcher Korridor wäre geeignet, Investitionen in Energieeffizienz und klimaneutrale Wärme anzustoßen?
- Wie könnte ein stärker steigender CO₂-Preis wirtschaftlich und sozial abgedeckt werden?

**Kostenvergleich Erneuerbar/Fossil am Beispiel Erd-Wärmepumpe und Gasbrennwertkessel:
Starke CO₂-Preise und erhebliche Förderung sind notwendig, um den Dreifachnachteil von billigen fossilen Brennstoffen, hohen Abgaben und Umlagen auf Strom und hohen Investitionskosten von Erd-WP auszugleichen.**

Heute ist es für einen Großteil der Gebäude unwirtschaftlich, einen erneuerbaren Wärmeerzeuger einzubauen, wie das folgende Beispiel veranschaulicht.

In einem teilsanierten Einfamilienhaus soll die Heizung ersetzt werden. Zur Wahl stehen ein Gasbrennwertkessel und eine Erd-Wärmepumpe mit elektrischem Spitzenlast-Heizstab.



Die folgenden Annahmen gelten als realistisch für viele ähnliche Gebäude dieser Baualtersklasse:

Gebäudetyp: Einfamilienhaus

Wohnfläche: 150 m²

Baujahr des Gebäudes: 1990

spezifischer Energieverbrauch: 120 kWh/m²a

Maximale Heizleistung: 20 kWth

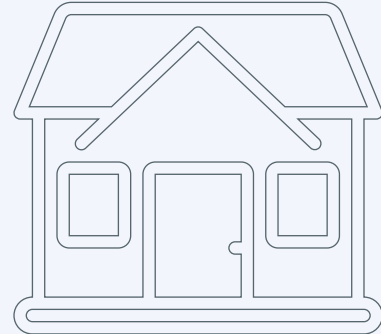
jährliche Wartungskosten: 1,5 Prozent der Investition

Finanzierung: 15 Jahre/1 Prozent

Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe: 3,5

Gaspreis (brutto): 6,5 ct/kWh

Strompreis (brutto, WP-Tarif): 22,1 ct/kWh



Die Investitionskosten sind bei diesen relativ kleinen Anlagen verhältnismäßig hoch, treffen aber für etwa 80 Prozent der Gebäude und rund die Hälfte der Wohnfläche in Deutschland zu (Ein- und Zweifamilienhäuser).

Auswirkungen des steigenden CO₂-Preises auf die Betriebskosten der WP und die EEG-Umlage wurden nicht berücksichtigt. Die jeweiligen Effekte sind allerdings gegenläufig und kompensieren sich deshalb in gewissem Maße.

Die Berechnung der Kosten über die Lebensdauer der Anlagen zeigt:

- Unter heutigen Bedingungen und trotz Förderung kostet die Wärmepumpenlösung jedes Jahr ca. 150 Euro mehr als der Gasbrennwertkessel, dessen Einbau als alleiniger Wärmeerzeuger im Bestand auch weiterhin zulässig ist.
- Auch ein CO₂-Preis von 55 Euro/t (vorgesehen im Jahr 2025) führt bei sonst gleichbleibenden Rahmenbedingungen noch nicht zur Kostengleichheit beider Alternativen.
- Erst ein noch höherer CO₂-Preis erhöht die jährlichen Kosten des Gasbrennwertkessels ausreichend und schafft damit den Anreiz für einen Technologiewechsel.

3.2.2 Steuern, Abgaben, Umlagen und Entgelte

Ohne die bestehenden hohen Stromnebenkosten wären Wärmeerzeuger, die Strom – und damit zunehmend erneuerbare Energien – nutzen, heute in vielen Fällen bereits wirtschaftlicher als fossile Brennstoffe. Im Fall von grünen Gasen – ob Wasserstoff oder Methan – ist die Wirtschaftlichkeitslücke bislang noch größer.

Die Bundesregierung hat mit dem Klimaschutzprogramm 2030 begonnen, die hohe Belastung von Strom mit Abgaben und Umlagen zu reduzieren:

Ein Teil der Einnahmen aus dem nationalen Emissionshandel wird genutzt, um die EEG-Umlage zu senken. Die Senkung der EEG-Umlage wird die staatlich induzierten Preisbestandteile im Strompreis bis zum Jahr 2030 erheblich und zunehmend reduzieren. Die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse mit Strom aus erneuerbaren Energien soll durch die aktuelle EEG-Novelle von der EEG-Umlage befreit werden.

These:

Das System der Umlagen, Steuern, Abgaben und Entgelte im Energiebereich muss in größerem Umfang als bislang reformiert werden. Ziel sollte ein echtes „Level Playing Field“ für Investitionen in Energieeffizienzmaßnahmen und erneuerbare Energien (Strom, Wärme, Brennstoffe) sein.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Wo sind bei einer Reform der Umlagen, Steuern, Abgaben und Entgelte die größten Hebel, um klimaneutrale Wärme wirtschaftlich zu machen?
- Sollten Infrastrukturentgelte in die Reform einbezogen werden und wenn ja, wie?

3.2.3 Förderung von Markteinführung und Markterhalt

Die Bundesregierung fördert Energieeffizienz und erneuerbare Wärme in Gebäuden und Industrie und die Umstellung von Wärmenetzen auf erneuerbare Energien durch Mittel aus dem Energie- und Klimafonds und dem Haushalt. Dies trägt dazu bei, die Hürde für Investitionen in klimaneutrale Technologien, die durch die unzureichende Internalisierung externer Kosten und durch die Priorisierung der gegenwärtigen Kosten gegenüber künftigen Kosten und Nutzen entsteht, zu senken. Private Hausbesitzer, aber auch Unternehmen, entscheiden oft nicht auf Basis der langfristigen Rentabilität von Investitionen, sondern betrachten kurzfristige hohe Investitionskosten als Hindernis. Eigentümer, die aufgrund relativ niedriger CO₂-Preise und fehlender finanzieller Mittel vor hohen Anfangsinvestitionen in Energieeffizienz oder erneuerbare Wärme zurückschrecken, werden durch Zuschüsse, die Bereitstellung von zinsgünstigen Krediten oder steuerliche Förderung in die Lage versetzt, ihre Wärmeversorgung auf erneuerbare Wärme umzustellen.

Die Bundesregierung hat in dieser Legislaturperiode beschlossen, die Konditionen für die Bundesförderungen effizientes Produzieren und Dienstleistungen, effiziente Gebäude und effiziente Wärmenetze deutlich zu verbessern: Wer jetzt Investitionen in Energieeffizienz und erneuerbare Energien tätigt, wird von der Bundesregierung dabei finanziell massiv unterstützt. Die Bundesregierung hat die Förderung darüber hinaus adressatengerechter und übersichtlicher gestaltet. Die Auswirkungen dieser Verbesserungen werden regelmäßig evaluiert. Bereits jetzt ist jedoch absehbar, dass sie erhebliche Verbesserungen bei Energieeffizienz und erneuerbaren Energien in der Wärmeversorgung zur Folge haben werden. Auch die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung über das KWKG wurde novelliert.

Die Förderung muss sich am Ziel der Klimaneutralität 2050 orientieren. Nicht alle Technologien werden Effizienzhaus-Niveaus erreichen, so dass eine starke Lenkungswirkung hin zu erneuerbaren Technologien erfolgt.

Hinsichtlich der Förderung von Erdgas-KWK-Anlagen und Erdgas-Brennwertkesseln wird im politischen Raum diskutiert, wann der richtige Zeitpunkt für den Ausstieg aus dem fossilen Energieträger gekommen ist. Erdgas wird aufgrund des Kohleausstiegs in der Wärmeversorgung zunächst stärker genutzt. Aktuell wird die Nutzung von Erdgas in KWK-Anlagen in der Industrie und in Wärmenetzen weiterhin gefördert. In der Bundesförderung effiziente Gebäude ist eine Förderung von Gas-Brennwertkesseln bei Kombination mit erneuerbaren Energien (Hybridheizungen) möglich. Das Ziel der Klimaneutralität 2050 setzt jedoch voraus, dass der Einsatz aller fossilen Energieträger in der Wärme schrittweise auf null zurückgeht.

Thesen:

Förderung für fossile Wärmeversorgung ist mittelfristig nicht mit dem Ziel der Klimaneutralität vereinbar und führt zu höherem Förderbedarf von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien. Hier stellt sich die Frage des richtigen Zeitpunkts für den Ausstieg.

Der Ausstieg aus der Kohleverstromung bedeutet einen Umbau der Wärmeversorgung in den durch die Kohle-KWK-Anlagen mit Wärme versorgten Gebieten. Ein Umstieg auf erneuerbare Wärme muss hier die erste Wahl sein.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Welche Fördertatbestände in der aktuellen Ausgestaltung der Förderung von Brennstoffen und Technologien zur Wärmeversorgung sollten noch stärker auf das Ziel der Klimaneutralität ausgerichtet werden?
- Wann ist aus Ihrer Sicht der geeignete Zeitpunkt, im Wärmebereich vollständig aus der Förderung von fossilen Energien auszusteigen? Welche Voraussetzungen müssten aus Ihrer Sicht dafür gegeben sein?
- Wie kann der Umstieg der Wärmeversorgung mit Kohlekraftwerken auf erneuerbare Energien effektiv erfolgen?

3.2.4 Energiegebäudestandards

Die Bundesregierung hat in dieser Legislaturperiode das Energieeinsparrecht für Gebäude novelliert. Das am 1. November 2020 in Kraft getretene Gebäudeenergiegesetz (GEG) führt die bisher separaten Regelwerke zur Gebäudeenergieeffizienz und zur Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien (Energieeinsparungsgesetz, Energieeinsparverordnung und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) zusammen. Es schafft ein neues, einheitliches, aufeinander abgestimmtes Regelwerk für Gebäudeenergieeffizienz und die Nutzung von Wärme aus erneuerbaren Energien. Die europäischen Vorga-

ben zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wurden umgesetzt und die Regelung des Niedrigstenergiegebäudes in das einheitliche Energieeinsparrecht integriert. Die aktuellen energetischen Anforderungen für den Neubau und den Gebäudebestand gelten fort und werden nicht verschärft. Darüber hinaus schafft das neue Gebäudeenergiegesetz bessere Möglichkeiten für die Nutzung von Biogas/Biomethan in Gebäuden und erkennt auch die Photovoltaik zur Erfüllung der Anforderung zur Nutzung erneuerbarer Energien an.

Das GEG wird im Jahr 2023 überprüft. In diesem Zusammenhang müssen wir – auch mit Blick auf die Verhandlungen auf EU-Ebene – die Debatte führen, ob und ggfs. wie die Energiegebäudestandards unter Berücksichtigung von Technologieoffenheit und der Bezahlbarkeit des Bauens und Wohnens noch stärker am Ziel der Klimaneutralität 2050 ausgerichtet werden können. Heute orientieren sich die gesetzlichen Mindestanforderungen am Grundsatz der Wirtschaftlichkeit. Die zum 1. Januar 2021 eingeführte CO₂-Bepreisung für Brennstoffe auch in der Wärmeversorgung hat wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von energetischen Standards und von energetischen Sanierungsmaßnahmen. Förderung unterstützt ein freiwilliges Mehr an Maßnahmen. Gerade die zur Zielerreichung notwendigen „letzten Prozentpunkte“ sind jedoch derzeit nur selten betriebswirtschaftlich attraktiv. Vor allem tiefe Sanierungen, die einen hohen Klimanutzen haben, refinanzieren sich häufig erst über einen längeren Zeitraum bzw. bei sehr hohen CO₂-Preisen.

Wichtig ist: Rechtliche Verpflichtungen müssen für Eigentümer und Mieter erfüllbar und finanziell tragbar sein.

Das Gebot der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen ist bislang die Grundlage für die Festlegung von **verpflichtenden Energiegebäudestandards**. Wenn

diese Standards aus Gründen des Klimaschutzes verschärft werden sollten, muss über eine eventuell entstehende Kostenlücke diskutiert werden. Entweder müssen die Eigentümer und ggf. Mieter diese Wirtschaftlichkeitslücke tragen oder die Allgemeinheit müsste die Differenz zur Wirtschaftlichkeit durch eine zusätzliche Förderung finanzieren. Für Letzteres spricht, dass Klimaschutz eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist und nicht allein die Aufgabe von Eigentümern oder Mietern. Zudem kann ein solches Fördern dazu führen, dass mehr Menschen die Verpflichtungen früher umsetzen. Um die Möglichkeiten zu schaffen, vor dem Hintergrund des Ziels der Klimaneutralität ordnungsrechtliche Standards durch Förderung zu flankieren, müsste eine entsprechende gesetzliche Regelung geschaffen werden oder eine Anpassung der haushaltsrechtlichen Vorgaben vorgenommen werden.

Klug gesetzte Vorgaben unterstützen eine deutsche Sanierungswelle. Die Renovation Wave der EU nennt auch Mindestanforderungen an bestehende Gebäude als wichtige mögliche Maßnahmen. Künftig könnten klar definierte Anlässe wie Eigentümerwechsel stärkere Auslösemomente für Sanierungsanlässe bieten. Dabei ist besonders die Beratung über die möglichen Sanierungsmaßnahmen in den Vordergrund zu stellen.

Energiegebäudestandards geben klare Signale und schaffen Planungssicherheit, und das unabhängig von schwankenden Energieträger- und CO₂-Preisen. Stabile politische Rahmenbedingungen mit frühzeitig angekündigten Energiegebäudestandards sind essenziell, damit die Haushalte und Unternehmen belastbare Investitionsentscheidungen treffen und neue Business Cases aufbauen können. Auch im Handwerk brauchen die Betriebe Planungssicherheit, bevor sie Investitionen in den Aufbau von Knowhow, Personal und zukunftsfähigen Angeboten tätigen können.

Thesen:

Ohne die Weiterentwicklung der verpflichtenden Energiegebäudestandards wird das Ziel der Klimaneutralität 2050 nicht erreicht. Mieter und Vermieter müssen beim Klimaschutz zusammenarbeiten und sitzen in einem Boot.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Welche Rolle können und müssen verpflichtende Energiegebäudestandards für eine klimaneutrale Wärmeversorgung 2050 spielen?
- Welche Rolle haben Energiegebäudestandards im Gebäudebestand?
- Wie kann die Renovation Wave in Deutschland unterstützt werden?
- Welche Spielräume gibt es für das Anheben der verpflichtenden Energiegebäudestandards im Neubau?
- Wie sollte das Zusammenspiel von verpflichtenden Energiegebäudestandards, Förderung und CO₂-Bepreisung ausgestaltet werden, auch im Hinblick auf die wirtschaftlichen Möglichkeiten von Eigentümern und Mietern?
- Ist das einzelne Gebäude oder das Zusammenspiel von Gebäuden der richtige Adressat für verpflichtende Energiegebäudestandards?
- Welche Handlungsmöglichkeiten gibt es, das Mieter/Vermieter-Dilemma zu entschärfen?

3.2.5 Überregionale Infrastrukturplanung

Die überregionale Planung von Infrastrukturen erfolgt – trotz erster Ansätze zur Integration – aktuell noch stark getrennt zwischen Strom, Erdgas und Wasserstoff. Die Bundesnetzagentur strebt jedoch an, die Netzentwicklungspläne für Strom und Gas künftig stärker integriert anzugehen und auch Wasserstoffnetze mit zu berücksichtigen.

Die Planung künftiger Infrastruktur ist hochgradig davon abhängig, welche Technologien die Bundesregierung und die Planungsbehörden künftig in welchen Bereichen vorrangig im Einsatz sehen: Sofern angenommen wird, dass Prozesswärme und Wärme in Wärmenetzen künftig durch KWK-Anlagen auf der Basis von klimaneutralem Wasserstoff zur Verfügung gestellt wird, der nicht in unmittelbarer Nähe erzeugt wird, ist ein Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur notwendig. Sofern in Neubaugebieten und Wärmenetzen vorwiegend Wärmepumpen eingesetzt werden, die über das Stromnetz versorgt werden, ist dort ein Ausbau des Stromverteilnetzes notwendig, insbesondere auch in Verbindung mit dem Ausbau der Elektromobilität. Sofern in Wärmenetzen künftig mehr Großwärmepumpen oder KWK-Anlagen auf Basis von klimaneutralem Wasserstoff eingesetzt werden, ist auch hier eine Anpassung der Strom- und Wasserstoffleitungen notwendig. Sofern davon ausgegangen wird, dass in manchen Quartieren dezentrale Öl- und Gas-Heizungen durch zunehmend dekarbonisierte Wärmenetze ersetzt werden, muss das Wärmenetz gebaut oder angepasst und – je nach gewählter erneuerbarer Wärme oder unvermeidbarer Abwärme – eine unterschiedliche Zuleitungsinfrastruktur gebaut werden, während das Gasverteilnetz weniger relevant wird.

Eine umfassende Infrastrukturplanung auf Bundesebene für Strom-, Gas- und Wärmenetze setzt Annahmen über die künftige Bedeutung und den künftigen Umfang an direkter thermischer, elektrisch unterstützter oder gasförmiger klimaneutraler Wärmeversorgung voraus. Bei der Planung der überregionalen Stromnetze wurde auf der Basis von Annahmen über die künftig im Stromsektor zum Einsatz kommenden erneuerbaren Technologien ein handlungsleitender Konsens hinsichtlich des künftigen „Zielnetzes“ hergestellt. Ein vergleichbares Zielbild für die Infrastruktur für die Wärmewende existiert bislang nicht.

These:

Eine übergeordnete Planung der Systementwicklung, die auf der Analyse verschiedener mit der Bundesregierung abgestimmter Szenarien beruht, verbessert die Konsistenz und Integration der anschließenden Planung von klimaneutral gespeisten Strom-, Gas- und Wärmenetzen auf nationaler Ebene.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Wo liegen die Chancen und Herausforderungen im Hinblick auf eine integriertere Infrastrukturplanung mit Blick auf klimaneutrale Wärmeversorgung 2050?
- Wie kann die Planung von Wärmeinfrastrukturen im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität verbessert werden?
- Welche Entscheidungen hinsichtlich der künftigen Wärmeinfrastruktur – Strom-, Gas-, Wärmenetze – sind „No regret“-Optionen? Welches wäre hier jeweils die richtige Ebene und Form, um diese Entscheidung zu treffen und umzusetzen?

3.2.6 Kommunale Wärmeplanung

Aufgrund der erheblichen regionalen Unterschiede gibt es kein „one size fits all“ in der kommunalen Wärmeversorgung und dem Umbau kommunaler Gas-, Strom- und Wärmenetze. Die Auswertung der Szenarien für Klimaneutralität 2050 in Kapitel 2 hat aufgezeigt, wie ein effizienter Mix aus Gebäudesanierung, erneuerbarer Wärme, unvermeidbarer Abwärme, Wärmenetzinfrastruktur und klimaneutralen Gasen für das Bundesgebiet zukünftig in etwa aussehen könnte. Die Kommunen inklusive ihrer Stadtwerke und Wärmenetzbetreiber entscheiden aber eigenständig, wie sie die Wärmewende umsetzen, und kommen dabei zu unterschiedlichen Lösungen.

Eine verbindliche kommunale Wärmeplanung kann Kommunen dabei unterstützen, ihre Wärmeversorgung und die damit verbundenen Infrastrukturen strategisch, gebietsscharf und langfristig in Richtung Klimaneutralität weiterzuentwickeln.

Im Ergebnis wird die Planungs- und Investitionssicherheit von Wärmenetzbetreibern, Gasversorgern, Gebäudeeigentümern und anderen Akteuren der Wärmeversorgung erhöht. Investitionsentscheidungen des Wärmenetzbetreibers hängen davon ab, wie viele Kunden sich später an sein Netz anschließen. Und die Haushalte eines Neubaugebiets profitieren davon, wenn der Wärmenetzbetreiber bei der Erweiterung seines Netzes berücksichtigt, dass das Neubaugebiet angeschlossen wird.

Eine verbindliche kommunale Wärmeplanung kann als Bottom-up-Prozess die überregionale integrierte Infrastrukturplanung durch die BNetzA ergänzen.

Die Bundesregierung hat u. a. deshalb in dieser Legislaturperiode beschlossen, ein Kompetenzzentrum Wärmewende zu gründen, das Kommunen bei der kommunalen Wärmeplanung unterstützen soll. Das Kompetenzzentrum wird im Jahr 2021 in Halle an der Saale von der Deutschen Energieagentur (dena) aufgebaut und erhält vom Bund Haushaltsmittel von bis zu sieben Mio. Euro jährlich. Auch viele Bundesländer treiben die kommunale Wärmeplanung voran, am weitestgehenden Baden-Württemberg, das seine größeren Kommunen zur kommunalen Wärmeplanung verpflichtet hat.

Thesen:

Eine verbindliche kommunale Wärmeplanung ist eine Voraussetzung, um Planungs- und damit Investitionssicherheit für Investitionen in eine klimaneutrale Wärmeversorgung zu schaffen.

Nur im engen Dialog zwischen Bund, Ländern und Kommunen kann die kommunale Wärmeplanung als verbindliches Planungsinstrument entwickelt werden.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Soll eine verpflichtende kommunale Wärmeplanung wie in Baden-Württemberg flächendeckend in allen Bundesländern eingeführt werden? Was gilt es bei einer verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung zu bedenken?
- Wie können Bund und Länder die Kommunen bei der kommunalen Wärmeplanung unterstützen? Auf welche Rahmenbedingungen sollten sie sich verständigen?

3.2.7 Forschung, Entwicklung, Innovation

Weitere Innovationen sind für das Gelingen der Energiewende von entscheidender Bedeutung.

Während bei den hohen Prozesstemperaturen im Industriesektor noch für viele Jahre die Technologieentwicklung im Vordergrund stehen wird, können bei den technisch weiter entwickelten Anwendungsfeldern der Niedertemperaturwärme künftig auch systemische Lösungen, neue Geschäftsmodelle und soziale Innovationen zum Erreichen der Energie- und Klimaziele beitragen. Es gilt, die staatlichen Rahmenbedingungen so auszugestalten, dass privaten Akteuren der Raum gegeben wird, alle diese Potenziale auszuschöpfen.

Die Förderung der Energieforschung und des Innovationstransfers sind daher wichtige staatliche Aufgaben. Die Internationale Energieagentur (IEA) schätzt in ihrem aktuellsten Bericht zu den Perspektiven der energiebezogenen Technologien,

dass ein knappes Viertel der bis 2070 benötigten emissionsmindernden Technologien in der Schwerindustrie und im Gebäudebereich heute noch im Prototypstatus sind (IEA 2020, S. 164 und 181). Die Unternehmen auf dem Weg von Prototypen zum marktfähigen Produkt zu unterstützen, ist eine Aufgabe, der sich die Politik auch weiter widmen sollte, z. B. durch gut ausgestattete Markteinführungsprogramme. Die Entwicklung neuer und die Weiterentwicklung bekannter Technologien wird durch staatliche Förderung von Forschung, Entwicklung und Demonstration bereits jetzt umfassend durch die Bundesregierung unterstützt, sowohl in den Bereichen der anwendungsnahen Forschung wie der Grundlagenforschung (vgl. ausführliche Darstellung im 7. Energieforschungsprogramm). Dabei stehen auch nicht-technische Innovationen im Fokus.

Gleichzeitig geht es bei vielen bekannten Technologien darum, das systemische Zusammenspiel dieser Technologien zu verbessern. Das BMWi fördert bereits eine Vielzahl von Projekten mit systemischem Ansatz – nicht zuletzt im Rahmen der Reallabore der Energiewende – und wird dies in den kommenden Jahren fortsetzen. Eine stärkere Vernetzung von Technologien und Akteuren bietet die Möglichkeit, Systemgrenzen zu erweitern, z. B. vom Gebäude zum Quartier, und Systeme effizienter zu planen und zu betreiben.

Gerade deutsche Unternehmen können davon profitieren, wenn sie systemische Lösungen im Heimatmarkt in Verkehr bringen und vermarkten können. Ihre Wettbewerbsfähigkeit liegt oft weniger in der kostengünstigen Herstellung von Standardprodukten, sondern in der Entwicklung und Vermarktung von innovativen Qualitätsprodukten.

Beispielhaft für das Zusammenspiel neuer und bekannter Technologien ist etwa das Reallabor

„TransUrban.NRW“ mit dem Ziel der Transformation von klassischen Fernwärmeversorgungsgebieten in den Kohlerevieren Nordrhein-Westfalens (NRW) in umweltschonende Versorgungssysteme. Hierbei soll in vier Quartieren im Ruhrgebiet mit unterschiedlichen Randbedingungen die Umsetzung von Energiesystemen der fünften Generation (Energie- und LowEx-Systeme im Temperaturbereich zehn bis 30 °C) demonstriert werden. Energiesysteme der fünften Generation, die sich durch eine Vielzahl möglicher Technologien und Technologiekombinationen für die Wärme- und Kältebereitstellung auszeichnen, stellen unter Berücksichtigung lokaler Standortfaktoren (lokale Abwärmepotenziale mit unterschiedlichen Temperaturniveaus, lokale erneuerbare Energien) hohe Anforderungen an den Planungsprozess und die Regelung des Energiesystems. Im Reallabor TransUrban.NRW werden die Energiesysteme daher von der frühen Planung in den realen Betrieb überführt. Dafür werden neue Ansätze zur digitalen Planung und zur Entwicklung von Optimierungen in einem sektorenübergreifenden, integralen Planungstool angewendet (digitaler Zwilling).

Die Förderung der Energieforschung und des Innovationstransfers eröffnet neue Optionen. Gerade weil gesellschaftliche Entwicklungen nicht vorhersagbar sind und die Gesellschaft auch immer wieder mit unerwarteten Herausforderungen konfrontiert wird, ist es sinnvoll, eine breite Palette an potenziellen Lösungen zu unterstützen. Dazu gehören sowohl technische als auch nicht-technische Innovationen. Neuartige Hochtemperaturwärmepumpen sind ein Beispiel für eine technische Innovation, die das Potenzial hat, die Wärmewende entscheidend voranzubringen. Neben der Erschließung von industriellen Prozessen mit höheren Temperaturniveaus für die Wärmepumpentechnologie ergeben sich auch neue Möglichkeiten der Energiespeicherung, z. B. von elektrischer Energie, mittels sogenannter Wärmespeicherkraftwerke.

Ein Beispiel für nicht-technische Innovationen ist das Projekt ENaQ – Energetisches Nachbarschafts-quartier Fliegerhorst Oldenburg, mit dem neben einer digitalen Service-Plattform für den nachbarschaftlichen Energiehandel auch innovative Prozesse für Ko-Kreation und Partizipation erprobt werden.

Es gilt, bei der Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen auch künftig die Offenheit für „Gamechanger“ zu bewahren. Sprunginnovationen – auch disruptive Innovationen oder Gamechanger genannt – könnten die Wärmeversorgung der Zukunft grundlegend verändern. Gamechanger sind keine besseren Spieler im bestehenden Spiel, sondern sie verändern das Spiel an sich. Etablierte Marktakteure können durch Sprunginnovationen marginalisiert und neue Akteure zu Marktführern werden, indem sie völlig neue Geschäftsmodelle entwickeln und nutzen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es in der Wärmeversorgung weitere Innovationen bei bestehenden Technologien und ihrem Zusammenspiel geben wird (s.o.). Ob sich in den kommenden Jahren und Jahrzehnten eine technische und/oder organisatorische Sprunginnovation durchsetzen wird, ist dagegen naturgemäß hochgradig ungewiss.

Die Bundesregierung strebt an, durch die Agentur für Sprunginnovationen das Ökosystem für Sprunginnovationen zu verbessern. Die Durchlässigkeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft soll erhöht, Zugang zu Kapital erleichtert, vielversprechende Ideen und Köpfe entdeckt und Innovatoren gezielt miteinander vernetzt werden. Ziel ist es, die Marktchancen von Sprunginnovationen in Deutschland zu realisieren, um lokale Wertschöpfung und Beschäftigung zu erzeugen. Sprunginnovationen können auch eine Chance für die Energiewende sein.

These:

Ohne erhebliche Technologiesprünge im Wärmebereich werden wir die Klimaneutralität 2050 nicht erreichen. Politik sollte die Rahmenbedingungen so gestalten, dass auch heute noch unbekannte Innovationen (Sprunginnovationen) entstehen und in den Markt kommen können.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- Wie kann die Entwicklung der für die Wärmewende notwendigen (Sprung-)Innovationen durch die Bundesregierung unterstützt werden?
- Wie kann der Innovationstransfer weiter beschleunigt werden?
- Welche Freiheitsgrade müssen in der Regulierung für den Markteintritt von Sprunginnovationen oder anderen innovativen Lösungen geschaffen werden?

3.2.8 Digitalisierung

Die Nutzung digitaler Technologien ist ein zentrales Werkzeug zur Automatisierung und Optimierung von Systemen. Das BMWi fördert die Anwendung digitaler Methoden etwa im Reallabor SmartQuart mit dem Aufbau eines intelligenten Energiemanagementsystems in drei Quartieren. Adressiert wird die intelligente Lastverschiebung innerhalb der Quartiere über eine digitale Plattform. Dabei werden unterschiedliche erneuerbare Energiequellen und -netze integriert. So wird etwa in Bedburg Kaster ein Arealstromnetz inklusive einer dezentralen Wärmeversorgung über Wärmepumpen in Kombination mit einer zentralen Wärmequelle (hier Abwärmenutzung aus dem Abwasser) umgesetzt. In Kaisersesch wird ein lokales Wasserstoffnetz zur Energieversorgung aufgebaut und in die Energieversorgung des Bestandsquartiers integriert.

Auch in einzelnen Gebäuden spielt die Digitalisierung eine wichtige Rolle auf dem Weg zur Klimaneutralität. Ein Beispiel ist das Monitoring und die Systemoptimierung bei Gebäuden mit einer komplexen Versorger- und Verbraucherstruktur, die z. B. durch Einbindung verschiedener (erneuerbarer) Energiequellen und deren vielfältige Nutzungen im Gebäude entstehen. Erhebliche Energieeinsparungen sind auch über eine datengestützte Anlagenoptimierung von Heizungsanlagen und komplexen Klima- und Lüftungsanlagen möglich. Zukünftig lässt sich die Optimierung über den Einsatz von Künstlicher Intelligenz kostensparender erreichen. Um auch in kleineren Gebäudeeinheiten eine Anlagenoptimierung wirtschaftlich durchzuführen, müssen sich die Anlagenhersteller auf einheitliche Schnittstellen verständigen, um die Betriebsdaten leichter auslesen zu können. Ein weiteres Beispiel: In Bestandsgebäuden können vorhandene, kabelgebundene Monitoringsysteme nicht einfach nachgerüstet werden, daher werden Entwicklungen für funkbasierte Technologien gefördert. Das Thema Kommunikationstechnologie in der Energietechnik spielt eine wichtige Rolle, aus diesem Grund wurde zu diesem Thema ein Förderaufruf (KommTechE) veröffentlicht.

Ein wichtiges Thema im Bereich der Digitalisierung von Gebäuden ist die Nutzung von Building Information Modelling (BIM) über die Planungsphase hinaus. Aktuell werden die Planungsinformationen dem Gebäudebetreiber nicht zur Verfügung gestellt, so dass hier die Betreiber erneut Annahmen über die Energieversorgung treffen müssen, die nicht unbedingt mit den tatsächlich verbauten Komponenten übereinstimmen. So wäre es prinzipiell möglich, ein BIM-Modell von der Planung bis zum Rückbau einzusetzen und so in die Möglichkeiten einer Kreislaufwirtschaft einzusteigen.

Die Datenverfügbarkeit im Wärmebereich bietet viel Raum für Verbesserungen. Grundsätzlich kann die entsprechende Entwicklung im Stromsektor in den vergangenen Jahren als Vorbild dienen. Daten sind eine notwendige Voraussetzung für unabhängige Forschung, effiziente Märkte, das Gelingen der Sektorkopplung und eine effiziente Zielerreichung. Digitale Technologien sind unerlässlich, um Daten zu erfassen und zur Verfügung zu stellen. Nur wenn belastbare Prozess- und Verbrauchsdaten z. B. durch entsprechende Zähler und Sensoren in Gebäuden erhoben werden und für Anwender nutzbar sind, lassen sich Verbräuche analysieren, Ineffizienzen aufzeigen und Prozesse mittels digitalisierter Technik optimieren und automatisieren. Einheitliche Schnittstellen und Protokolle sind eine wichtige Voraussetzung für den Datenaustausch und die Interoperabilität von Systemkomponenten unterschiedlicher Anbieter. Auch in Wärmenetzen könnte die Netzführung erheblich verbessert werden, wenn Daten auf Kundenseite genauer erfasst und für aktuelle Lastprognosen genutzt würden.

These:

Digitale Technologien optimieren die Wärmewende. Dazu muss eine umfangreiche Datengrundlage im Wärmebereich geschaffen werden.

Leitfragen für den Dialog Klimaneutrale Wärme:

- In welchen Bereichen der Wärmeversorgung können welche digitalen Technologien den größten Beitrag für die Wärmewende leisten?
- Was sind die zentralen Hemmnisse für eine breitere Nutzung digitaler Technologien in den Bereichen Gebäude, Wärmenetze und industrielle Prozesswärme?

