
Durchbruch für die Wärmepumpe

Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende
im Gebäudebestand

STUDIE

Agora
Energiewende



Durchbruch für die Wärmepumpe

IMPRESSUM

STUDIE

Durchbruch für die Wärmepumpe

Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand

ERSTELLT IM AUFTRAG VON

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin
T +49 (0)30 700 14 35-000
F +49 (0)30 700 14 35-129
www.agora-energiewende.de
info@agora-energiewende.de

PROJEKTLEITUNG

Alexandra Langenheld
alexandra.langenheld@agora-energiewende.de

ERSTELLT DURCH

Öko-Institut e.V.
Merzhauser Straße 173 | 79100 Freiburg

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
Heidenhofstraße 2 | 79110 Freiburg

AUTORINNEN UND AUTOREN

Dr. Veit Bürger, Dr. Sibylle Braungardt
(beide Öko-Institut e.V.);
Dr. Marek Miara (Fraunhofer-Institut
für Solare Energiesysteme ISE)

Satz: Andrea Trumpf
Korrektorat: Infotext
Titelbild: iStockphoto | technotr

273/05-S-2022/DE

Version: 1.2, Oktober 2022

DANKSAGUNG / SONSTIGES

Erst das Engagement vieler weiterer Kolleginnen und Kollegen hat diese Studie möglich gemacht. Für die tatkräftige Unterstützung bedanken möchten wir uns daher bei Nikola Bock, Chrissie Donnelly, Janne Görlach, Andreas Graf, Janna Hoppe, Maxi Matzanke, Dr. Jahel Mielke, Simon Müller, Frank Peter, Ada Rühring, Michael Spiekermann, Gloria Watzinger, Uta Weiß, Anja Werner (alle Agora Energiewende) und Duncan Gibb, Andreas Jahn, Dr. Jan Rosenow (alle Regulatory Assistance Project).



Unter diesem Scan-Code steht diese Publikation als PDF zum Download zur Verfügung.

Bitte zitieren als:

Öko-Institut und Fraunhofer ISE (2022): Durchbruch für die Wärmepumpe. Praxisoptionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand. Studie im Auftrag von Agora Energiewende

www.agora-energiewende.de

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

der Angriffskrieg Russlands gegen die Ukraine und die daraus entstandene fossile Energiekrise zwingen uns, so schnell wie möglich unabhängig von russischem Gas zu werden. Gleichzeitig drängt die Klimakrise: Zum Erreichen der Klimaziele müssen wir die Wärmewende hin zu klimaneutralen Gebäuden massiv beschleunigen.

Ein entscheidender Schritt zur Lösung dieser doppelten Herausforderung ist die Vorgabe im Sofortprogramm Gebäude: Ab 2024 müssen neu eingebaute Heizungen zu mindestens 65 Prozent mit Erneuerbaren Energien betrieben werden. Damit steht fest, dass neben Wärmenetzen künftig vor allem Wärmepumpen zum Einsatz kommen. Eine ambitionierte Ausgestaltung und schnelle gesetzliche Verankerung der 65%-Regel kann ihnen zum Durchbruch verhelfen – hier ist jetzt politisches Handeln erforderlich.

Der Handlungsdruck ist enorm: 2021 hat der Gebäudesektor zum zweiten Mal in Folge das gesetzlich fest-

gelegte Klimaziel verfehlt. Gleichzeitig sind horrendes Öl- und Gaspreise eine schwere gesellschaftliche Belastung. Deutschland hat bereits viel Zeit verspielt, nun steht die Bundesregierung vor der Aufgabe den Zubau an Wärmepumpen bis 2024 zu verdreifachen.

Ein Blick ins europäische Ausland sollte uns zuversichtlich stimmen: In Schweden haben Wärmepumpen heute einen Marktanteil von 90 Prozent und heizen auch an kalten Wintertagen Gebäude zuverlässig. Und das „Gasland“ Niederlande hat den Ausbau von Wärmepumpen seit 2014 nahezu verzehnfacht.

Mit dieser Studie wollen wir zeigen, was moderne Wärmepumpen für die Wärmewende in Gebäuden leisten können und wie der Hochlauf in Deutschland gelingt.

Eine angenehme Lektüre wünscht Ihnen

Ihr Simon Müller

Direktor Deutschland, Agora Energiewende

Ergebnisse auf einen Blick:

1

Eine gesetzlich verankerte und ambitioniert gestaltete 65-Prozent-Regel senkt den Gasverbrauch und hilft die Gebäude-Klimaziele zu erreichen. Ausnahmeregelungen sollten eng gefasst sein. (Nachhaltige) Biomasse ist knapp und sollte Gebäuden vorbehalten sein, die anders schwer zu versorgen sind. Wasserstoff steht mittelfristig im Wärmemarkt nicht ausreichend zur Verfügung und stellt keine sinnvolle Umsetzungsoption dar.

2

Die 65%-Regel schafft Planungssicherheit für Marktakteure und fördert so den Aufbau von Wärmepumpen-Fertigungskapazitäten und neuen Geschäftsmodellen. Dies unterstützt den notwendigen Hochlauf auf 500.000 Wärmepumpen pro Jahr ab 2024 und ermöglicht deutschen Wärmepumpenherstellern, Kostenreduktionspotenziale durch stärker automatisierte Fertigungsprozesse zu erschließen.

3

Wärmepumpen heizen auch im Bestand ohne oder mit geringen Sanierungsmaßnahmen effizient. Wärmepumpen am Markt erfüllen schon heute nahezu alle denkbaren Anforderungen. In sehr vielen Fällen arbeiten Wärmepumpen auch mit vorhandenen Heizkörpern erfolgreich und liefern kostengünstiger Wärme als Gaskessel.

4

Mehr Fachkräfte für die Installation – dafür braucht es begleitende Maßnahmen. Um ausreichend Fachkräfte zu qualifizieren, müssen die Ausbildungsinfrastruktur gefördert, die Fortbildung finanziert und die Ausbildungscurricula aktualisiert werden. So werden neue, attraktive Berufsfelder geschaffen, während Qualität und Tempo des Wärmepumpen-Einbaus steigen.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	5
Zusammenfassung	6
1 Hintergrund und Ziele	10
2 Die 65-Prozent-Anforderung als Schlüssel für den Markthochlauf	12
2.1 Wärmepumpe – Schlüsseltechnik der Wärmewende	12
2.2 Wärmepumpe – Beitrag für mehr Energiesouveränität	13
2.3 Bedeutung der 65-Prozent-Anforderung für die Markttransformation	14
2.4 Die 65-Prozent-Anforderung im europäischen Kontext	16
3 Wärmepumpen als Erfüllungsoption der 65-Prozent-Anforderung	19
3.1 Wärmepumpen im Bestand: Ökonomische und ökologische Einordnung	19
3.2 Die Rolle von Hybrid-Wärmepumpen	25
3.3 Einsatzbereiche für Wärmepumpen im Gebäudebestand	28
4 Lösungsansätze aus anderen Ländern	33
4.1 Markthochlauf für Wärmepumpen in Schweden	33
4.2 Markthochlauf für Wärmepumpen in den Niederlanden	35
4.3 Schlussfolgerungen für den Markthochlauf in Deutschland	37
5 Rolle der Marktakteure bei der Markttransformation in Deutschland	39
5.1 Wärmepumpenhersteller	39
5.2 Handwerk/Installateur:innen	42
Sicherstellung der Fachkräfteverfügbarkeit	43
Verkürzung der Installationszeit	44
Gewährleistung eines hohen Qualifikationsniveaus	45
5.3 Energiewirtschaft und Netzbetrieb	47
5.4 Wohnungswirtschaft	48
5.5 Hauseigentümer:innen	48
6 Politische Handlungsempfehlungen	50
7 Referenzen	53

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1	Absatzstruktur der Wärmeerzeuger (Raumwärme) in Deutschland	12
Abbildung 2-2	Marktabsatz von Heizungs-Wärmepumpen in Neubau und Gebäudebestand	13
Abbildung 2-3	Quellenländer der nach Deutschland importierten Gasmengen 2020	14
Abbildung 2-4	Marktabsatz der Wärmeerzeuger in Deutschland 2011-2021	15
Abbildung 2-5	Altersstruktur der messpflichtigen Öl- und Gaskessel	16
Abbildung 2-6	Impulse für die Markttransformation für Wärmeerzeuger auf EU-Ebene	17
Abbildung 2-7	Übersicht Phase-out-Regulierungen in ausgewählten europäischen Ländern	18
Abbildung 3-1	Effizienzwerte der Wärmepumpenanlagen aus zwei Feldprojekten in Bestandsgebäuden	20
Abbildung 3-2	Jahresarbeitszahlen von 41 Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen in Abhängigkeit von maximalen Vorlauftemperaturen und Art des Wärmeübergabesystems	21
Abbildung 3-3	Kohlendioxid-Emissionsminderungen mit einer Wärmepumpe gegenüber Gaskessel + Solarthermie	22
Abbildung 3-4	Vergleich der monatlichen Betriebskosten für ein Einfamilienhaus in Abhängigkeit vom energetischen Standard (Wärmepumpe vs. Gaskessel)	24
Abbildung 3-5	Grenztemperaturen für den Einsatz einer Hybrid-Wärmepumpe am Beispiel eines unsanierten Einfamilienhauses	26
Abbildung 3-6	Generelle Klassifizierung der Lösungen in Mehrfamilienhäusern	30
Abbildung 4-1	Absatz Wärmepumpen pro 1.000 Haushalte (2021)	33
Abbildung 4-2	Verhältnis von Endverbraucherpreisen für Strom und Gas (Q2/2022)	34
Abbildung 4-3	Ausschreibungsrunden für Wärmepumpen in Schweden in den Jahren 1989-1995	35
Abbildung 4-4	Absatz Wärmepumpen in den Niederlanden	36
Abbildung 4-5	Preise für Strom und Erdgas für Haushalte in den Niederlanden (inkl. Steuern und Abgaben)	37
Abbildung 5-1	Anzahl Betriebe und Beschäftigte im SHK-Handwerk	43

Zusammenfassung

Die 65-Prozent-Regel als Schlüssel für den Markthochlauf von Wärmepumpen

Damit der Gebäudesektor klimaneutral wird, braucht es eine Wärmewende. Die Wärmewende umfasst drei zentrale Handlungsfelder: Bestandsgebäude energetisch sanieren, aus der fossilen Versorgung mit Öl- und Gaskesseln aussteigen sowie Wärmenetze ausbauen und dekarbonisieren. Fortschritte in diesen Handlungsfeldern senken gleichzeitig den Bedarf an fossilen Energieimporten und leisten so einen wichtigen Beitrag für mehr Energiesouveränität in Deutschland.

Eine Technologie rückt dabei besonders in den Mittelpunkt: die Wärmepumpe. Sie soll künftig sehr viele der heute laufenden Öl- und Gaskessel ersetzen – es sei denn, vor Ort wird bereits ein Wärmenetz betrieben. Zahlreiche Studien, unter anderem die „Big-5“-Klimaneutralitätsstudien, verdeutlichen die Notwendigkeit eines steilen Markthochlaufs von Wärmepumpen für das Erreichen der Klimaziele. Rund sechs Millionen Wärmepumpen müssen laut dem Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (AEW et al. 2021) bis 2030 installiert werden. Dafür ist jedoch ein deutlich höheres Ausbautempo erforderlich. Die existierenden Förderinstrumente allein werden die erforderliche Dynamik nicht entfesseln können: Es braucht eine ordnungsrechtliche Flankierung.

So beschloss die Bundesregierung im März 2022, dass neue Heizungsanlagen ab dem 01.01.2024 mit mindestens 65 Prozent Erneuerbaren Energien betrieben werden müssen. Die sogenannte 65-Prozent-Anforderung gilt für Neubauten sowie Heizungsanlagen in bestehenden Gebäuden. Damit schließt die Regel reine öl- und gasbefeuerte Anlagen aus.

Diese neue Anforderung kann dem Wärmepumpen-Rollout den notwendigen Rückenwind verleihen. Es gilt jedoch, sie konsequent und ambitioniert auszugestalten. Erstens muss die 65-Prozent-Anforderung jetzt gesetzlich verankert werden, damit Marktakteure die notwendige Planungssicherheit haben und möglichst keine neuen Gaskessel eingebaut werden, die dann vor dem Ende ihrer Lebensdauer stillgelegt werden müssen. Zweitens müssen Ausnahmeregelungen stark begrenzt und zielgerichtet sein, denn Wärmepumpen sind in den meisten Gebäuden schon heute effizient einsetzbar. Drittens muss die Regelung bestehende Knappheiten reflektieren und damit den Einbau von Heizungsanlagen stark eingrenzen, die auf Biomasse- oder Wasserstoff basieren.

Eine solche konsequente Umsetzung führt dazu, dass Hauseigentümer:innen ihre Investitionsentscheidungen zukünftig zugunsten klimafreundlicher Heizungstechnologien treffen. Gleichzeitig erhalten Marktakteure, wie Anlagenhersteller, Handwerksbetriebe, Energieversorger und die Wohnungswirtschaft, verlässliche Rahmenbedingungen. Dies ermöglicht ihnen, in neue Produktionsmethoden und Geschäftsmodelle zu investieren – und so weitere wirtschaftliche Vorteile zu erschließen.

Die 65-Prozent-Anforderung ist anschlussfähig mit den Impulsen auf EU-Ebene: Der European Green Deal stellt die Weichen für eine vollständige Dekarbonisierung bis 2050; und der im Mai 2022 veröffentlichte *RePowerEU*-Plan sieht konkret eine Installation von zehn Millionen Wärmepumpen innerhalb der nächsten fünf Jahre vor. Zusätzlich haben einige europäische Länder weitere Regelungen zur Begrenzung des Einsatzes fossiler Brennstoffe umgesetzt, etwa in Form von Einbau- oder Nutzungsverböten für Öl- und Gaskessel, anlagenbezogenen CO₂-Grenzwerten oder Nutzungspflichten für erneuerbare Wärme.

Markthochlauf bleibt hinter erforderlicher Dynamik zurück

Bislang wurden in Deutschland rund eine Millionen Wärmepumpen installiert. Weitere fünf Millionen Wärmepumpen müssen für das Erreichen der Klimaziele bis 2030 folglich noch hinzukommen. Das entspricht einem durchschnittlichen Zubau von 500.000 Wärmepumpen pro Jahr. Zum Vergleich: Im Jahr 2021 wurden in Deutschland rund 154.000 neue Heizungs- Wärmepumpen eingebaut. Trotz sehr guter Förderkulisse installierten Hauseigentümer 2021 immer noch fast fünfmal so viele Gaskessel wie Wärmepumpen.

Obwohl der Marktanteil von Wärmepumpen in den letzten zwei Jahren deutlich gestiegen ist, schneidet Deutschland im europäischen Vergleich mangelhaft ab. So wurden in den Vorreiterländern Norwegen und Finnland im Jahr 2021 über zehnmal mehr Wärmepumpen pro 1.000 Haushalte installiert als in Deutschland. In Schweden liegt der Marktanteil von Wärmepumpen bei circa 90 Prozent. Auch in Ländern wie den Niederlanden, in denen die Wärmeversorgung traditionell auf Erdgas basiert, hat sich der Wärmepumpenmarkt in den letzten Jahren erfolgreich entwickelt – Grund sind unter anderem ein günstiges Preisverhältnis von Strom und Erdgas, eine fortgeschrittene kommunale Wärmeplanung sowie ambitionierte Ziele zum Ausstieg aus der Nutzung von Erdgas zur Wärmeversorgung.

Einsatzbereiche im Gebäudebestand

Aktuelle Feldtests zeigen, dass Wärmepumpen auch in bestehenden Gebäuden sehr effizient Raumwärme und Warmwasser erzeugen. Die Effizienz einer Wärmepumpe (Jahresarbeitszahl) hängt insbesondere von dem Temperaturniveau des Heizungssystems eines Gebäudes ab. Viele Bestandsgebäude kommen mit einem Temperaturniveau aus, das einen effizienten Betrieb einer Wärmepumpe zulässt. Dies trifft auch auf Gebäude zu, die über „herkömmliche“

Heizkörper beheizt werden. Wichtig ist jedoch, dass die Wärmepumpe sorgfältig geplant, installiert und eingestellt wird. In vielen Fällen lässt sich das Temperaturniveau auch durch einfache Maßnahmen, wie den Einbau neuer Fenster oder den Austausch einzelner „kritischer“ Heizkörper, auf das notwendige Niveau reduzieren.

Wärmepumpen werden bisher hauptsächlich in Ein- und Zweifamilienhäusern eingebaut. Die 65- Prozent-Anforderung weitet den Einsatzbereich der Wärmepumpe deutlich aus. Wärmepumpen werden sich in Gebäudesegmenten etablieren, in denen sie bislang nur in Einzelfällen eingesetzt wurden. Hierzu gehören vor allem Mehrfamilienhäuser, in denen die Installation zwar eine komplexe, zumeist aber lösbare Aufgabe, darstellt. Herausforderungen bestehen zum Beispiel in der Erschließung der Wärmequelle. Wenn bei Luft/Wasser-Wärmepumpen eine ebenerdige Aufstellung aufgrund der räumlichen Gegebenheiten nicht möglich ist, kann die gesamte Anlage auf dem Dach des Gebäudes installiert werden. Mit Abwasserkanälen, PV-Thermie-Solaranlagen (PVT), Eisspeichern oder kalter Nahwärme stehen weitere Wärmequellen zur Verfügung, die bisher nur wenig genutzt werden. Eine weitere Lösungsvariante ist die kaskadierte Anordnung mit einer ersten Erwärmungsstufe durch eine Luft/Wasser-Wärmepumpe auf dem Gebäudedach sowie einer zweiten Erwärmungsstufe (Nachheizung) durch Wärmepumpen in den einzelnen Wohnungen. Solche bereits erprobten Technologien gilt es jetzt in die Breite zu tragen und zu standardisieren.

Attraktive Betriebskosten, hohe Investitionskosten

Wärmepumpen sind viel klimafreundlicher als Gaskessel und weisen niedrigere Betriebskosten auf. Wärmepumpen haben auch bei einer vergleichsweise geringen Jahresarbeitszahl große CO₂-Vorteile gegenüber einem Gaskessel. Mit Blick auf das im novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetz veran-

kerte Ziel, den Erneuerbaren-Anteil an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 auf 80 Prozent zu erhöhen, wird der Klimavorteil sehr schnell weiter steigen. Auch die Betriebskosten sind bei Wärmepumpen viel günstiger. Ohne Förderung liegen die Investitionskosten bei Wärmepumpen jedoch noch deutlich über denen eines Gaskessels. Verbunden mit neuen Produktionsverfahren und einer Verkürzung der Installationszeiten sehen Marktakteure hier allerdings die Chance, die Investitionskosten um bis zu 40 Prozent zu reduzieren.

Sogenannte Hybrid-Wärmepumpen, die gewöhnlicherweise aus einer Kombination aus einer Wärmepumpe und einem Gas- oder Ölkessel bestehen, haben zumindest im Bereich der Einfamilienhäuser in den meisten Fällen weder einen ökologischen noch ökonomischen Vorteil gegenüber rein elektrischen Wärmepumpenanlagen.

Erforderliche Anpassungen des Heizungsmarktes

Der notwendige Markthochlauf von Wärmepumpen erfordert grundlegende Anpassungen auf allen Ebenen des Heizungsmarktes:

- Anlagenhersteller müssen ihre Fertigungskapazitäten ausweiten beziehungsweise bestehende Produktionslinien auf Wärmepumpen umstellen. Der Automatisierungs- und damit Industrialisierungsgrad des Fertigungsprozesses ist zu erhöhen. Hinzu kommt eine stärkere Standardisierung der Einzelkomponenten. Der Markt benötigt möglichst fehlerresistente und einfach zu installierende Standardlösungen.
- Betriebe des Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerks (SHK-Handwerk) müssen ihr Portfolio auf den Vertrieb, den Einbau und die Wartung von Wärmepumpen ausrichten. Dafür benötigen die Betriebe entsprechende Schulungen ihrer Mitarbeitenden. Auch Wärmepumpenhersteller sollten

ihre Fortbildungsangebote intensivieren. Eine neue Komponente „Installationsgeschwindigkeit“ sollte die bisher auf die Installationsqualität ausgerichteten Schulungsschwerpunkte ergänzen. Es bedarf der Entwicklung neuer Qualifizierungskonzepte, neuer Zuschnitte bei den Ausbildungscurricula (dabei auch Schaffung neuer attraktiver Berufsbilder) sowie gegebenenfalls einer Verkürzung der Ausbildungszeiten. Außerdem können die Ausbildung von deutlich mehr Frauen, eine schnelle Integration von Geflüchteten in den Arbeitsmarkt, Quereinstiege von Fachkräften aus anderen Branchen sowie ein verstärkter Zuzug aus dem Ausland die Zahl der Fachkräfte erhöhen.

- Der Wärmepumpenhochlauf erfordert und bietet die Chance auf die Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungsangebote, Finanzierungsmodelle und Märkte. Stromverteilnetze sind auf die zusätzlichen Lasten und Flexibilitätsoptionen, die sich mit Wärmepumpen verbinden, auszurichten. Netzentgelte sollten Anreize setzen, das Zusammenspiel zwischen lokaler EE-Einspeisung, flexibler Verbraucher und Speicher intelligent zu steuern.

Politischer Handlungsbedarf

Der Markthochlauf von Wärmepumpen bedarf einer starken politischen Flankierung. Kernelement ist dabei die 65-Prozent-Anforderung. Sie muss Ausnahmeregelungen eng fassen, Knappheiten (Biomasse) und Verfügbarkeiten (grüner Wasserstoff) berücksichtigen und sofort gesetzlich geregelt werden. Denn erst eine gesetzliche Verankerung verschafft Marktakteuren die notwendige Planungssicherheit, um Produktionsprozesse und Angebotsportfolios umzustellen, Aus-, Fort- und Weiterbildungsaktivitäten anzupassen, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und die dafür notwendigen Investitionen zu mobilisieren. Je früher die Umsetzung kommt, desto kleiner wird zudem der Gaskesselbestand, der vor Ablauf seiner durchschnittlichen Nutzungsdauer stillgelegt werden muss.

Weiterhin notwendig ist eine Verstärkung der Breitenförderung. Außerdem braucht es gezielte Förderschwerpunkte für Einsatzbereiche, die Wärmepumpen bisher nur in Einzelfällen nutzen, die durch die 65-Prozent-Anforderung aber schnell erschlossen werden müssen (vor allem Mehrfamilienhäuser). Einkommensschwache Gebäudeeigentümer:innen benötigen gezielte Unterstützung. Um eine sozial gerechte Transformation sicherzustellen, muss der Gesetzgeber zudem die Rahmenbedingungen zur Verteilung der Kosten zwischen Vermietenden und Mietenden prüfen und gegebenenfalls anpassen.

Ein Schlüssel zur Förderung des Markthochlaufs liegt in der Ausgestaltung des Energiepreisgefüges. Die aktuelle Energiekrise erfordert dabei eine gezielte Absicherung wettbewerbsfähiger Betriebskosten für Wärmepumpen. Mit Blick auf die Zeit nach der Krise ist ein stetig ansteigender (im Idealfall bekannter) CO₂-Preispfad notwendig, um die Wettbewerbsbedingungen für Wärmepumpen zu verbessern und eine verlässliche Planungsgrundlage für Investitionsentscheidungen zu bieten. Mit der Abschaffung der EEG-Umlage wurden die Betriebskosten von Wärmepumpen bereits entlastet. Weitere Entlastungen sind geplant (Energie-Umlagen-Gesetz). Denkbar wäre auch die Absenkung der Stromsteuer auf den EU-Mindeststeuersatz.

Der Markthochlauf benötigt eine Intensivierung der Maßnahmen, um der Fachkräfteproblematik zu begegnen, insbesondere durch den Auf- und Ausbau der entsprechenden Fort- und Weiterbildungsinfrastruktur. Auch wenn hier insbesondere die Marktakteure am Zug sind, sollte der Aufbau zumindest in der Startphase durch staatliche Förderung beschleunigt werden. Eine weitere Maßnahme besteht in der Finanzierung von Kursgebühren und Fortbildungszeit, um Anreize zu setzen, Schulungsangebote stärker zu nutzen. Gleichzeitig sollten Ausbildungscurricula aktualisiert werden, um dem neuen Fokus auf Wärmepumpen Rechnung zu tragen. Eine vor Ort

durch Multiplikatoren verankerte Informationskampagne sollte außerdem Gebäudeeigentümer:innen und die Fachwelt über die neuen Regelungen und Lösungen informieren.

Um Wärmepumpen möglichst effizient in die Stromverteilnetzinfrastruktur zu integrieren und deren Flexibilitätspotenzial zu nutzen, bedarf es einer entsprechenden Anreizstruktur, insbesondere durch eine zügige Umsetzung der Regelung zu steuerbaren Verbrauchsanlagen und einer beschleunigten Digitalisierung der Verteilnetze. Außerdem sollten verbleibende regulatorische Hemmnisse bei der Installation von Wärmepumpen beziehungsweise der Erschließung von Wärmequellen abgebaut werden. Nicht zuletzt sollte eine aktive Standortpolitik dafür sorgen, Wertschöpfungsketten der Fertigung von Wärmepumpen in Europa sicherzustellen.

1 Hintergrund und Ziele

Wärmepumpen sind eine Schlüsseltechnologie für die Wärmewende. Die als „Big 5“¹ bezeichneten Klimaneutralitätsszenarien sehen für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors in Deutschland eine zentrale Rolle für Wärmepumpen. Auch auf EU-Ebene hebt der im Mai veröffentlichte *RePowerEU*-Plan Wärmepumpen als eine wichtige Technologie für die Transformation des Wärmesektors sowie für die Reduktion der Importabhängigkeit der EU hervor. Im Gegensatz dazu sind auf Biomasse beruhende Heiztechnologien in ihrem Potenzial stark begrenzt: Nachhaltige Biomasse ist knapp. Die „Big 5“-Szenarien sehen daher konstante oder bis 2045 sogar sinkende Verbräuche von Biomasse im Gebäudesektor vor.

In Deutschland hat die Bundesregierung am 23. März 2022 beschlossen, gesetzlich festzuschreiben, „dass ab dem 1. Januar 2024 möglichst jede neue Heizung mit mindestens 65 % erneuerbaren Energien betrieben werden soll“. Damit schließt die Regel reine öl- und gasbefeuerte Anlagen aus. Auch Kombinationen von fossil befeuerten und Erneuerbaren-Anlagen – zum Beispiel von einem Gasbrennwertkessel und Solarthermie – können die 65-Prozent-Anforderung nicht erfüllen. Die neue Anforderung gilt für Neubauten und Heizungsanlagen in bestehenden Gebäuden.

Zuvor hatte der Koalitionsvertrag von November 2021 eine entsprechende Regelung ab dem 1. Januar 2025 vorgesehen. Auch das am 13. Juli 2022 vorgelegte Sofortprogramm mit Klimaschutzmaßnahmen

für den Gebäudesektor² beinhaltet die gesetzliche Umsetzung der 65-Prozent-Anforderung. Das Sofortprogramm weist insbesondere auf die Notwendigkeit geeigneter ordnungspolitischer Regelungen hin, um Investitionsentscheidungen mit den mittel- bis langfristigen Klimazielen in Einklang zu bringen.

Die 65-Prozent-Anforderung ist ein wirkmächtiges ordnungsrechtliches Instrument, das dazu führt, dass Hauseigentümer:innen ihre Investitionsentscheidungen künftig zugunsten klimafreundlicher Heizungstechnologien treffen. Zudem erhalten Marktakteure wie Anlagenhersteller, Handwerksbetriebe, Energieversorger und die Wohnungswirtschaft verlässliche Rahmenbedingungen, um die Transformation des heute noch durch fossile Brennstoffe dominierten Heizungsmarktes hin zu klimafreundlichen Alternativen umzusetzen.

Die Bedeutung der 65-Prozent-Anforderung leitet sich auch daraus ab, dass der Gebäudesektor seit Inkrafttreten des Klimaschutzgesetzes im Jahr 2020 seine sektorspezifischen Zielmarken verfehlt. Zudem zeigen von der Bundesregierung beauftragte Modellierungsarbeiten, dass die bislang umgesetzten Politikmaßnahmen³ bei Weitem nicht ausreichen, um das Emissionsminderungsziel des Gebäudesektors für das Jahr 2030 zu erreichen (Öko-Institut et al. 2021a). Von allen geplanten Maßnahmen im Gebäudesektor verfügt die 65-Prozent-Anforderung über das größte

1 AEW et al. (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045 (Szenario KND 2045); BDI (2021): Klimapfade; Kopernikus-Projekt Ariadne (2021): Ariadne-Report (Szenario Technologiemic); BMWK Langfristszenarien (2021) (Szenario TN-Strom), dena Leitstudie (2021) (Szenario KN100)

2 siehe <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2022/07/20220713-bmwk-und-bmwsb-legen-sofortprogramm-mit-klimaschutzmassnahmen-fuer-den-gebäudesektor-vor.html>

3 Der Projektionsbericht schätzt in seinem „Mit-Maßnahmen-Szenario“ (MMS), dass alle Maßnahmen, die bis Ende August 2020 verabschiedet wurden, die CO₂-Emissionen im Gebäudesektor auf 90,9 Millionen Tonnen im Jahr 2030 reduzieren können. Die Obergrenze liegt laut Klimaschutzgesetz bei 67 Millionen Tonnen.

CO₂-Minderungspotenzial und kann somit helfen, die Ziellücke zu schließen (Öko-Institut 2022).

Der vorliegende Bericht untersucht die Rolle elektrischer Wärmepumpen im Hinblick auf die Umsetzung der 65-Prozent-Anforderung und den damit verbundenen erforderlichen Markthochlauf. Der Bericht ist folgendermaßen aufgebaut:

- Kapitel 2 beschreibt die derzeitige Marktsituation sowie die Bedeutung von Wärmepumpen für das Erreichen der Klimaschutzziele im Gebäudesektor. Ferner widmet sich das Kapitel der Bedeutung der 65-Prozent-Anforderung für den Markthochlauf von Wärmepumpen sowie der Einbettung der neuen Regelung in den EU-Kontext.
- In Kapitel 3 wird der aktuelle Wissensstand zum Einsatz von Wärmepumpen im Gebäudebestand dargestellt, es erfolgt eine ökologische und ökonomische Einordnung des Wärmepumpen-Einsatzes sowie eine Bewertung sogenannter Hybrid-Wärmepumpen.
- Kapitel 4 beschreibt Politikansätze, die Schweden und die Niederlande als Fallbeispiele für den Markthochlauf verfolgen. Dabei werden Elemente identifiziert, die auch auf Deutschland übertragbar sind.
- Kapitel 5 diskutiert Anpassungen, die auf den verschiedenen Ebenen des Heizungsmarktes notwendig sind, um den Markthochlauf und die damit verbundene Markttransformation in der gebotenen Dynamik sicherzustellen.
- In Kapitel 6 werden abschließend politische Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Im Rahmen der Untersuchung fanden eine Reihe von Interviews und Gesprächen mit verschiedenen Akteuren des Wärmepumpenmarktes statt, insbesondere mit Vertreter:innen von Herstellern und Verbänden. Die Einschätzungen der Gesprächspart-

ner:innen flossen in die Untersuchungsergebnisse und Markteinschätzungen ein. Auf eine Nennung von Personen oder Unternehmen wird aus Vertraulichkeitsgründen verzichtet.

2 Die 65-Prozent-Anforderung als Schlüssel für den Markthochlauf

2.1 Wärmepumpe – Schlüsseltechnik der Wärmewende

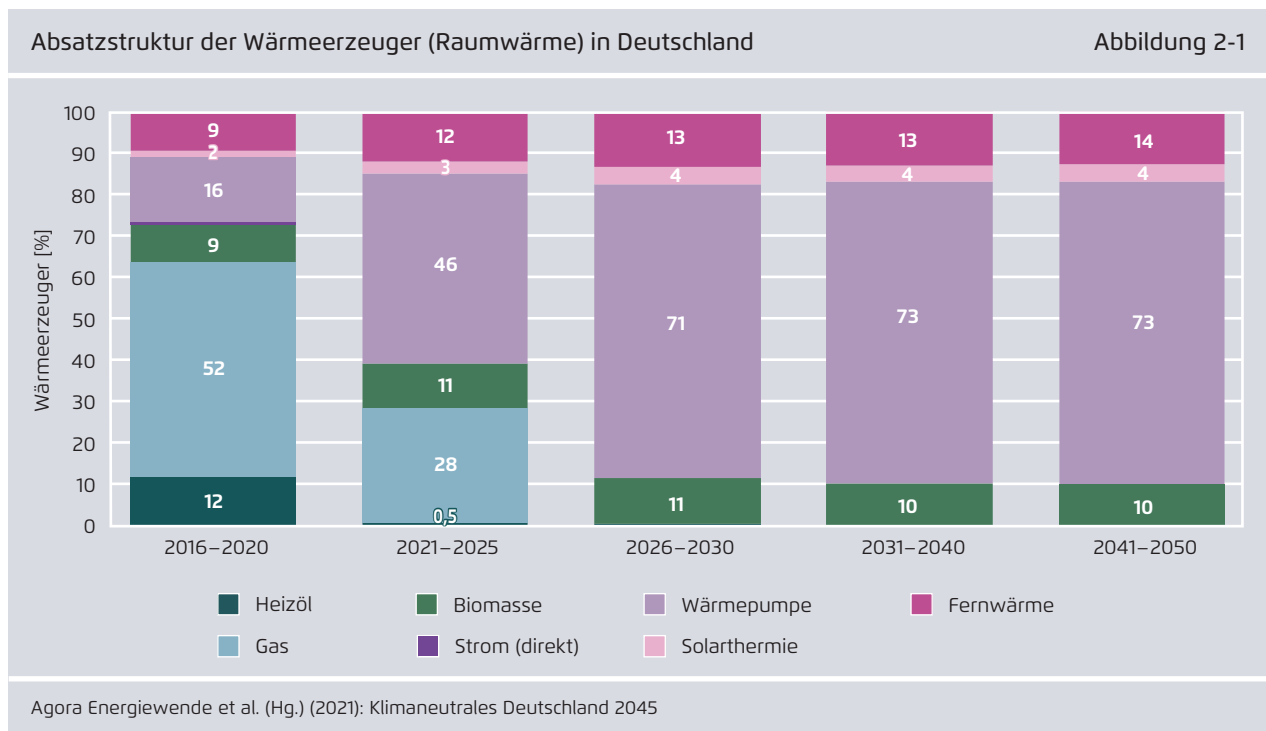
Neben der Gebäudesanierung und den Energieeffizienztechniken, die den Energieverbrauch der Gebäude reduzieren, gehören klimafreundliche Fernwärme und Wärmepumpen zu den Schlüsseltechniken für die Dekarbonisierung des Gebäudesektors. In den als „Big 5“⁴ bezeichneten Klimaneutralitätsszenarien für Deutschland liegt die Anzahl installierter Wärmepumpen im Jahr 2030 zwischen 4,1 Millionen (dena KN100) und 6,5 Millionen (BDI Klimapfade).

4 AEW et al. (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045 (Szenario KNDE 2045); BDI (2021): Klimapfade; Ariadne (2021) (Szenario Technologiemic); BMWK Langfristszenarien (2021) (Szenario TN-Strom), dena Leitstudie (2021) (Szenario KN100)

Im Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ (AEW et al. 2021) werden bis 2030 rund 6 Millionen Wärmepumpen installiert.

Das Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“ zeigt die Marktentwicklung, die notwendig ist, um die Klimaziele des Gebäudesektors zu erreichen. So muss der Marktanteil von Wärmepumpen von rund 17 Prozent im Jahr 2021 auf nahezu 50 Prozent bis 2025 ansteigen. 2030 muss er bei mindestens 70 Prozent liegen. Im Durchschnitt erfordert das den Zubau von mehr als 500.000 Wärmepumpen pro Jahr.

Zum Vergleich: Im Jahr 2021 wurden in Deutschland „nur“ rund 154.000 neue Heizungs-Wärmepumpen installiert (Abbildung 2-2). Allerdings verzeichnete der Wärmepumpen-Markt gerade in den letzten beiden Jahren einen deutlichen Anstieg; 2021 wurden



circa 35.000 mehr Wärmepumpen installiert als noch im Jahr zuvor. Grund dafür ist insbesondere die deutliche Anhebung der Fördersätze im Rahmen der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG). Die Zielmarke von 6 Millionen Wärmepumpen im Jahr 2030 erfordert, dass der Markthochlauf in den kommenden Jahren eine den Jahren 2020/21 vergleichbare Dynamik aufweist.

Im Bereich der Wohngebäude wird inzwischen bei rund der Hälfte aller Neubauten eine Heizungs-Wärmepumpe eingebaut (Destatis 2022). Bis 2019 wurde stets mehr als die Hälfte des Marktumsatzes in Neubauten eingesetzt. Dieses Verhältnis hat sich allerdings seit dem Jahr 2020 umgekehrt. Wie aus Abbildung 2-2 ersichtlich wird, wurden 2021 fast zwei Drittel aller verkauften Wärmepumpen in bestehenden Gebäuden installiert.

2.2 Wärmepumpe – Beitrag für mehr Energiesouveränität

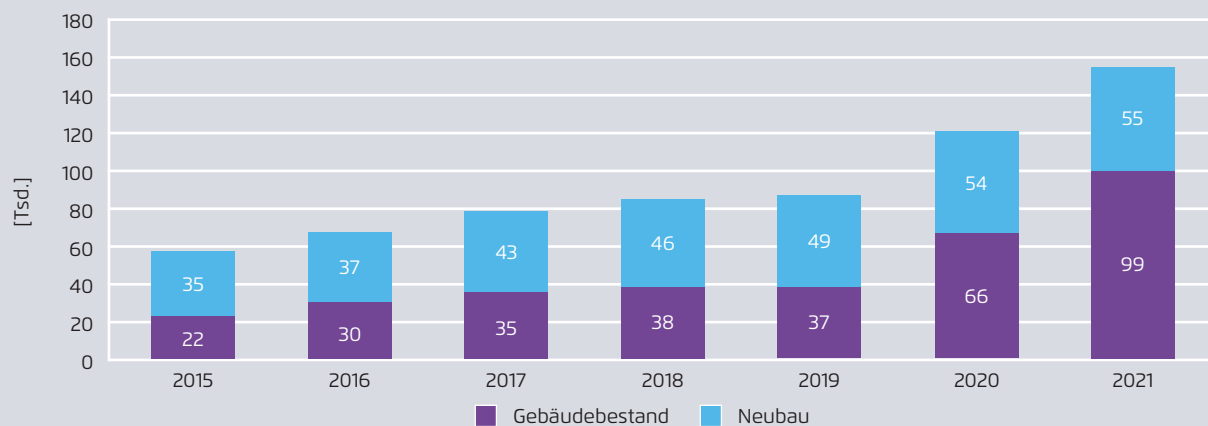
Laut Monitoringbericht der Bundesnetzagentur wies Deutschland 2020 bei Erdgas einen Importsaldo von rund 860 Terawattstunden auf (BNetzA 2022). Rund

zwei Drittel der Gasimporte stammten aus Russland (Abbildung 2-3). Der Gasverbrauch für die Wärmeversorgung der Gebäude (Raumwärme- und Warmwassererzeugung) lag 2020 bei rund 360 Terawattstunden (AGEB 2021). Die Gebäudewärme ist damit einer der Hauptverbraucher importierten Erdgases. Auch Heizöl wird entweder direkt oder in Form seiner Vorprodukte fast komplett importiert.

Der Austausch eines Gas- oder Ölkessels zugunsten einer Wärmepumpe führt damit zu einem Rückgang der Gas- beziehungsweise Ölnachfrage und damit automatisch zu einem geringeren Bedarf an Energieimporten. Auf diese Weise leisten Wärmepumpen auch einen wichtigen Beitrag für mehr Energieunabhängigkeit, denn fast alle Wärmepumpen laufen mit Strom. Nach den Beschlüssen der Bundesregierung soll dieser bis 2030 zu mindestens 80 Prozent aus Erneuerbaren Energien stammen und bis 2035 so gut wie klimaneutral sein. Die entsprechenden erneuerbaren Kraftwerke, vor allem Windkraft- und PV-Anlagen, werden hauptsächlich in Deutschland stehen. Durch den Markthochlauf von Wärmepumpen werden importierte fossile Brennstoffe durch heimische Erneuerbare Energien ersetzt.

Marktumsatz von Heizungs-Wärmepumpen in Neubau und Gebäudebestand

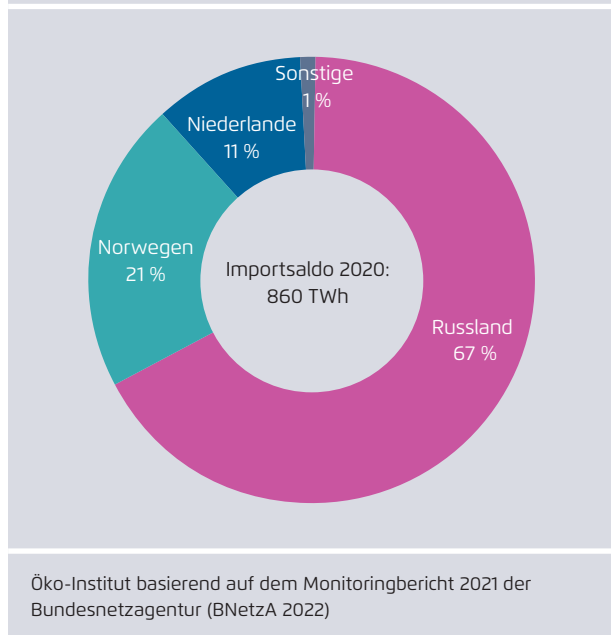
Abbildung 2-2



Agora Energiewende basierend auf Marktdaten des Bundesverbands Wärmepumpen (BWP) sowie Destatis (2022)

Quellenländer der nach Deutschland importierten Gasmengen 2020

Abbildung 2-3



2.3 Bedeutung der 65-Prozent-Anforderung für die Markttransformation

In den letzten zwei Jahren stieg der Marktumsatz an Heizungsanlagen – insbesondere aufgrund der verbesserten Förderkulisse – deutlich an (Abbildung 2–4). Der Zuwachs geht vor allem auf einen verstärkten Austausch bestehender Heizkessel zurück. Nach Marktdaten des Bundesverbands der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) wurden 2021 in Deutschland rund 920.000 neue Heizanlagen abgesetzt, davon rund 700.000 Gas- und Ölkessel. Damit basieren drei von vier neu installierten Heizungsanlagen auf der Verbrennung fossiler Energieträger.

Eingesetzt in durchschnittlichen deutschen Wohngebäuden⁵ verursachen diese mit fossilen Brennstoffen

5 Wohngebäude mit 200 Quadratmetern Wohnfläche und einem wohnflächenspezifischen Gasverbrauch von 145 Kilowattstunden pro Quadratmeter pro Jahr

betriebenen neuen 700.000 Heizkessel pro Jahr mehr als 4 Millionen Tonnen CO₂. Bei einer üblichen Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren könnten die meisten dieser Anlagen auch 2045 noch laufen. Mit jedem weiteren Jahr, in dem vergleichbar viele neue Gas- oder Heizkessel installiert werden, wird die zukünftige Klimabilanz mit ähnlich hohen Emissionen belastet. Mit den Zielen eines klimaneutralen Gebäudesektors im Jahr 2045 ist dies nicht vereinbar. Eine Zieleinhaltung kann vielmehr dazu führen, dass die heute installierten Kessel durch politische Intervention vor 2045 – also vor Ablauf der „normalen“ Nutzungsdauer – stillgelegt werden müssten, zulasten der Betreiber der entsprechenden Heizungsanlagen.

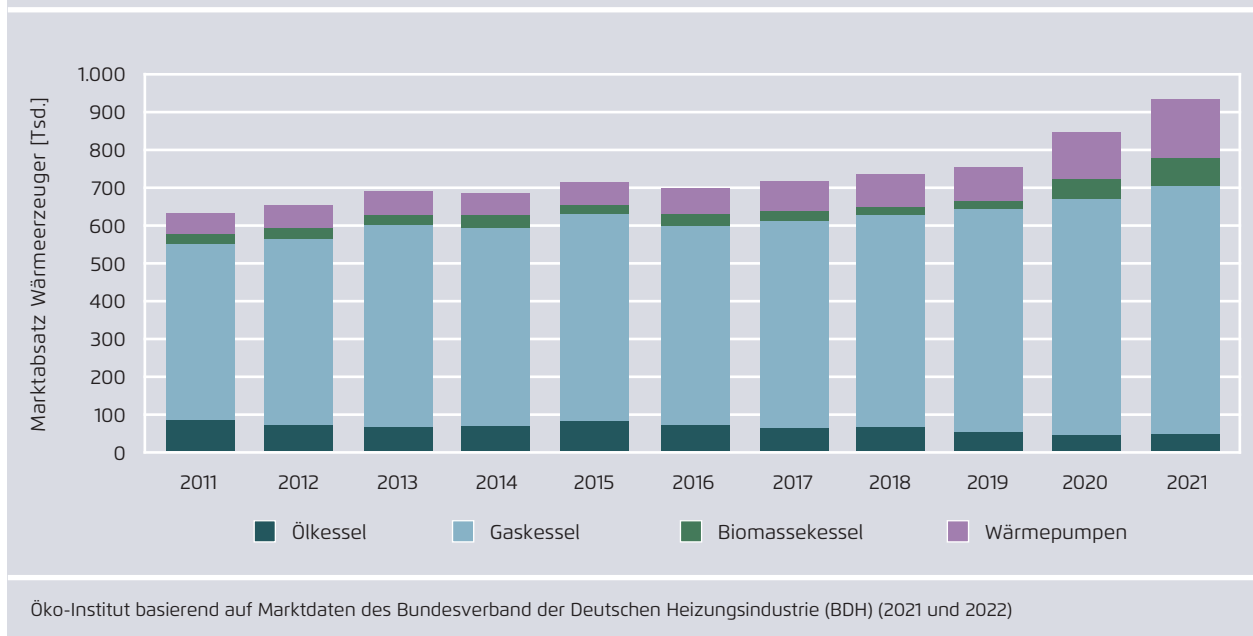
Wie Abbildung 2–4 zeigt, konnte selbst die sehr gute Förderung von Wärmepumpen die Dominanz von Gaskesseln nicht brechen. Mit Einführung der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) stiegen die Fördersätze für erneuerbare Wärmeerzeuger deutlich an. Für Wärmepumpen liegt die Förderquote seither bei 35 Prozent. In Kombination mit dem Bonus für den Austausch von Ölkesseln sowie dem iSFP-Bonus⁶ kann die Förderquote auf bis zu 50 Prozent steigen. Die umfangreiche Förderung hat durchaus zu einem höheren Marktanteil Erneuerbarer Energien geführt. Allerdings wird der Markt nach wie vor durch Gaskessel dominiert. Finanzielle Förderung reicht also allein nicht aus, um die notwendige Marktumkehr auf dem Heizungsmarkt schnell genug umzusetzen.

Notwendig ist vielmehr ein wirkmächtiges ordnungsrechtliches Instrument, das dazu führt, dass Hauseigentümer:innen ihre Investitionsentscheidungen zukünftig zugunsten klimafreundlicher Heizungstechnologien treffen und Marktakteure wie Anlagenhersteller, Handwerksbetriebe, Energieversorger und die Wohnungswirtschaft, also Akteure über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg,

6 Bonus bei Vorlage eines gebäudeindividuellen Sanierungsfahrplans (iSFP)

Marktabsatz der Wärmeerzeuger in Deutschland 2011–2021

Abbildung 2-4



verlässliche Rahmenbedingungen erhalten, die Transformation des Heizungsmarktes hin zu klimafreundlichen Techniken umzusetzen. Angesichts der üblichen Nutzungsdauern von Heizanlagen ist es zudem notwendig, die ordnungsrechtliche Regelung sofort gesetzlich zu verankern.

Die Bundesregierung hat deswegen am 23. März 2022 beschlossen, gesetzlich festzuschreiben, dass ab dem 1. Januar 2024 möglichst jede neue Heizung mit mindestens 65 Prozent Erneuerbaren Energien betrieben werden muss.⁷ Diese 65-Prozent-Anforderung gilt für Neubauten und Heizungsanlagen in bestehenden Gebäuden. Dem Wortlaut der Regelung nach sind dann nur noch Heizanlagen oder Kombinationen aus Heizsystemen (Hybrid-Systeme) zulässig, die einen EE-Anteil der Wärmeversorgung zwischen 65 und 100 Prozent aufweisen. Die Regelung schließt

damit reine öl- und gasbefeuerte Anlagen aus. Der 65-Prozent-Anteil liegt auch oberhalb der Erneuerbaren-Anteile bestimmter Kombinationen von Heizsystemen: zum Beispiel reichen Gasbrennwertkessel mit Solarthermie üblicherweise nicht an die 65 Prozent heran.

Die 65-Prozent-Anforderung trifft dabei auf einen deutlich veralteten Heizanlagenbestand. Laut einer aktuellen Erhebung des Zentralinnungsverbands der Schornsteinfeger (ZIV) wurden von den bestehenden mit fossilen Brennstoffen betriebenen Heizkesseln knapp 3 Millionen Ölkessel und 3,7 Millionen Gaskessel vor dem Jahr 2000 installiert (Abbildung 2-5). Damit sind 67 Prozent aller messpflichtigen Ölkessel und 57 Prozent aller messpflichtigen Gaskessel älter als 20 Jahre und gelten als technisch veraltet. Gleichzeitig kommen auch die in der ZIV-Statistik nicht aufgeführten Brennwertkessel in die Jahre. Angesichts durchschnittlicher Anlagenlebensdauern zwischen 20 und 30 Jahren muss die anstehende Austauschwelle direkt in klimazielfunktionale Investitionen münden. Dafür braucht es ein wirkungsvolles ordnungsrechtliches Signal. Nur so

⁷ Ergebnis des Koalitionsausschusses vom 23. März 2022: Maßnahmenpaket des Bundes zum Umgang mit den hohen Energiekosten (<https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/publikationen/massnahmenpaket-des-bundes-zum-umgang-mit-den-hohen-energiekosten-2020522>)

werden Hauseigentümer:innen vor Fehlinvestitionen in Gas- und Ölkessel geschützt, die zu späteren *Stranded Assets* führen, wenn die entsprechenden Kessel aus Klimaschutzgründen vor Ablauf ihrer Nutzungsdauer stillgelegt werden müssen.

2.4 Die 65-Prozent-Anforderung im europäischen Kontext

Auf EU-Ebene sind mit dem *European Green Deal* die Weichen gestellt für eine vollständige Dekarbonisierung bis 2050. Die Kommunikation zur Renovierungswelle sowie die derzeit laufenden Novellierungen der Richtlinien im Rahmen des *Fit-for-55*-Pakets konkretisieren die dafür notwendigen Ziele für den Ausbau Erneuerbarer Energien und der Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden für das Jahr 2030.

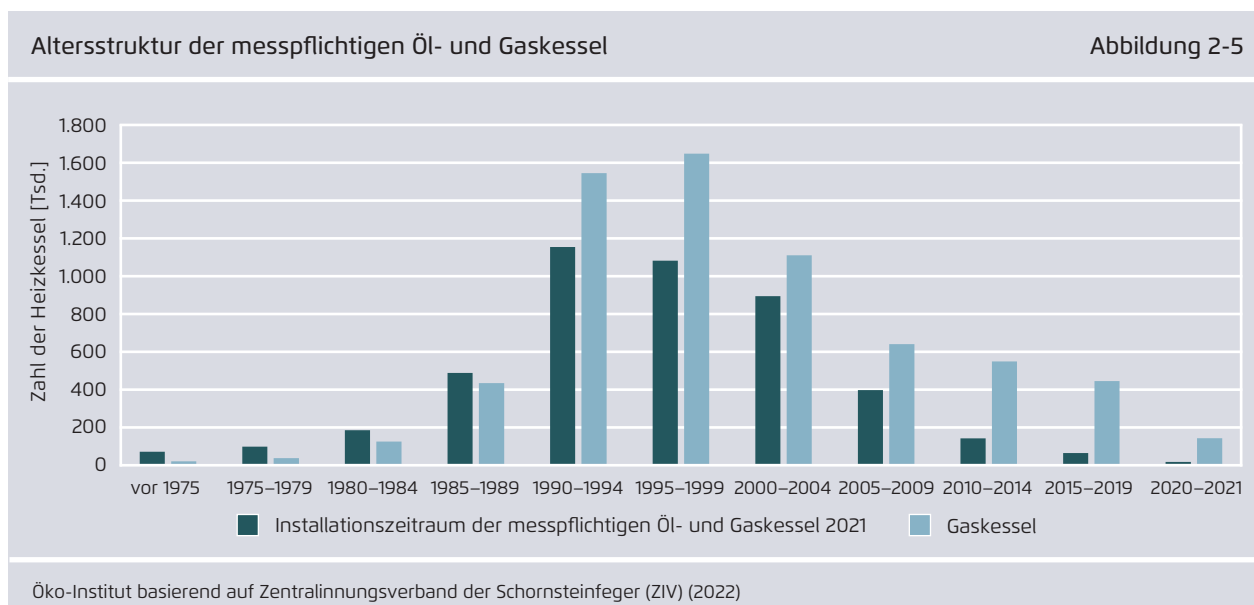
Um auch kurzfristig die Energiesouveränität der EU zu stärken, schlug die EU-Kommission im Rahmen des im Mai 2022 veröffentlichten *RePowerEU*-Plans weitere Verschärfungen der Klimaziele vor. Der *RePowerEU*-Plan gibt damit wichtige Impulse für die Transformation des europäischen Marktes für Wärmeerzeuger. Für Wärmepumpen ist eine Verdop-

pelung des derzeitigen Einsatzes vorgesehen, sodass in den nächsten fünf Jahren insgesamt zehn Millionen Geräte eingebaut werden sollen.

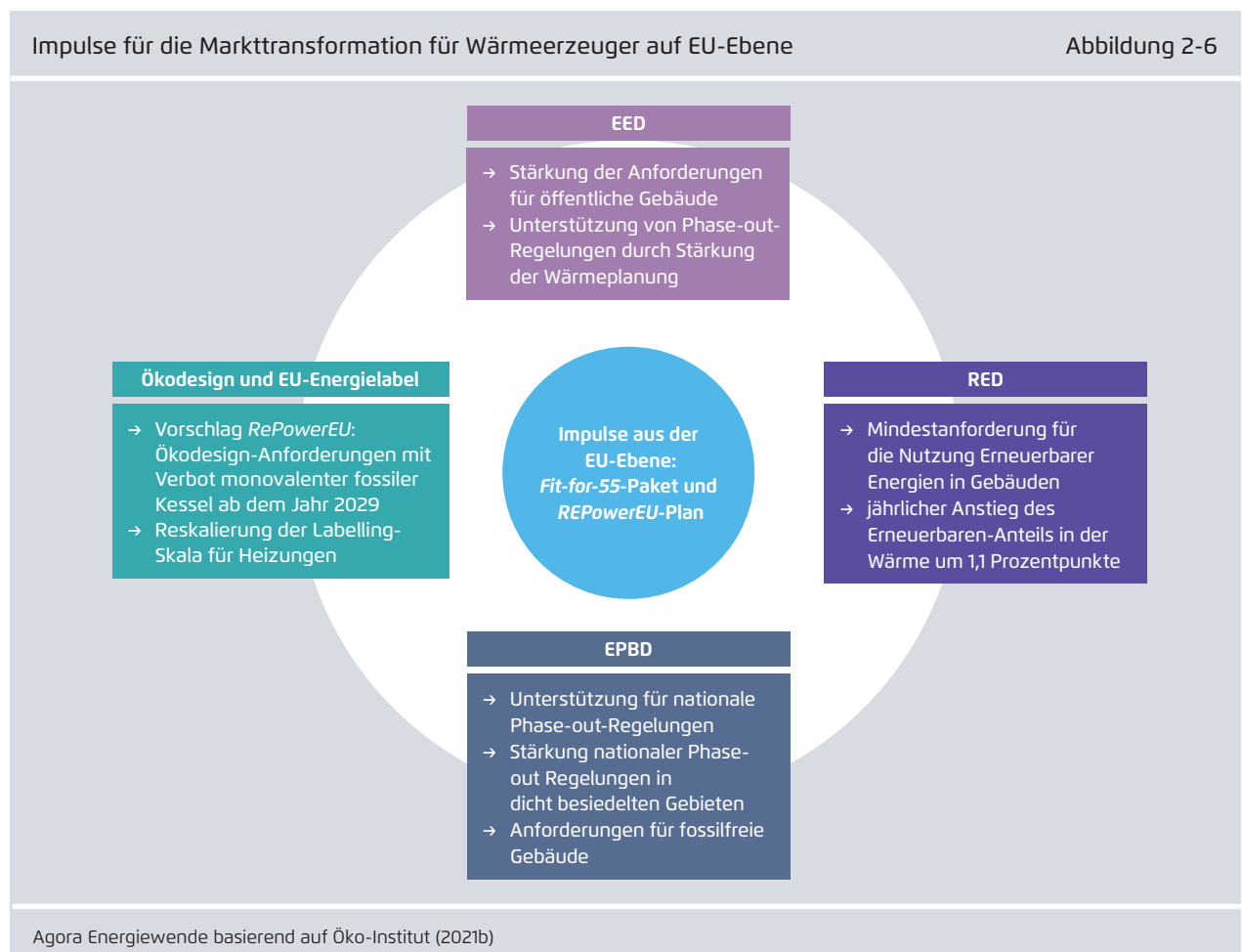
Im Rahmen des *RePowerEU*-Plans schlägt die EU-Kommission weiterhin vor, bis 2029 den Einbau monovalenter Heizkessel, die ausschließlich mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, zu stoppen. Dabei wird für die EU-Ebene ein De-facto-Phase-out monovalenter Gas-, Öl- und Kohlekessel über die Ökodesign-Verordnungen für Heizungsanlagen angekündigt.

Abbildung 2-6 gibt einen Überblick über zentrale Impulse, die aus den laufenden Prozessen um das *Fit-for-55*-Paket sowie den *RePowerEU*-Plan für den Gebäudebereich und insbesondere die Verbreitung von Wärmepumpen gesetzt werden. Dies umfasst die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD), die Energieeffizienzrichtlinie (EED), die EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien (RED) sowie die Ökodesign- und Labeling-Umsetzungsverordnungen für Heizungsanlagen.

Neben den Ansätzen auf EU-Ebene haben auch einige europäische Länder bereits Regelungen zur Begrenzung des Einsatzes fossiler Brennstoffe in der

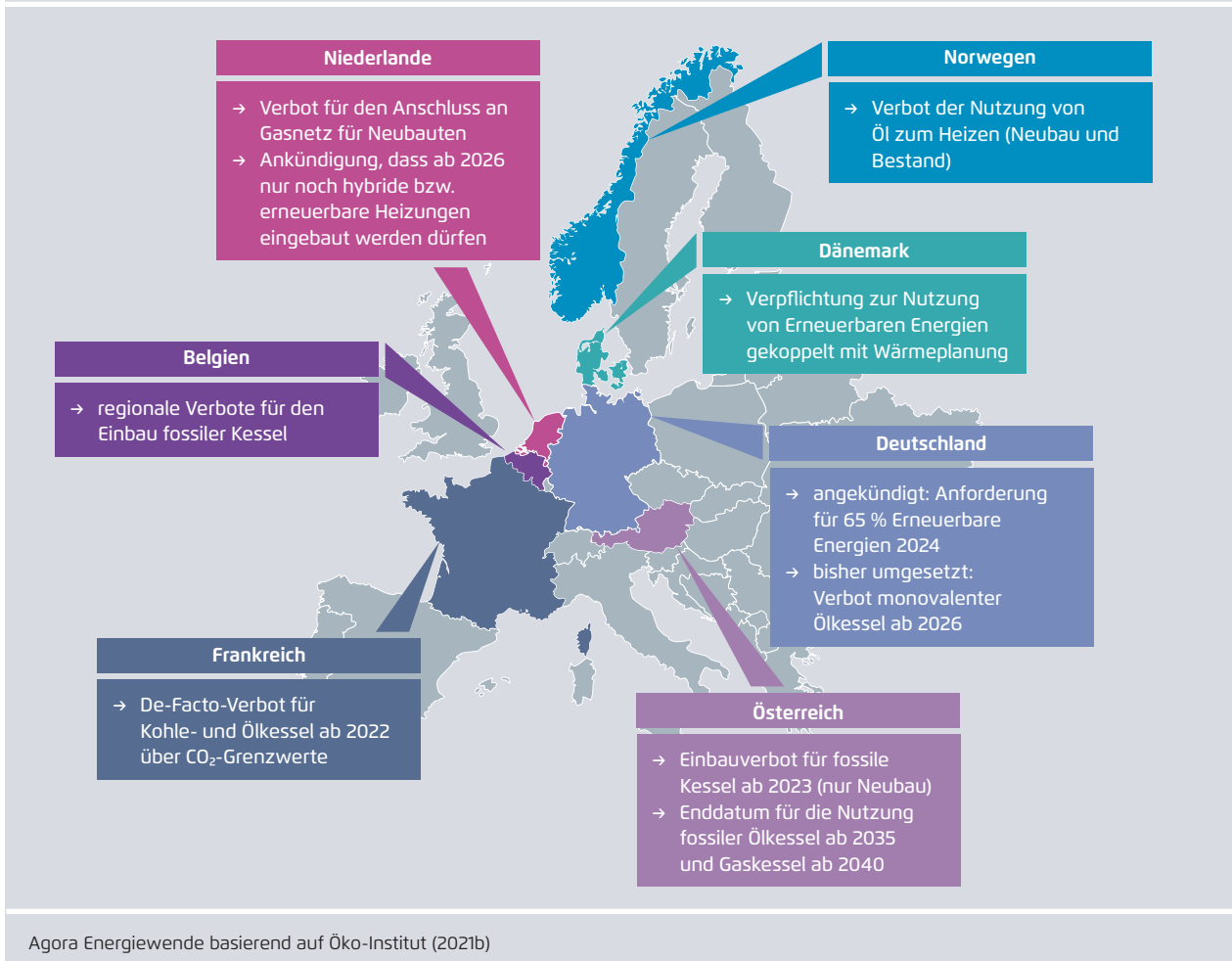


Beheizung von Gebäuden gesetzt (Abbildung 2-7). Dabei kommen verschiedene Ausgestaltungsvarianten zum Einsatz. Diese beinhalten Einbau- oder Nutzungsverbote für Gas-, Öl- und Kohlekessel, anlagenbezogene CO₂- Grenzwerte oder Nutzungspflichten für erneuerbare Wärmeenergien.



Übersicht Phase-out-Regulierungen in ausgewählten europäischen Ländern

Abbildung 2-7



3 Wärmepumpen als Erfüllungsoption der 65-Prozent-Anforderung

Während Wärmepumpen derzeit vor allem im Neubau sowie in sanierten Einfamilienhäusern zur Anwendung kommen, erschließt die Einführung der 65-Prozent-Anforderung weitere Einsatzgebiete. In Abschnitt 3.1 wird gezeigt, dass Wärmepumpen auch im Bestand aus ökologischer und ökonomischer Perspektive eine sinnvolle Lösung darstellen. Abschnitt 3.2 geht auf die Rolle von Hybridanlagen als Erfüllungsoption der 65-Prozent-Anforderung ein. In Abschnitt 3.3 werden Lösungsmöglichkeiten für Gebäudesegmente aufgezeigt, in denen Wärmepumpen bisher eine untergeordnete Rolle spielten.

3.1. Wärmepumpen im Bestand: Ökonomische und ökologische Einordnung

Wärmepumpen nicht nur im Neubau effizient, sondern auch im Bestand

Mittlerweile wurden Wärmepumpen unter einer Vielzahl von realen Bedingungen getestet und wissenschaftlich untersucht. Beispielhaft zeigen Feldtests aus Deutschland (Fraunhofer ISE et al. 2020) und aus der Schweiz (Prinzing et al. 2020) eindeutig, dass Wärmepumpen inzwischen nicht nur im Neubau, sondern auch in Bestandsgebäuden gute Effizienzwerte erreichen können. Es gibt somit kaum technische Gründe, die gegen den Einsatz von Wärmepumpen in Bestandsgebäuden sprechen. Seit Jahren erreichen auf dem Markt erhältliche Wärmepumpen Temperaturniveaus, die für die Beheizung eines Großteils der Bestandsgebäude ausreichend sind. In den vergangenen Jahren wurden Geräte entwickelt, die Temperaturen von bis zu 75 Grad Celsius bereitstellen können. In den meisten Fällen arbeiten diese Wärmepumpen mit dem natürlichen und umweltfreundlichen Kältemittel Propan. Es gibt somit aus Kundensicht keinen Grund, vorerst noch

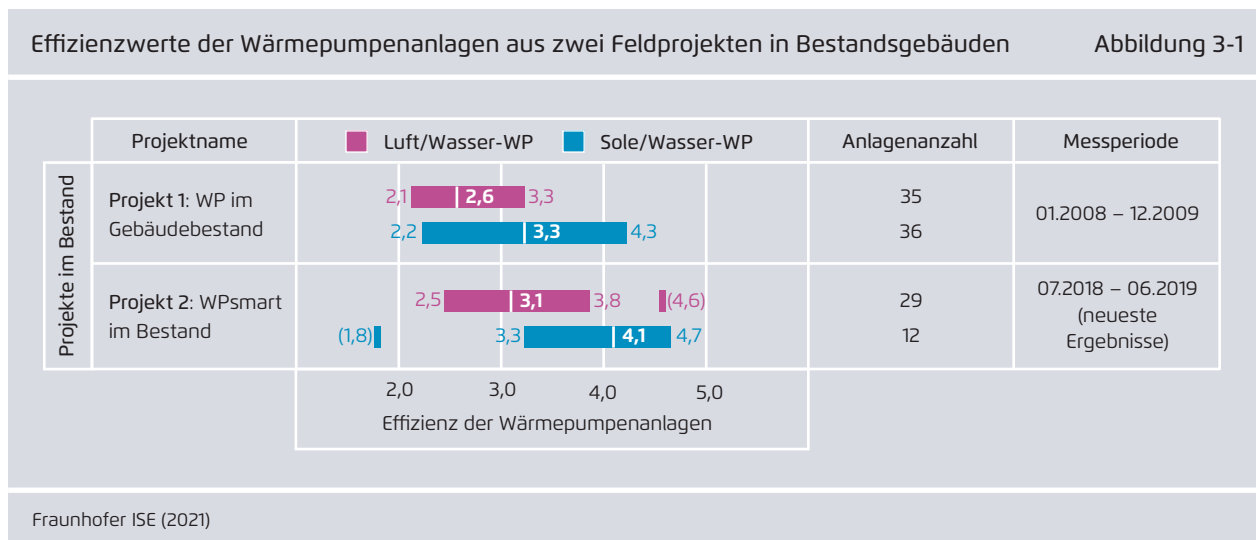
keine Wärmepumpe zu installieren und auf technologische Weiterentwicklungen zu warten.

Das Fraunhofer ISE hat im Laufe von 20 Jahren rund 300 im Einsatz befindliche Wärmepumpenanlagen vermessen und die Jahresarbeitszahlen⁸ (JAZ) dieser Anlagen ermittelt.⁹ Abbildung 3-1 zeigt die Ergebnisse aus zwei Projekten, im Rahmen dessen die Jahresarbeitszahlen verschiedener Wärmepumpentypen in Bestandsgebäuden vermessen wurden. Die Projekte wurden im Abstand von ungefähr zehn Jahren durchgeführt. Die Verbesserung der mittleren Jahresarbeitszahlen lässt sich vor allem mit der technologischen Verbesserung der Wärmepumpen erklären.

Im ersten Projekt (2008 bis 2009) wurden überwiegend unsanierte Gebäude, die zu 90 Prozent mit herkömmlichen Heizkörpern beheizt wurden, untersucht. Das zweite Projekt (2018 bis 2019) erfasste ebenfalls Bestandsgebäude, von denen allerdings einige teil- beziehungsweise vollständig saniert waren. Viele der untersuchten Gebäude wurden über Heizkörper beheizt, einige Gebäude verfügten über eine Fußbodenheizung oder gemischte Wärmeübergabesysteme. Alle untersuchten Wärme-

8 Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist ein Indikator für die Effizienz einer Wärmepumpe im realen Betrieb. Sie beschreibt das Verhältnis zwischen der erzeugten Heizungswärme sowie der eingesetzten Energie (Strom) und ist ein Mittelwert über die Dauer eines Jahres. Eine Jahresarbeitszahl von vier bedeutet, dass die Wärmepumpe mit einer Kilowattstunde elektrischer Energie im Jahresdurchschnitt vier Kilowattstunden Wärme bereitstellt.

9 <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/waermepumpen.html> oder <https://blog.innovation4e.de/2021/03/03/wie-gut-funktionieren-waermepumpen-im-gebaeudebestand/>



pumpen dienen sowohl der Erzeugung von Raumwärme als auch von Trinkwarmwasser. Auch der Strombedarf der zusätzlichen Elektroheizstäbe wurde bei der Berechnung der Effizienzwerte berücksichtigt.¹⁰

Im Zeitraum von Juli 2018 bis Juni 2019 erreichten die 29 untersuchten Luft/Wasser-Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen von 2,5 bis 3,8. Der Mittelwert lag bei 3,1. Für die zwölf Sole/Wasser-Wärmepumpen wurden Jahresarbeitszahlen zwischen 3,3 und 4,7 bei einem Mittelwert von 4,1 ermittelt.

Die Auswertung der Effizienzmittelwerte ermöglicht nur ein grobes und aggregiertes Bild der erreichbaren Effizienz der Wärmepumpen. Diese Werte sind gleichzeitig entscheidend für eine ökologische und ökonomische Bewertung der Wärmepumpen. Um die einzelnen Anlagen zu vergleichen und damit Zusammenhänge zwischen unterschiedlichen Faktoren zu erkennen, ist eine detaillierte Auswertung der Messdaten notwendig. Ein Beispiel dafür zeigt

10 Heizstäbe werden als elektrische Zusatzheizung eingesetzt. Sie kommen dann zum Einsatz, wenn die Wärmepumpe – zum Beispiel an besonders kalten Tagen – nicht den vollen Wärmebedarf eines Gebäudes decken kann.

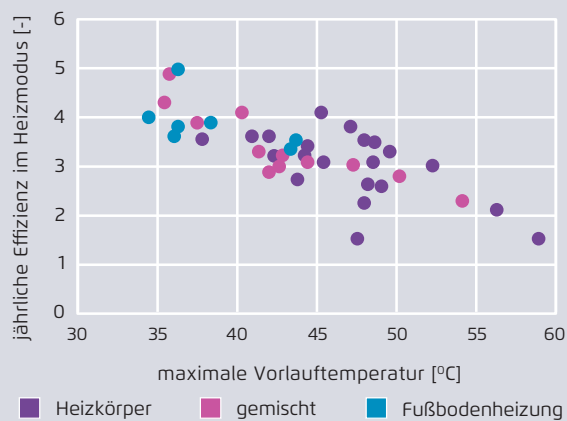
Abbildung 3-2. Die Grafik ermöglicht einen detaillierten Vergleich der unterschiedlichen Wärmeübertragungssysteme. Dargestellt ist die Abhängigkeit der jährlichen Jahresarbeitszahlen von 41 Luft/Wasser-Wärmepumpen von der maximalen Vorlauftemperatur des Heizsystems.¹¹ Die lilafarbenen Punkte repräsentieren Gebäude, die mit „normalen“ Heizkörpern beheizt werden, die blauen Punkte repräsentieren Gebäude mit Fußbodenheizung und die pinkfarbenen Punkte Gebäude mit gemischten Systemen.

Es zeigt sich deutlich: Je niedriger die Vorlauftemperaturen sind, desto höher sind die Jahresarbeitszahlen (und damit die Effizienz). Aufgrund der tendenziell niedrigeren Vorlauftemperaturen erreichen die Systeme mit Fußbodenheizung (in Blau) wie erwartet tendenziell höhere jährliche Effizienzen als die Anlagen mit Heizkörpern (in Lila). Allerdings weisen die meisten der untersuchten Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen zwischen 3,0 und 4,0 auf. In diesem Bereich befinden sich sowohl Häuser mit Fußbodenheizung als auch mit „normalen“ Heizkörpern. Dieses Beispiel zeigt, dass die Art des Wärme-

11 Auswertung für: Miara, Marek (2022): Blogserie Wärmepumpen im Bestand, <https://blog.innovation4e.de/2021/03/03/wie-gut-funktionieren-waermepumpen-im-gebaeudebestand/>

Jahresarbeitszahlen von 41 Luft/Wasser-Wärmepumpenanlagen in Abhängigkeit von maximalen Vorlauftemperaturen und Art des Wärmeübergabesystems

Abbildung 3-2



Fraunhofer ISE (2021)

verteilungssystem nicht alleinentscheidend für die Effizienz der Wärmepumpenanlage ist. Vielmehr sind sowohl Gebäude mit Fußbodenheizung als auch mit „normalen“ Heizkörpern für Wärmepumpen geeignet und in beiden Fällen ist es möglich, gute Effizienzwerte zu erreichen.

Das Bild zeigt ebenfalls, dass Anlagen mit einer ähnlichen maximalen Vorlauftemperatur sehr unterschiedliche Effizienzen aufweisen können, in der Grafik beispielsweise die sieben Anlagen mit maximalen Vorlauftemperaturen um 48 Grad Celsius mit Jahresarbeitszahlen zwischen 1,5 und 3,8. Dabei waren die Anlagen mit den auffällig niedrigen Effizienzwerten um 1,5 eher ältere Geräte, die über geringere Normleistungszahlen (COP-Wert) verfügten.¹² Aufgrund von Mängeln bei der Auslegung

12 Der COP (Coefficient of Performance) ist – wie die Jahresarbeitszahl – eine Kennzahl, die bei einer Wärmepumpe das Verhältnis von erzeugter Heizungswärme zur aufgewendeten elektrischen Energie ausdrückt. Anders als die Jahresarbeitszahl wird der COP allerdings unter normierten Betriebsbedingungen auf einem Teststand ermittelt.

musste bei diesen Anlagen der Elektroheizstab vergleichsweise häufig zum Einsatz kommen. Das wirkt sich negativ auf die Effizienz aus.

Die Heizkreistemperaturen sind somit nicht allein ausschlaggebend für die Effizienz der Anlagen. Wenn Anlagen sorgfältig geplant, installiert und eingestellt sind, lassen sich auch bei Gebäuden mit relativ hohen Vorlauftemperaturen gute Effizienzwerte erreichen.

Mithilfe zusätzlicher, relativ kostengünstiger und kurzfristig umsetzbarer Maßnahmen lässt sich die Effizienz einer Wärmepumpe positiv beeinflussen. Ein Beispiel ist der Austausch von einzelnen Heizkörpern. Im Vergleich zu älteren Heizkörpern (zum Beispiel Gliederheizkörper) übertragen moderne Radiatoren auch bei signifikant geringerer Heizsystemtemperatur die gleiche Wärmemenge an den Raum. In vielen Gebäuden reicht es aus, wenn einzelne „kritische“ Heizkörper ersetzt werden. So kann die Heizsystemtemperatur bereits deutlich abgesenkt werden und der Betrieb der Wärmepumpe wird effizienter. Solche einfachen Sanierungsmaßnahmen können der erste Schritt eines Sanierungsfahrplans sein, mit dem sich später weitere Effizienzverbesserungen erzielen lassen.

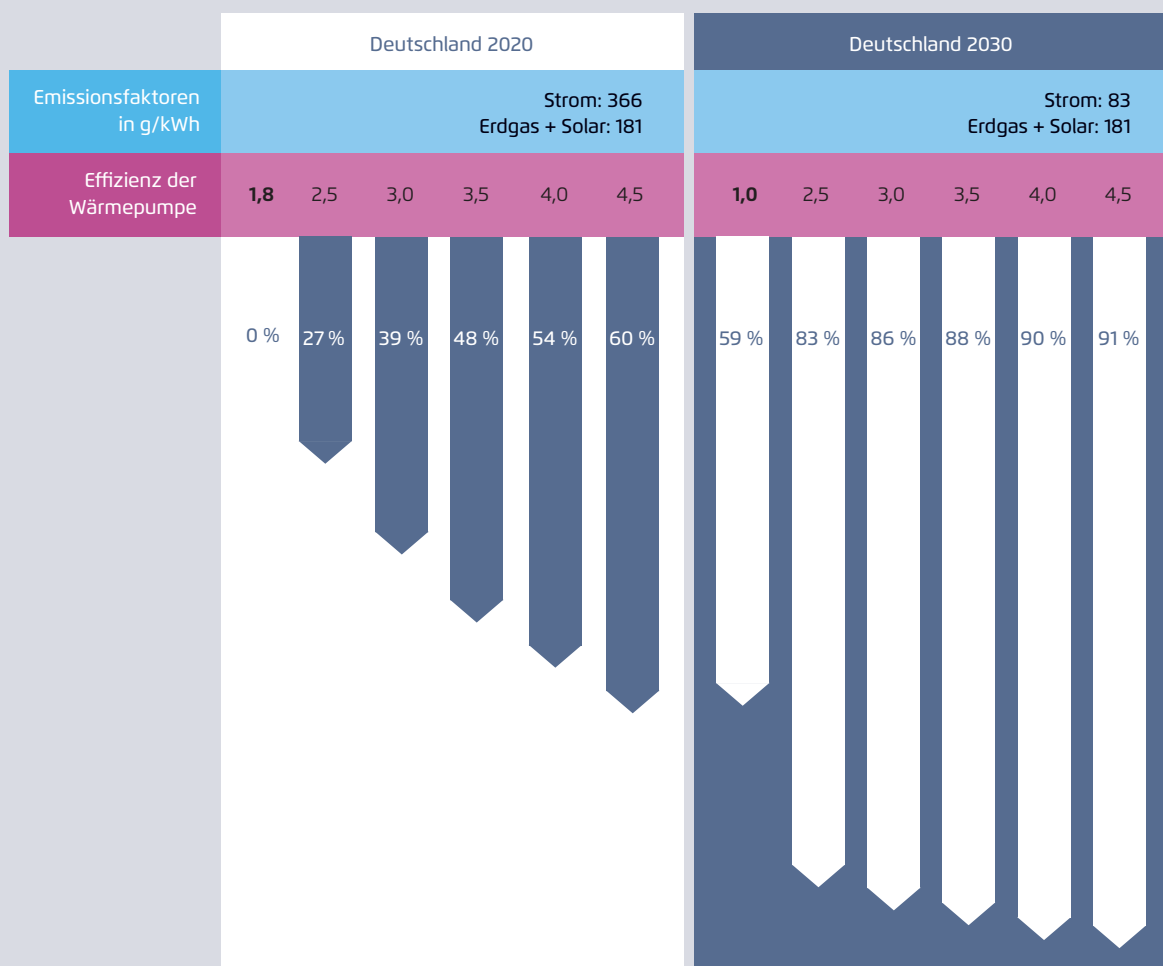
Akzeptable Effizienzwerte lassen sich auch in kalten Winterwochen erreichen: Eine aktuelle Auswertung des Fraunhofer ISE von 20 Luft/Wasser-Wärmepumpen für die zwei kältesten Februarwochen des Jahres 2022 ergab einen mittleren Effizienzwert von 2,3.

Deutlich geringere CO₂-Emissionen als bei Kombination von Gaskessel und Solarthermie

Die Reduktion klimaschädlicher CO₂-Emissionen durch den Einsatz elektrisch betriebener Wärmepumpen hängt im Wesentlichen von der Effizienz des Geräts (Jahresarbeitszahl) sowie dem CO₂-Emissionsfaktor des Stroms ab, mit dem die Wärmepumpe betrieben wird. Der Emissionsfaktor gibt an, wie viel Gramm Kohlendioxid bei der Bereitstellung einer Kilowattstunde Strom emittiert werden.

CO₂-Emissionsminderungen mit einer Wärmepumpe gegenüber Gaskessel + Solarthermie*

Abbildung 3-3



*Effizienz des Gaskessels 90 %, solarthermische Unterstützung von WW-Bereitung (70 %)

Fraunhofer ISE (2022), Quellen für die Emissionsfaktoren 2020: Umweltbundesamt

Abbildung 3-3 vergleicht die CO₂-Emissionen unterschiedlich effizienter Wärmepumpen mit den Emissionen eines kombinierten Systems aus Gaskessel und thermischer Solaranlage für die Warmwasserbereitung. Der Vergleich erfolgt für die Jahre 2020 sowie 2030.

Mit den für die Berechnung zugrunde gelegten Werten erreichte eine Wärmepumpe im Jahr 2020

bereits ab einer Jahresarbeitszahl von 1,8 eine CO₂-Minderung gegenüber der Kombination aus Gaskessel und Solarthermie-Anlage. Im Vergleich dazu liegen die in den oben dargestellten Feldversuchen ermittelten durchschnittlichen Jahresarbeitszahlen mit Werten von 3,1 bei Luft/Wasser-Wärmepumpen beziehungsweise 4,1 bei Sole/Wasser-Wärmepumpen deutlich höher. Mit diesen Jahresarbeitszahlen gehen CO₂-Einsparungen von 41 Prozent

(Luft/Wasser-Wärmepumpe) beziehungsweise 56 Prozent (Sole/Wasser-Wärmepumpe) einher. Die Wärmepumpen sparen demnach schon heute etwa die Hälfte an CO₂-Emissionen gegenüber einer Kombination aus Gaskessel und Solarthermie-Anlage ein. Selbst die Luft/Wasser-Wärmepumpen mit der vergleichsweise niedrigen Jahresarbeitszahl von 2,5 erreichten immer noch eine CO₂-Minderung von 27 Prozent.

In der Beispielrechnung für das Jahr 2030 spiegelt der Emissionsfaktor der Stromerzeugung das im Rahmen der EEG-Novelle 2022 festgelegte Ziel wider, den EE-Anteil an der Stromerzeugung bis zum Jahr 2030 auf 80 Prozent anzuheben. Eine Wärmepumpe mit einer eher geringen Jahresarbeitszahl von 2,5 erreicht dann bereits eine jährliche CO₂-Emissionseinsparung von 83 Prozent. Dieser Wert steigt für effizientere Wärmepumpen (JAZ 4,5) auf mehr als 90 Prozent.

Attraktive Betriebskosten, hohe Investitionskosten

Für eine umfassende wirtschaftliche Bewertung von Wärmepumpen müssen mehrere Faktoren betrachtet werden. Dazu gehören insbesondere die Investitionskosten zum Zeitpunkt des Einbaus der Wärmepumpe sowie die Betriebskosten über ihre Lebensdauer.

Die Investitionskosten einer Wärmepumpe sind zurzeit (ohne Berücksichtigung von Förderung) zwei- bis dreimal höher als die eines Gaskessels. Diese hohen Kosten setzen sich aus zwei wesentlichen Elementen zusammen: den Herstellungs- und den Installationskosten. Letztere machen zurzeit rund die Hälfte der Gesamtkosten aus und sind aufgrund knapper Handwerkskapazitäten in jüngster Zeit signifikant gestiegen.

Stark steigende Stückzahlen werden es den Herstellern von Wärmepumpen ermöglichen, in neue Produktionsverfahren zu investieren, die einen deutlich höheren Automatisierungsgrad (hin zu vollautomatischer Produktion) aufweisen. Die heute noch stark von manuellen Montageschritten domi-

nierte Produktion wird dabei sukzessive durch automatisierte Prozesse ersetzt. Weiteres Kostensenkungspotenzial liegt in einer stärkeren Modularisierung und Standardisierung der produzierten Wärmepumpen (siehe dazu auch Abschnitt 5.1).

Die Wärmepumpenindustrie sieht bei den Herstellungskosten bis 2030 ein realistisches Kostensenkungspotenzial von 40 Prozent.

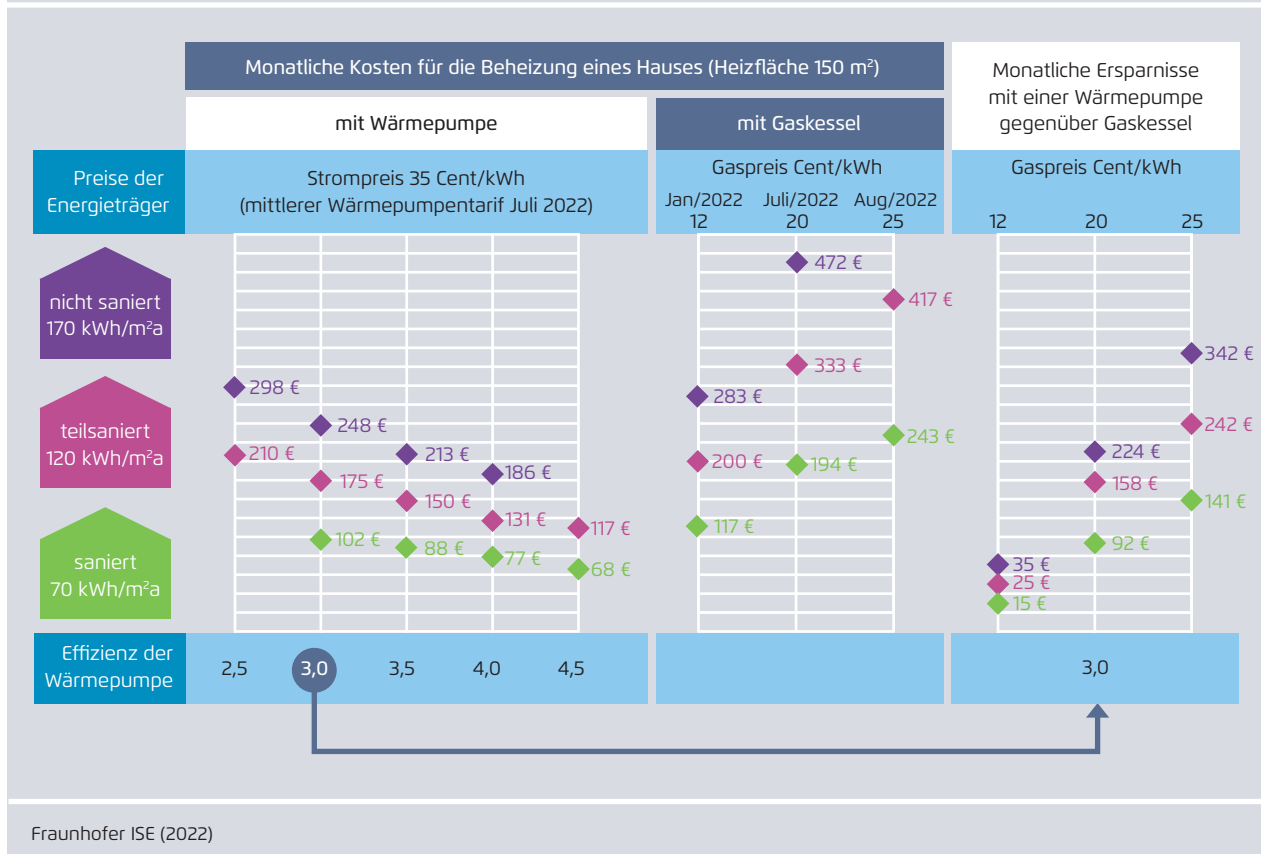
Hinsichtlich der Installationskosten ist vor allem eine Verkürzung der Installationszeiten wichtig. Laut Aussagen aus Herstellerkreisen ist eine Halbierung der derzeitigen Installationszeit (geschätzt sechs Personentage) möglich. Eine höhere Integration der Komponenten sowie ein höherer Vormontagegrad können das unterstützen. Kostenreduktionspotenziale verbinden sich auch mit einem verstärkten Einzug digitaler Methoden bei der Installation, Überwachung, Wartung und Reparatur der Anlagen sowie der Optimierung der Geräteeinstellung. Im Zuge einer Modernisierung lassen sich neue Hydraulikmodule an vorhandene Heizungssysteme anpassen, was die Installationszeit einer Wärmepumpe reduziert (vgl. Abschnitt 5.2).

Für die Endnutzer:innen ist insbesondere die Betrachtung der Betriebskosten von Bedeutung. Abgesehen von den absoluten Werten ist dabei der Vergleich mit möglichen Heizungsalternativen wichtig. Bei den elektrisch betriebenen Wärmepumpen ist an erster Stelle der Strompreis entscheidend, darüber hinaus die Effizienz der Wärmepumpe, der energetische Standard des Gebäudes sowie die Größe der beheizten Fläche. Vergleicht man die Betriebskosten einer Wärmepumpe mit einem Gaskessel, kommt es also auf das Verhältnis zwischen Gas- und Strompreis an.

Abbildung 3–4 vergleicht die monatlichen Heizkosten von Häusern mit jeweils unterschiedlichen energetischen Standards (nicht saniert, teilsaniert und saniert), die mit einer Wärmepumpe oder einem Gaskessel beheizt werden. Die monatlichen Kosten sind in Abhängigkeit von der Effizienz der Wärme-

Vergleich der monatlichen Betriebskosten für ein Einfamilienhaus in Abhängigkeit vom energetischen Standard (Wärmepumpe vs. Gaskessel)

Abbildung 3-4



Fraunhofer ISE (2022)

pumpe dargestellt. Im Laufe des Jahres (2022) stiegen die Energiekosten signifikant an. Gas- und Strompreise haben noch nie dagewesene Werte erreicht. Für den Vergleich der Betriebskosten wurde bei der Wärmepumpe ein Preis von 35 Cent pro Kilowattstunde zugrunde gelegt (Stand Juli 2022, mittlerer Wärmepumpentarif). Beim Gaspreis wurden der Preis von Januar 2022 in der Höhe von 12 Cent pro Kilowattstunde, von Juli 2022 in der Höhe von 20 Cent sowie ein Preis von 25 Cent pro Kilowattstunde angenommen. Noch vor Kurzem hat man einen Gaspreis von 25 Cent pro Kilowattstunde als rein hypothetisch betrachtet, im August wurde dieser Preis erreicht und im September 2022 längst überschritten.

Selbst bei der Wärmepumpe mit einem eher niedrigen Effizienzwert von 2,5 und dem vergleichsweise

niedrigen Gaspreis von Januar 2022 sind die Betriebskosten niedriger als die eines Gaskessels. Bei einer Wärmepumpe mit einer (konservativen) Jahresarbeitszahl von 3,0 liegen die jährlichen Betriebskosten für alle drei Varianten des Gaspreises und unabhängig vom energetischen Standard unter den Betriebskosten eines Gaskessels. Für einen Gaspreis in Höhe von 20 Cent pro Kilowattstunde liegen die Einsparungen zwischen 92 und 224 Euro pro Monat.

Bei Wärmepumpen führt eine weitere Steigerung des Strompreises zu höheren Betriebskosten. Bei einem Strompreis von 50 Cent pro Kilowattstunde steigen die monatlichen Betriebskosten für ein teilsaniertes Haus bei einer Effizienz der Wärmepumpe von 3,0 von 175 Euro auf 250 Euro. Aber selbst bei diesem

sehr hohen Strompreis ist die Wärmepumpe immer noch wirtschaftlicher als der Gaskessel, solange der Gaspreis oberhalb von 15 Cent pro Kilowattstunde liegt. Trotz dieses soliden Preisvorteils bei den Betriebskosten gilt es, die Wettbewerbsfähigkeit von Wärmepumpen langfristig zu stärken und so deren Verbreitung zu beschleunigen (siehe Abschnitt 6).

Eine ganzheitliche wirtschaftliche Einordnung der Wärmepumpe im Vergleich zu anderen Heizsystemen ist wegen der unsicheren Entwicklung der Energiepreise sowie der Unsicherheit über die künftige Verfügbarkeit insbesondere von Erdgas sehr schwierig. Bei einem Gesamtkostenvergleich würden für verschiedene Heizsysteme die Investitionskosten und die Kapitalwerte aller künftigen Ausgabenströme (vor allem Strom- und Brennstoffkosten) miteinander verglichen. Angesichts der volatilen Preisentwicklungen bei Strom und Erdgas sind die künftigen Energiekosten allerdings spekulativ.

Fortschreitende Digitalisierung ermöglicht energiesparendere Anlagen und erleichtert Lastverschiebungen im Stromsystem

Sowohl beim Installationsprozess als auch beim Betrieb der Wärmepumpen ist in der Zukunft eine Nutzung von digitalen Methoden erwünscht. Mit verstärktem Einzug der Digitalisierung verbinden sich hinsichtlich Installation und Betrieb von Wärmepumpen signifikante Kostenreduktionspotenziale. Die Nutzung digitaler Methoden kann bereits bei der Planung und bei der Auswahl des richtigen Produktes beginnen. Ein gutes Beispiel ist eine am AIT (Austrian Institute of Technology) entwickelte Applikation, die es mithilfe von Augmented Reality – also dem Zusammenspiel des Digitalen und der analogen Realität – ermöglicht, im Rahmen des Planungsprozesses eine Wärmepumpe in einer realen Umgebung (zum Beispiel Technikraum) zu platzieren. Die implementierte Echtzeit-Schallausbreitungsrechnung ermöglicht es, die Anlage (Wärmepumpe oder Kälteanlage) perfekt nach den aktuellen Vorschriften und persönlichen Präferenzen zu positionieren.¹³

Digitale Methoden können auch die Installation beziehungsweise Einstellung der Wärmepumpen unterstützen. Eine Wärmepumpe, die in der Lage wäre, sich „selbst“ an das System – bestehend aus dem Gebäude, dem Heizungssystem und den Nutzungsprofilen der Bewohner:innen – anzupassen und entsprechend die Einstellungen beziehungsweise die Betriebsparameter optimal einzustellen und später kontinuierlich zu optimieren, hätte große Vorteile sowohl für die Gebäudenutzenden als auch für die Umwelt. Wärmepumpen mit selbstoptimierenden Systemen sind allerdings derzeit kaum am Markt verfügbar. Die Unterstützung der Entwicklung und Standardisierung solcher Systeme kann die Verbreitung von Wärmepumpen begünstigen (vgl. Kapitel 5.2). Eine fortgeschrittenere Digitalisierung ist ebenfalls eine Voraussetzung für die spätere Optimierung des Energiesystems. Wärmepumpen können aufgrund ihres Lastverschiebungspotenzials die Flexibilisierung der Stromnetze unterstützen. Schon jetzt sind fast alle auf dem Markt erhältlichen Wärmepumpen Smart Grid ready. Das bedeutet, dass eine Wärmepumpe über eine definierte Schnittstelle verfügt, über die sie durch entsprechende Signale aus dem Verteilnetz angesteuert werden kann, um ihren Betrieb möglichst systemdienlich zu optimieren. Allerdings können die Potenziale ohne die notwendige Infrastruktur (zum Beispiel intelligente Zähler) und entsprechende Geschäftsmodelle (zum Beispiel variable Stromtarife) nicht vollumfänglich ausgeschöpft werden.

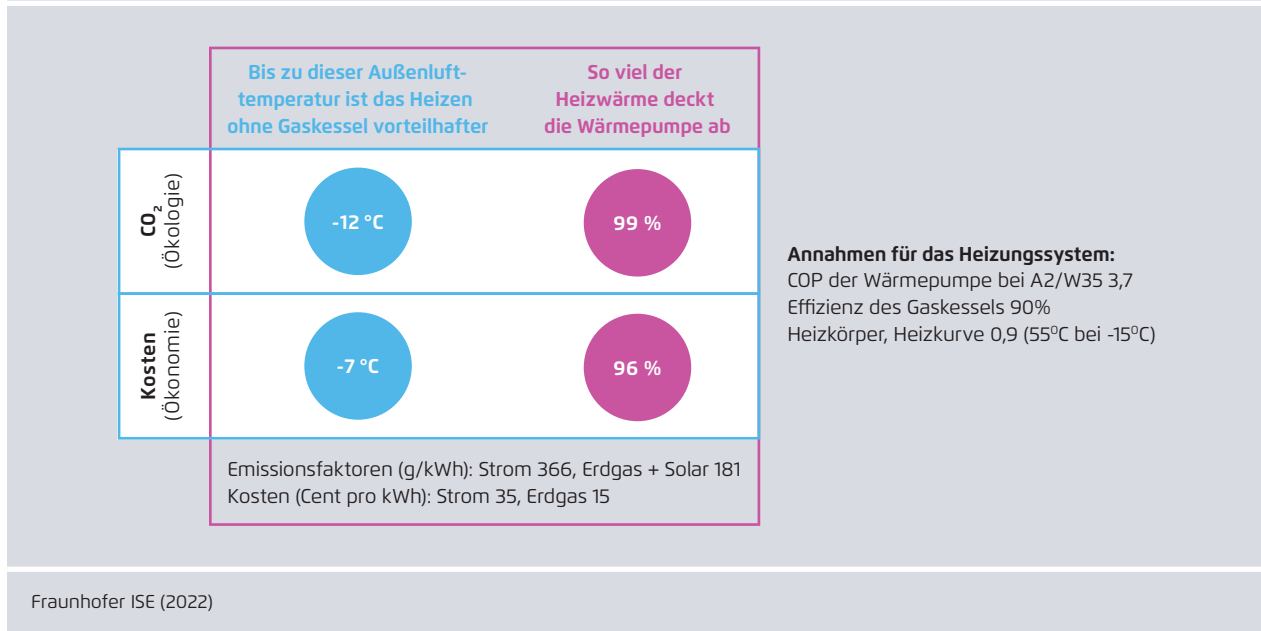
3.2. Die Rolle von Hybrid-Wärmepumpen

Hybrid-Wärmepumpen sind Anlagenkonfigurationen, bei denen neben einer Wärmepumpe ein weiterer Wärmeerzeuger (zum Beispiel ein Gas-Spitzenlastkessel) zum Einsatz kommt. Hybrid-Wärmepumpen bieten insbesondere im Bereich von Einfamilienhäusern nur selten ökologische oder

13 HVAC POSITIONER <https://www.ait.ac.at/hvac-positioner-1>

Grenztemperaturen für den Einsatz einer Hybrid-Wärmepumpe am Beispiel eines unsanierten Einfamilienhauses

Abbildung 3-5



ökonomische Vorteile. In Fällen, in denen eine monoenergetische Wärmepumpe allein nicht in der Lage ist, die notwendige Wärme zu liefern, sollte in erster Linie erwogen werden, durch bauliche Sanierungsmaßnahmen den Heizwärmebedarf des Gebäudes zu senken, um den monoenergetischen Betrieb zu ermöglichen.

Was ist eine Hybrid-Wärmepumpe?

Die gängigste Konfiguration eines Heizungssystems mit einer Wärmepumpe verfügt über eine „monoenergetische“ Betriebsweise. Das bedeutet, dass die Wärmepumpe mit einem Heizstab abgesichert ist, für den Fall, dass sie bei besonders niedrigen Temperaturen der Wärmequelle (bei Luft/Wasser-Wärmepumpen ist es die Außenluft) nicht die erforderliche Heizleistung erbringen kann (sowohl die Wärmepumpe als auch der Heizstab arbeiten mit dem Energieträger Strom). Eine Konfiguration ohne den Heizstab wird als „monovalent“ bezeichnet. In dieser Konfiguration arbeiten die meisten Erdreich-Wärmepumpen, bei denen der Heizstab

entweder überhaupt nicht vorhanden oder dauerhaft ausgeschaltet ist.

Eine Konfiguration mit einem weiteren Wärmeerzeuger (zum Beispiel Gas- oder Ölkessel) wird als „bivalent“ bezeichnet. Unter einer Wärmepumpen-Hybridanlage wird meist ein System verstanden, in dem zwei Energieerzeuger mit verschiedenen Energieträgern in einem Gerät zusammengefasst sind oder beide Geräte zumindest über eine gemeinsame Steuerungseinheit verfügen. Auf dem Markt sind zwei verschiedene Anlagenkonfigurationen verfügbar: einerseits Wärmepumpen, die durch einen kleinen „Spitzenkessel“ ergänzt werden, und andererseits Anlagen, bei denen ein Gas- oder Ölkessel als primärer Wärmeerzeuger dient und von einer kleinen Wärmepumpe ergänzt wird (Add-on Lösungen).¹⁴

14 Der Begriff Hybrid-Wärmepumpe wird manchmal auch für die Kombination von Wärmepumpe und Solaranlage (sowohl thermisch als auch Photovoltaik) verwendet. Diese Kombinationen werden hier nicht weiter betrachtet.

Wieso bietet eine Hybrid-Wärmepumpe in vielen Einsatzbereichen keinen Vorteil?

Aus technischer Sicht wäre eine Hybrid-Wärmepumpe dann erforderlich, wenn die Wärmepumpe die Leistungsanforderung eines Gebäudes allein nicht abdecken kann. Bei Ein- und Zweifamilienhäusern ist dieser Fall sehr selten. Die Ergebnisse aus dem Wärmepumpen-Monitoring in Bestandsgebäuden (Kapitel 3.1) zeigen, dass Wärmepumpen auch in sehr kalten Perioden in der Lage sind, die notwendige Wärme zu liefern – entweder allein oder mit geringfügiger Unterstützung durch den Heizstab.¹⁵

Der Einsatz von Hybrid-Wärmepumpen lässt sich sowohl aus ökologischer als auch ökonomischer Perspektive bewerten. Beide Perspektiven, Klimaschutz und Betriebskosten, hängen nicht nur von der Effizienz der Wärmepumpe ab, sondern auch von weiteren Randbedingungen wie Emissionsfaktoren und Energiepreisen. Am Beispiel eines unsanierten Einfamilienhauses mit einer Hybrid-Wärmepumpe¹⁶ (Luft/Wasser-Wärmepumpe plus Gas-Spitzenlastkessel) zeigt Abbildung 3–6, bis zu welchen Grenztemperaturen ein monovalenter Betrieb der Wärmepumpe zu niedrigeren CO₂-Emissionen und Betriebskosten führt. Die Grundlage für die Darstellung bilden Berechnungen, wie sich die Heizenergie-mengen auf die verschiedenen Temperaturniveaus der Außenluft verteilen.

→ Aus Perspektive des Klimaschutzes sollte die Wärmepumpe auch im unsanierten Altbau praktisch die gesamte Wärmebereitstellung übernehmen. Denn oberhalb einer Außentemperatur von minus 12 Grad Celsius ist es stets vorteilhafter, die

Wärme nur über die Wärmepumpe bereitzustellen, also ohne den Gaskessel zu heizen. Konkret bedeutet das, dass selbst bei sehr niedrigen Außentemperaturen (und damit einer geringeren Effizienz der Luft/Wasser-Wärmepumpe) der Betrieb der Wärmepumpe weniger CO₂-Emissionen verursacht als die Wärmeerzeugung über Gas.

→ Bezüglich der Betriebskosten ist es bei den Energiepreisen von Mitte 2022 günstiger, bis zu einer Außentemperatur von minus 7 Grad Celsius allein mit der Wärmepumpe zu heizen. Da die Grenztemperatur in einem normalen Wetterjahr nur an ganz wenigen Tagen unterschritten wird, übernimmt die Wärmepumpe 96 Prozent der gesamten Wärmebereitstellung. Nur an den wenigen Tagen, an denen die Außentemperatur unter die Grenztemperatur von minus 7 Grad Celsius sinkt, liegen die reinen Betriebskosten des Gaskessels unter denen der Wärmepumpe. Unter Berücksichtigung der Investitionskosten des Gaskessels sinkt die Grenztemperatur noch weiter ab, da sich die Anschaffungskosten auf eine sehr kleine Wärmemenge (im gezeigten Beispielgebäude 4 Prozent des gesamten Wärmebedarfs des Gebäudes) verteilen.

Im Vergleich dazu lag die Durchschnittstemperatur in Deutschland im Januar in den Jahren 1991 bis 2020 bei 1,7 Grad Celsius. Hybrid-Wärmepumpen haben also zumindest im Bereich der Einfamilienhäuser in den meisten Einsatzfällen weder einen ökologischen noch ökonomischen Vorteil gegenüber einer monoenergetischen Wärmepumpenanlage.

Bei Mehrfamilienhäusern kann eine zu geringe Leistung jedoch ein Problem darstellen. Häufig ist der Grund dafür eine limitierte Wärmequelle. In Fällen, in denen eine monoenergetische Wärmepumpenanlage allein nicht in der Lage ist, die notwendige Wärme zu liefern, ist in erster Linie zu überlegen, welche Maßnahmen den Heizwärmebedarf des Hauses senken können. In vielen Fällen ließen sich diese Maßnahmen (zum Beispiel Austausch kritischer Heizkörper zugunsten moderner Niedertemperatur-

15 <https://blog.innovation4e.de/2021/04/29/ist-es-in-manchen-faellen-besser-eine-waermepumpe-mit-einer-fossilen-heizung-zu-kombinieren/>

16 Wärmepumpe mit einer Effizienz von 3,7 (bei Betriebspunkt A2/W35). Die Effizienzannahme ist eher konservativ. Auf dem Markt gibt es Produkte, die unter denselben Bedingungen Effizienzwerte zwischen 3,1 und 4,7 haben. Die Heizkreistemperaturen wurden für Heizkörper berechnet.

heizkörper) günstiger realisieren als eine Investition in einen Gasspitzenlastkessel. Aus der ökonomischen Perspektive ist ebenfalls zu beachten, dass eine Hybridanlage höhere jährliche Servicekosten verursacht. Im Gegensatz zu einer Wärmepumpe verlangen Hybridanlagen zum Beispiel eine jährliche Inspektion durch den Schornsteinfeger.

3.3. Einsatzbereiche für Wärmepumpen im Gebäudebestand

Im Gebäudebestand können Wärmepumpen in sehr vielen Fällen relativ einfach installiert werden (siehe oben). Mit der 65-Prozent-Anforderung ergeben sich allerdings neue Einsatzbereiche beziehungsweise bauliche Situationen, in denen Wärmepumpen bisher wenig verbreitet sind und auf dem Wärmepumpenmarkt entsprechende Standardlösungen noch fehlen. Aber auch für diese Einsatzbereiche bestehen technische Optionen, die in der Praxis bereits erprobt sind. Für einige dieser Einsatzsegmente werden in den folgenden Abschnitten Beispiele für die technische Umsetzung einer Wärmepumpenlösung dargestellt.

Systemtemperaturen in Bestandsgebäuden meist kein Problem für Wärmepumpen

Mit heutiger Wärmepumpentechnik sind maximale Vorlauftemperaturen von circa 75 Grad Celsius möglich. Damit ist es technisch möglich, auch Gebäude mit Wärmepumpen zu beheizen, die noch hohe Systemtemperaturen im Heizsystem benötigen.

Aus ökologischer und energetischer Perspektive ist es aber immer sinnvoll, durch energetische Sanierungsmaßnahmen den Heizenergiebedarf eines Gebäudes zu reduzieren. Eine Absenkung der Heizlast erlaubt eine niedrige Heizsystemtemperatur und damit höhere Effizienz der Wärmepumpe. Allerdings ist diese Absenkung aus technischer Sicht keine unabdingbare Notwendigkeit, um eine Wärmepumpenanwendung zu ermöglichen. Zeitlich kann die Installation der Wärmepumpe auch vor den Wärmeschutz-

maßnahmen erfolgen. Mit der Invertertechnik, die eine Anpassung der thermischen Leistung an die äußeren Temperaturbedingungen erlaubt, kann eine Wärmepumpe über ein breiteres Leistungsband effizient laufen. Nach einer energetischen Sanierung läuft die Wärmepumpe an den kältesten Tagen einfach nicht mehr unter voller Auslastung.

Viele Bestandsgebäude eignen sich auch ohne weitere Maßnahmen für den Einsatz einer Wärmepumpe. Nach eigener Einschätzung erlauben Gebäude der Effizienzklasse D oder besser ohne zeitlich vorgeschaltete Sanierungsmaßnahme in der Regel einen effizienten Betrieb einer Wärmepumpe. Nach Öko-Institut et al. (2022) umfasst das rund zwei Drittel aller Wohngebäude in Deutschland. Weitere 30 Prozent der Wohngebäude (Effizienzklassen E und F) erfordern überschaubare Sanierungsmaßnahmen, um eine effiziente Betriebsweise der Wärmepumpen zu ermöglichen. Bei den zwei letzten Effizienzklassen (G und H) handelt sich um Gebäude mit einem sehr hohen spezifischen Energiebedarf. Bei diesen Gebäuden ist es unabhängig von der Heizungstechnologie ratsam, den Energiebedarf durch Sanierungsmaßnahmen zu reduzieren.

Bei sehr vielen älteren Gebäuden wurden zwischenzeitlich zumindest kleine Sanierungsmaßnahmen (wie der Austausch der Fenster) durchgeführt. In der Regel können die Heizungssysteme dieser Gebäude schon heute bei geringeren Systemtemperaturen betrieben werden. Mithilfe relativ kostengünstiger und kurzfristig umsetzbarer Maßnahmen lässt sich zudem die Effizienz einer Wärmepumpe noch weiter verbessern. Dazu gehört zum Beispiel der Austausch einzelner „kritischer“ Heizkörper (also derjenigen Heizkörper in einem Haus oder einer Wohnung, die die höchste Vorlauftemperatur benötigen, um das gewünschte Raumtemperaturniveau zu gewährleisten). Moderne Radiatoren können die gleiche Wärmemenge bei deutlich geringerer Vorlauftemperatur an den Raum übertragen.

Die weitverbreitete Einschätzung, dass Wärmepumpen nur mit einer Fußboden- oder Wandheizung einsetzbar sind, wird auch durch die Ergebnisse der Felduntersuchungen von Wärmepumpen (siehe Kapitel 3.1) widerlegt. Viele der im Rahmen der Untersuchungen erfassten Gebäude wurden über „normale“ Heizkörper beheizt. Heizkörper erfordern nicht zwangsläufig „sehr hohe“ Vorlauftemperaturen. In vielen Häusern, die ausschließlich mit Heizkörpern ausgestattet sind, erreichen die mittleren Heizkreistemperaturen nicht mehr als 50°Grad Celsius.

Beispiel: Reihenhaus in enger Bebauung

Bei Reihenhäusern in enger Bebauung stellt der Anschluss an die Wärmequelle häufig eine Herausforderung dar. Für eine Erdwärmennutzung in Form von Erdkollektoren sind die Grundstücke meistens zu klein, um für die Kollektoren die notwendige Kälteleistung zu garantieren. Erdwärmesonden benötigen einen ausreichenden Abstand voneinander, um sich thermisch gegenseitig nicht negativ zu beeinflussen (in den meisten Fällen reicht ein Abstand von fünf Metern zwischen den Sonden). Bei Luft als Wärmequelle stellen die Schallemissionen eine Herausforderung dar, da diese bei enger Bebauung zu unerwünschten Effekten (vor allem Lärmmissionen) führen können. Dabei ist allerdings zu bemerken, dass Luft/Wasser-Wärmepumpen in den vergangenen Jahren deutlich leiser geworden sind. Auf dem Markt befinden sich inzwischen viele Modelle, die auch für Gebäude in enger Bebauung geeignet sind.

Sollte der Abstand doch zu klein sein, gibt es viele Optionen, den Aufstellort geschickt zu wählen: vor oder hinter dem Gebäude, auf einem Flachdach, Verdampfer anstelle eines Kamins auf einem Satteldach sowie weitere Optionen. Weitere Möglichkeiten zur Schallminimierung ergeben sich aus baulichen Maßnahmen. Dazu gehören zum Beispiel schallbegrenzende Mauern oder andere Konstruktionen wie spezielle Schallschutzhauben.

Weiterhin gibt es Wärmequellen, die keine Schallemissionen generieren und nicht viel Platz benötigen.

Beispiele für individuelle Wärmequellen sind PV-Thermie-Solaranlagen (PVT), die auf dem Dach montiert sind, sowie Eisspeicher. Dabei handelt es sich in der Regel um Zisternen, die komplett unter der Erdoberfläche vergraben werden. Die Zisterne selbst ist meist aus Beton und nicht isoliert. Im Inneren der Zisterne befinden sich große Leitungsspiralen, in denen eine frostsichere Flüssigkeit (Sole) zirkuliert. Der Eisspeicher nutzt die Energie des Phasenwechsels zwischen Wasser und Eis und kommt deswegen mit einem geringeren Volumen aus als ein Speicher ohne Phasenwechsel.

Eine weitere Option bieten sogenannte kalte Nahwärmenetze. Bei diesen werden die Gebäude an ein Wärmenetz angebunden, in dem Wasser mit einer Temperatur von zehn bis zwölf Grad Celsius zirkuliert. Die angeschlossenen Gebäude verfügen über eine Sole/Wasser-Wärmepumpe, die für den Temperaturhub auf die gewünschte Raumtemperatur sorgt. Das (kalte) Wärmenetz wird über eine Energiezentrale gespeist. Diese wiederum kann über Erdsonden oder einen Luftverdampfer mit Umweltwärme versorgt werden. Der Vorteil kalter Nahwärmenetze besteht darin, dass die Wärmequellenerschließung nicht direkt am Gebäude erfolgt und deswegen Platzprobleme keine Rolle spielen müssen. Mit einer üblichen und praktikablen Lösung können mit diesem System circa zehn Reihenhäuser mit Wärme versorgt werden.¹⁷

Mehrfamilienhäuser

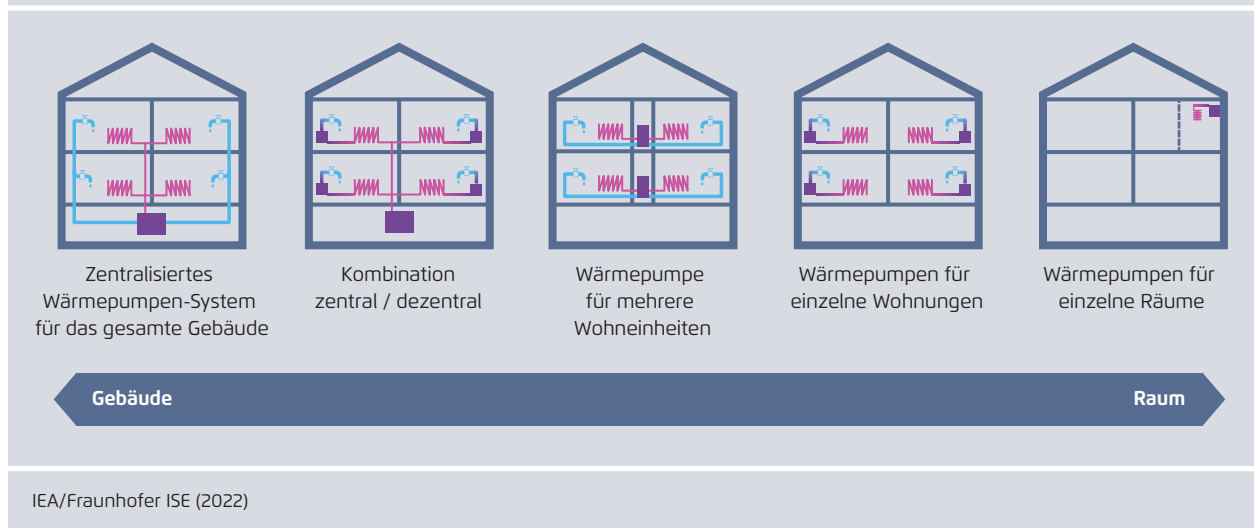
Generell ist der Einsatz von Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern möglich und wird bereits praktiziert, wie zahlreiche nationale und internationale Beispiele zeigen.¹⁸ Die Vielfalt von Mehrfamili-

17 Beispiele für kalte Nahwärmenetze finden sich unter https://www.waermepumpe.de/fileadmin/user_upload/bwp_service/Forum_Waermepumpe/Praesentationen/Vortrag_Stawiariski_Waermetagung_klein.pdf

18 Zahlreiche Fallbeispiele für den Einsatz von Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern in Europa finden sich unter <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/>

Generelle Klassifizierung der Lösungen in Mehrfamilienhäusern

Abbildung 3-6



enhäusern und ihre Eigenschaften ermöglichen es, verschiedene technische Lösungen auf Basis von Wärmepumpen anzuwenden. Allerdings werden Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern bislang noch nicht in Breite eingesetzt, weder in Neubauten noch in Bestandsgebäuden. Die Gründe dafür sind sowohl administrativer als auch technischer Natur.

Auf administrativer/organisatorischer Ebene besteht eine große Herausforderung immer dann, wenn ein Mehrfamilienhaus mehrere Eigentümer hat. Ein klassischer Fall sind Wohnungseigentümergeinschaften. Der Umstieg auf eine Wärmepumpe erfordert einen Gemeinschaftsbeschluss. Durch Änderungen am Wohnungseigentumsgesetz (WEG) wurden die Zustimmungshürden zwar abgesenkt, dennoch muss eine Mehrheit der Eigentümer dem Heizsystemwechsel zustimmen. Andere Eigentumskonfigurationen (zum Beispiel kommunale Eigentümer, gemeinnützige Genossenschaften usw.) unterliegen wiederum möglichen Finanzierungsrestriktionen. Eigentumskombinationen von Wohnungsbaugesellschaften und privaten Eigentümer:innen in einem Gebäude erhöhen die Komplexität der Entscheidungsfindung.

Mehrfamilienhäuser sind zudem durch eine Reihe von Wärmebedarfseigenschaften gekennzeichnet: Erstens variiert der Anteil des Trinkwarmwasserbedarfs am Gesamtwärmebedarf aufgrund unterschiedlicher Baustandards und Anforderungen. Zweitens beeinflussen der energetische Standard sowie die installierte Wärmeübergabeanlage das Temperaturniveau des Heizsystems. Mehrfamilienhäuser weisen dadurch eine wesentlich höhere Heterogenität auf als Einfamilienhäuser. Daraus ergeben sich zahlreichere und komplexere Lösungen, die prinzipiell zur Deckung des Wärmebedarfs und des Warmwasserbedarfs umgesetzt werden können. Die Suche nach einer geeigneten Lösung stellt die Eigentümer:innen oftmals vor eine große Herausforderung. Die Vielfalt an verschiedenen Anforderungsprofilen und Lösungsoptionen stellt damit auch eine Hürde für eine Standardisierung von Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser dar.

Für den breiten Einsatz von Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern werden für die Zukunft Standardlösungen dennoch unverzichtbar. Zur Kategorisierung möglicher Implementierungsvarianten von Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern hat die Internationale Energieagentur (IEA) eine Arbeitsgruppe eingesetzt (IEA HPT Annex 50), die sich zum

Ziel gesetzt hat, zur Kategorisierung eine sogenannte *Solutions Matrix* zu entwickeln.¹⁹ Die vorgeschlagene Kategorisierung und vereinfachte schematische Visualisierung ermöglicht einen Überblick der Möglichkeiten von Wärmepumpenlösungen in Mehrfamilienhäusern (Abbildung 3–6). Sie ist darauf ausgerichtet, die Komplexität des Lösungsraums zu reduzieren und Eigentümer:innen von Mehrfamilienhäusern Orientierung zu geben, wenn eine Entscheidung über ein neues Heizsystem ansteht.

Eine Vielzahl von umgesetzten Wärmepumpenanlagen in unterschiedlichen Typen von Mehrfamilienhäusern bestätigt die Machbarkeit dieser Lösung. Besonders die Beispiele aus großen europäischen Städten wie London, Genf oder Amsterdam zeigen, dass Wärmepumpen sowohl in neuen als auch in alten und oftmals nicht sanierten Hochhäusern eingesetzt werden können.²⁰ Inzwischen haben auch viele Firmen eigene, oft sehr innovative Lösungen für den Einsatz der Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern entwickelt. Beispiele von möglichen Lösungsansätzen werden im Folgenden beschrieben.

Beispiel: Mehrfamilienhaus mit Zentralheizung

Von den circa drei Millionen Mehrfamilienhäusern mit bis zu zwölf Wohneinheiten in Deutschland sind etwa 60 Prozent mit einer Zentralheizung ausgestattet. Schätzungsweise ein Drittel der Mehrfamilienhäuser befindet sich in innenstädtischer Bebauung.

Für diese Gebäude besteht eine Lösung darin, bei einer zentralen Beheizung zu bleiben, indem der vorhandene Gas- oder Ölkessel durch eine zentrale Wärmepumpe ersetzt wird. Die notwendige thermische Leistung kann dabei entweder mit einer oder mit einer Kaskade von Wärmepumpen (zum Beispiel vier nebeneinanderstehende und zusammenarbeitende Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung von

jeweils 25 Kilowatt) abgedeckt werden. Im Falle einer Luft/Wasser-Wärmepumpe kann das Gerät bei innenstädtischer Bebauung sowohl vor dem Haus als auch auf dem Dach des Gebäudes aufgestellt werden. Eine Sole/Wasser-Wärmepumpe kann mit Erdwärmesonden oder Abwasser-Wärmetauscher arbeiten. Die Trinkwassererwärmung erfolgt entweder zentral mit Ultrafiltration oder dezentral mittels Durchlauf-erhitzer oder Brauchwasser-Wärmepumpen. Durch die Trennung von Heizwärme- und Warmwassererzeugung lässt sich die Effizienz der zentralen Wärmepumpe steigern.

Die zweite Lösungsvariante besteht in einer Umrüstung auf eine wohnungsweise Beheizung (siehe oben). Die Vorteile dieser Variante bestehen in einer Verringerung der Leitungsverluste. Außerdem ermöglicht sie eine effizientere dezentrale Trinkwassererwärmung. Und schließlich vereinfacht die Variante die Heizkostenabrechnung.

Beispiel: Großes Mehrfamilienhaus mit Wohnungsheizungen (Gas-Etagenheizungen)

Abgesehen von den oben beschriebenen Lösungen kann in größeren Mehrfamilienhäusern eine gemischte zentral-dezentrale Wärmeversorgung realisiert werden. Eine zentrale Luft/Wasser-Wärmepumpe (oder eine Kaskade aus mehreren Wärmepumpen) wird bei diesem Konzept auf dem Dach des Gebäudes installiert und liefert die Wärme auf einem niedrigeren Temperaturniveau (15 bis 20 Grad Celsius). Diese Wärme wird über ein „lauwarmes“ Nahwärmenetz in die Wohnungen geleitet (zum Beispiel über den vorhandenen, nach der Umstellung auf die Wärmepumpe nicht mehr benötigten Kamin), in denen mittels Sole/Wasser-Wärmepumpen (Leistungsbereich circa fünf bis sieben Kilowatt) Heizwärme und Trinkwassererwärmung erzeugt werden.²¹

19 <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/solution-matrix/>

20 <https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/case-studies/>

21 Beispiel: <https://collectivehousing.daikin.eu/en-GB/high-rise>

Eine weitere Option besteht in der Installation dezentraler Luft/Wasser-Wärmepumpen für jede Wohnung oder Etage. Die Verbindung zur Außenluft kann dabei zum Beispiel hergestellt werden, indem die Luft/Wasser-Wärmepumpe als Monoblock in einem Hauswirtschaftsraum (pro Etage oder Wohnung) aufgestellt wird (wie es beispielsweise oftmals mit Abluftwäschetrocknern geschieht). Die Zu- und Abluft des Lüfters erfolgt dann über ein Lüftungsgitter. Alternativ wird der Verdampfer an der Außenwand befestigt und die innen aufgestellte Regelung und der Pufferspeicher werden über eine Kältemittelleitung angebunden.

Bei sehr effizienten Gebäuden oder Gebäuden mit Flächenheizungen lohnt sich der Einbau einer Lüftungswärmepumpe, welche primär die zurückgewonnene Wärme des Luftaustauschs als Wärmequelle nutzt. Dieses System kann aber auch allein zur Trinkwassererwärmung benutzt und mit den oben beschriebenen Varianten 1 und 2 oder einer zentralen Versorgungslösung kombiniert werden.

Beispiel: Mehrfamilienhaus mit Nachtspeicherheizung

In Deutschland werden noch mehr als eine Million Wohnungen mit Nachtspeicherheizungen beheizt. Obwohl Nachtspeicherheizungen überwiegend in Ein- und Zweifamilienhäusern installiert sind, wird der Umstieg auf eine Wärmepumpe hier am komplexeren Fall des Mehrfamilienhauses geschildert.

Grundsätzlich besteht eine Option darin, das Gebäude oder einzelne Wohnungen auf ein wasser- oder luftgeführtes Heizverteilsystem umzustellen. Bei wassergeführten Systemen können direkt Fußbodenheizungen installiert werden. Auch die Installation von Gebläsekonvektoren (Heizkörper mit zusätzlichen kleinen Ventilatoren, die eine Absenkung der Vorlauftemperatur ermöglichen) ist möglich, weil häufig Stromanschlüsse nahe den Heizkörpern vorhanden sind. Geht die Umstellung auf eine Wärmepumpe mit einem Wechsel des gesamten

Heizungssystems einher, bedeutet das durchaus einen erheblichen Aufwand. Auf der anderen Seite führt die passgenaue Auslegung zu einer sehr hohen Effizienz des Gesamtsystems und damit zu geringeren Betriebskosten. Insbesondere für Einraumwohnungen ist abweichend auch eine raumweise Ausstattung mit Luft/Luft-Wärmepumpen möglich.

Ähnlich wie in den Fällen 2 und 3 kann die Wärmepumpe als zentraler Wärmeerzeuger installiert werden. Über ein zum Beispiel im Treppenhaus installiertes Leitungsnetz wird dann die Wärme im Haus verteilt. Entweder wird dieses Leitungsnetz direkt in die Wohnungen erweitert oder es erfolgt eine Wärmeübergabe an ein Lüftungssystem. Wird die zentrale Wärmepumpe direkt auf die gesamte Gebäudeheizlast ausgelegt, kann eine sukzessive Umstellung der Wohnungen erfolgen. Alternativ besteht die Möglichkeit, auf einen zentralen Wärmeerzeuger zu verzichten und Leitungen sowie Wärmepumpen wohnungsweise zu installieren.

4 Lösungsansätze aus anderen Ländern

Deutschland hinkt anderen Ländern beim Markthochlauf von Wärmepumpen weit hinterher. Obwohl auch in Deutschland der Marktanteil in den vergangenen Jahren deutlich angestiegen ist, ist der Absatz von Wärmepumpen pro 1.000 Haushalte in vielen anderen EU-Ländern deutlich höher. Im Jahr 2021 lag Deutschland im Vergleich zu den Vorreiterländern Norwegen und Finnland beim Marktumsatz etwa um einen Faktor zehn niedriger. Andere nordeuropäische Länder wie Estland, Litauen, Dänemark und Schweden haben einen mehr als fünfmal so hohen spezifischen Marktumsatz wie Deutschland (Abbildung 4-1).

Die folgenden Abschnitte stellen die Rahmenbedingungen und Politikinstrumente für den Markthochlauf für Wärmepumpen in Schweden und den Niederlanden dar. Mit Schweden wird ein Land beleuchtet, in dem sich der Markt für Wärmepumpen bereits seit Jahrzehnten erfolgreich entwickelt hat und

Wärmepumpen heute einen Marktanteil von über 90 Prozent haben. In den Niederlanden hingegen spielt – vergleichbar zu Deutschland – Erdgas zur Beheizung traditionell eine zentrale Rolle. Aufgrund ambitionierter Politikansätze zum Erdgasausstieg ist in den vergangenen Jahren in den Niederlanden im Bereich der Wärmepumpen allerdings eine dynamische Marktentwicklung zu beobachten.

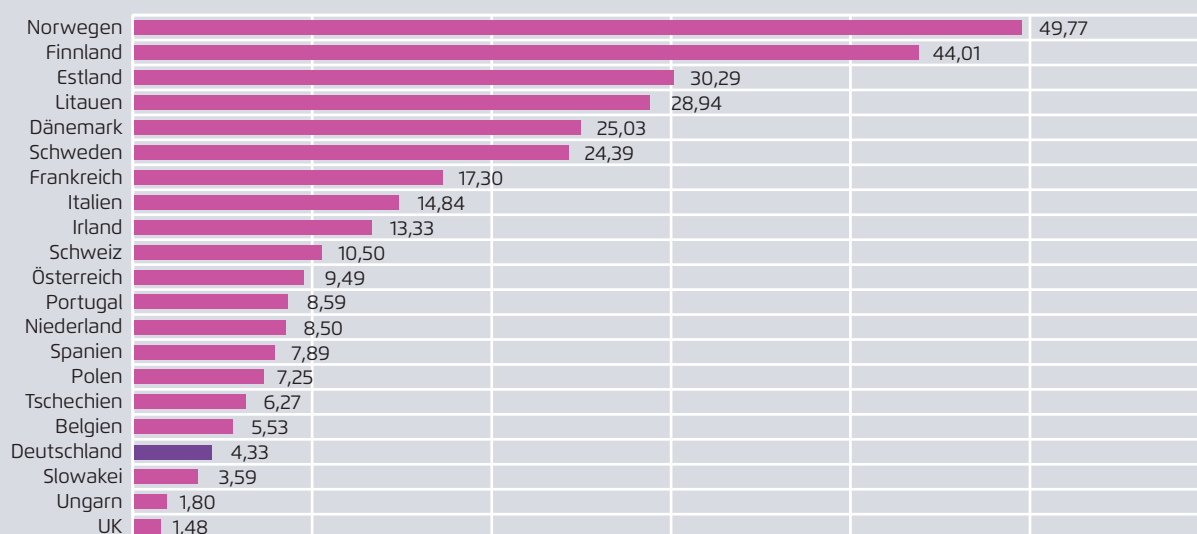
4.1 Markthochlauf für Wärmepumpen in Schweden

Energieinfrastruktur und Preise

Schweden hat mit einer CO₂-Steuer in Höhe von 130 Euro pro Tonne CO₂ (Stand 04/2022) einen der höchsten CO₂-Preise der Welt (Weltbank 2022). Anders als in Deutschland ist das Verhältnis zwischen Strompreis und Gaspreis daher deutlich

Wärmepumpenabsatz pro 1.000 Haushalte im europäischen Vergleich (2021)

Abbildung 4-1



Abgesetzte Wärmepumpen pro 1.000 Haushalte (2021)

Agora Energiewende basierend auf Marktdaten von EHPA (2022)

günstiger (Abbildung 4-2). Durch dieses vorteilhafte Verhältnis zwischen Strom- und Gaspreis ist die Wärmepumpe in Schweden eine sehr wirtschaftliche Technologie. Aufgrund der frühen Einführung der CO₂-Steuer im Jahr 1991 spielt Erdgas in der Wärmeerzeugung in Gebäuden traditionell eine untergeordnete Rolle. Entsprechend gering ist der Ausbaugrad des Gasnetzes.

Bündelung von Nachfrage und Information

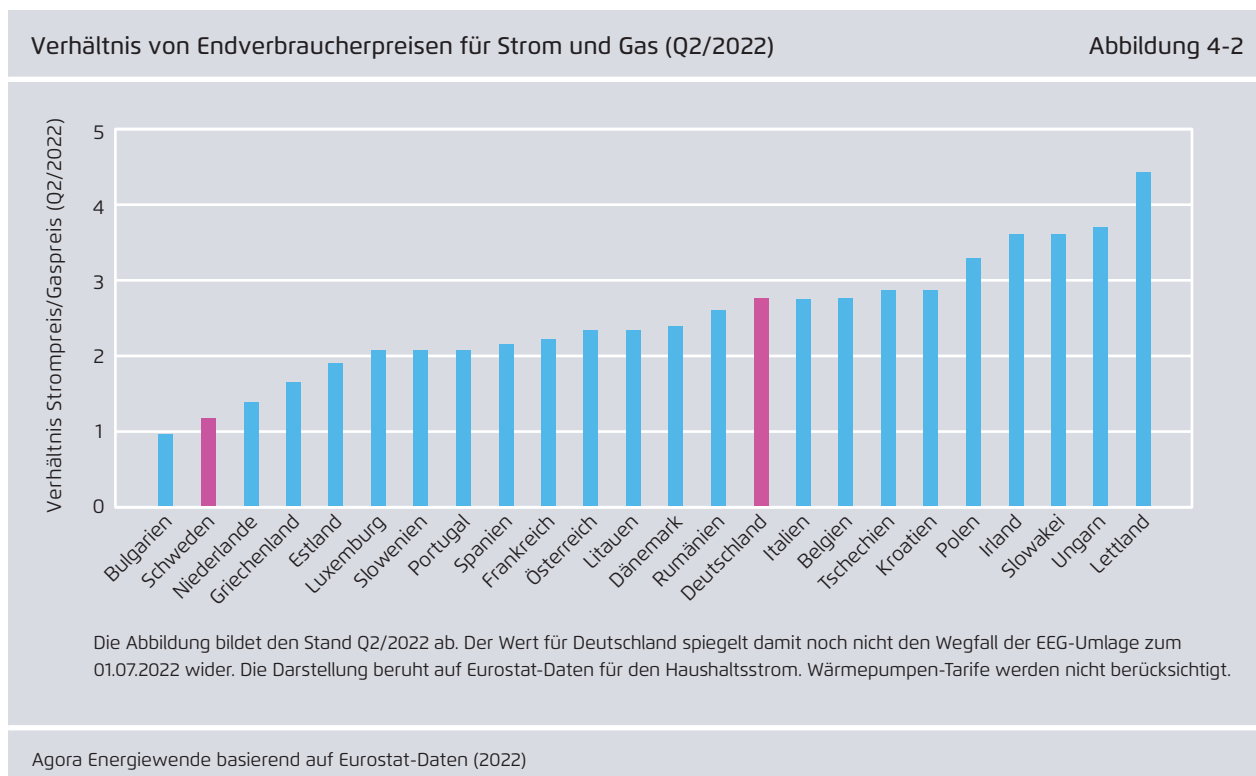
Schweden unterstützte den Markthochlauf von Wärmepumpen sowie deren technologische Weiterentwicklung in Form gezielter Ausschreibungen. So wurden zwischen 1989 und 1995 schon sehr früh drei Ausschreibungen durchgeführt, die von verschiedenen schwedischen Behörden unterstützt wurden.

Die Ausschreibungen wurden begleitet durch eine große Informationskampagne mit Broschüren, Artikeln und der Teilnahme an Energie- und Hausmessungen, um das Wissen über Wärmepumpen zu

fördern und zu verbreiten (Johansson 2017). Dieser Prozess wurde durch Mitarbeitende der zuständigen Behörde gestaltet, deren Aufgabe darin bestand, Informationen über die Gewinner der Ausschreibungen und über Wärmepumpen im Allgemeinen zu verbreiten. Auch in den 2000er-Jahren wurden weitere Informationskampagnen durchgeführt.

Die schwedische Energieagentur unterstützt bereits seit den 1990er-Jahren Forschungsprogramme im Bereich Wärmepumpen. Seit Ende der 1970er-Jahre fördern schwedische Behörden der Bau- und Technologieforschung zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsvorhaben für Wärmepumpen. Einen weiteren wichtigen Beitrag zur Verbreitung von Wärmepumpen und zur Qualitätssicherung leisteten die umfassenden Aktivitäten des staatlichen Metrologie-Instituts²² zur Testung von Wärmepumpen seit den 1970er-Jahren (Johansson 2017). Ein stetes

22 Swedish National Metrological Institute: <https://www.ri.se/en/national-metrology-center>



Monitoring der Effizienz der Anlagen ermöglicht, dass Wärmepumpen auch in jenen Gebäudesegmen-ten effizient zum Einsatz kommen können, in denen sie bislang weniger verbreitet waren.

4.2 Markthochlauf für Wärmepumpen in den Niederlanden

Obwohl in den Niederlanden die Wärmeversorgung traditionell fast vollständig auf Erdgas basierte, ist der Absatz an Wärmepumpen in den Niederlanden in den vergangenen Jahren stark angestiegen (Abbildung 4-4). Seit dem Jahr 2014 haben sich die Verkaufszahlen nahezu verzehnfacht. In den folgenden Abschnitten werden die Rahmenbedingungen beschrieben, die zu dem Anstieg beigetragen haben.

Ankündigung einer Phase-out-Regulierung mit einer De-facto-Wärmepumpenpflicht

Im Mai 2022 kündigte die niederländische Regierung an, dass ab dem Jahr 2026 beim Austausch eines Gaskessels die Installation einer vollelektrischen oder Hybrid-Wärmepumpe verpflichtend wird, sofern das Gebäude nicht an ein Wärmenetz oder eine andere Alternative zu Erdgas angeschlossen werden kann.²³ Dies bedeutet, dass ab diesem Zeitpunkt Gaskessel nur noch in Kombination mit einer Wärmepumpe eingebaut werden dürfen. Mit der frühzeitigen Ankündigung der Regelung strebt die niederländische Regierung an, Planungssicherheit für Lieferant:innen, Installateur:innen und Haus- und Gebäudeeigentümer:innen zu schaffen.

Die gesetzliche Ausgestaltung der Regelung ist derzeit in Ausarbeitung. Laut Angaben der niederländischen Regierung soll die Regelung in Form eines Mindeststandards umgesetzt werden, der für die Effizienz von Heizungsanlagen gelten soll. Konkret sollen nur noch

23 Ankündigung der Regierung online verfügbar unter: <https://www.volkshuisvestingnederland.nl/actueel/nieuws/2022/05/17/hybride-warmtepompen-de-nieuwe-standaard-vanaf-2026>

Ausschreibungsrunden für Wärmepumpen in Schweden in den Jahren 1989–1995

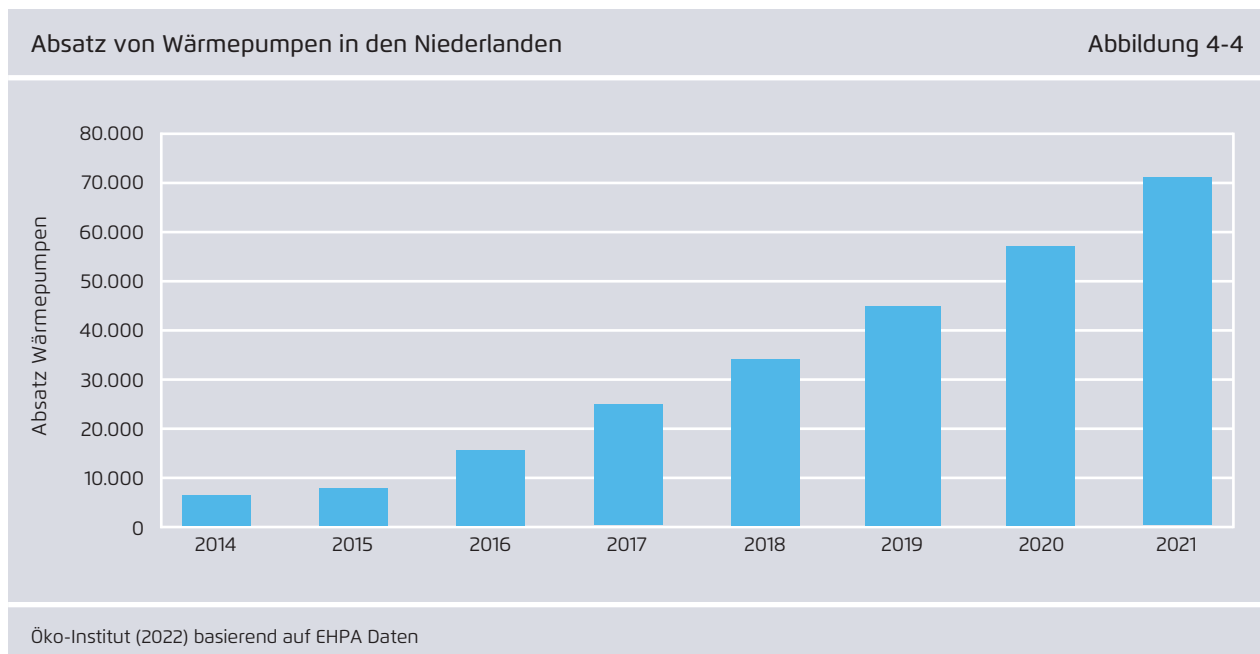
Abbildung 4-3



neue Heizungen zugelassen werden, die über eine (endenergiebezogene) Effizienz von über 100 Prozent verfügen. Reine Gaskessel, aber auch reine Biomassekessel, können diesen Wert nicht erreichen. Ein ähnlicher Ansatz wird im Zuge der Novellierung der Ökodesign-Umsetzungsverordnungen für Heizungsanlagen auch auf EU-Ebene diskutiert.²⁴

Im Zuge der Ankündigung der Regelung wurde im Januar 2022 der Fördersatz für Hybrid-Wärmepumpen von 20 Prozent auf 30 Prozent des Kaufpreises angehoben. Haushalte mit niedrigem und mittlerem Einkommen können für die Finanzierung der Wärmepumpen außerdem ein zinsloses Darlehen in Anspruch nehmen.

24 Coolproducts (2021): <https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2020/12/Five-Years-Left-How-ecodesign-and-energy-labelling-Coolproducts-report.pdf>



Energieinfrastruktur und Preise

Das im Jahr 2019 verabschiedete Klimaabkommen („Klimaatakkoord“) setzt ambitionierte Ziele zum Ausstieg aus der Nutzung von Gas und zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung. Ein wichtiges Element des Klimaabkommens im Hinblick auf den Markthochlauf von Wärmepumpen ist die Anpassung der Steuern und Abgaben für Strom und Erdgas:

So wurde beschlossen, in Form einer Abgabelösung mit einem haushaltsunabhängigen Ansatz die Preise für Erdgas zu erhöhen und die dadurch generierten Mittel für eine Senkung der Strompreise zu nutzen. Abbildung 4-5 zeigt, dass dieser Ansatz zu einem Anstieg der Erdgaspreise und einer deutlichen Reduzierung der Strompreise geführt hat. Dies verbessert die Wettbewerbssituation der Wärmepumpe.

Wärmeplanung

Ebenfalls als Bestandteil des im Jahr 2019 veröffentlichten Klimaabkommens haben die Niederlande einen umfassenden Ansatz für die Wärmeplanung entwickelt, in dem die kommunale Ebene sowie der

Quartiersansatz eine zentrale Rolle einnehmen.²⁵

Als Teil der Wärmeplanung werden für jedes Quartier in den Niederlanden fünf verschiedene Dekarbonisierungspfade untersucht. Verglichen werden die Optionen (1) dezentrale elektrische Wärmepumpen, (2) Wärmenetz mit mittlerer oder hoher Temperatur, (3) Wärmenetz mit niedriger Temperatur, (4) Biogas und (5) Wasserstoff.

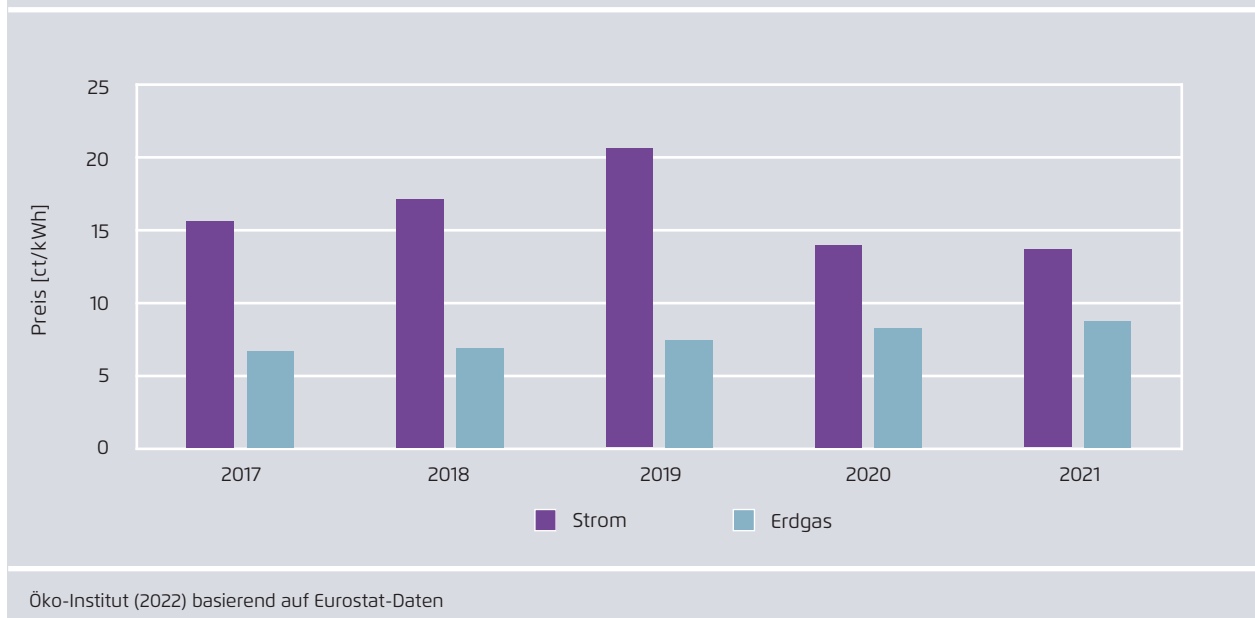
Über den Ansatz der Wärmeplanung werden sukzessive Gebiete identifiziert, in denen eine netzbasierte Wärmeversorgung angestrebt wird beziehungsweise in denen die Wärmeversorgung durch Wärmepumpen erfolgen soll. Durch eine frühe Festlegung der Wärmeversorgungsvarianten auf Quartiersebene kann eine effiziente Nutzung der Infrastruktur sichergestellt werden.

Die beiden Optionen Biogas und Wasserstoff unterliegen dabei sehr restriktiven Bedingungen. Wasserstoff steht grundsätzlich erst für Quartiere als Option

²⁵ Für eine ausführliche Beschreibung siehe Öko-Institut/Hamburg Institut (2021): Ansätze zur Wärmeplanung in den Niederlanden und Übertragbarkeit auf Deutschland

Preise für Strom und Erdgas für Haushalte in den Niederlanden (inkl. Steuern und Abgaben)

Abbildung 4-5



zur Verfügung, die ab 2030 saniert werden. Alle Quartiere, die vorher ausgewählt werden, müssen daher auf andere Optionen zurückgreifen. Für Biogas wird über eine Kosten-Potenzial-Kurve festgelegt, dass dieser Brennstoff nur in solchen Quartieren zum Einsatz kommt, in denen die Kosten für andere Optionen sehr hoch sind. In Quartieren, die sich nicht für Wärmenetze eignen, spielen damit dezentrale elektrische Wärmepumpen eine zentrale Rolle.

4.3 Schlussfolgerungen für den Markthochlauf in Deutschland

Aus den Erfahrungen in Schweden und den Niederlanden können folgende Schlussfolgerungen für den Markthochlauf für Wärmepumpen in Deutschland gezogen werden:

→ **Energiepreisgefüge:** Das Preisgefüge für Strom und fossile Brennstoffe war sowohl in Schweden als auch in den Niederlanden ein zentraler Treiber der Marktentwicklung und bildete eine wichtige Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Verbrei-

lung von Wärmepumpen. In Deutschland wurden mit der Einführung der CO₂-Bepreisung im Rahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes sowie mit der Abschaffung der EEG-Umlage bereits wichtige Weichen gestellt. Vor dem Hintergrund der derzeitigen Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung der Energiepreise muss weiterhin ein verlässlicher Rahmen geschaffen werden, um die Wettbewerbsfähigkeit von Wärmepumpen im Vergleich zu Gas- und Ölheizungen sicherzustellen.

→ **Planungssicherheit bei der Ankündigung der Regulierung:** Der regulatorische Ansatz in den Niederlanden setzt ein deutliches Signal für die Marktentwicklung von Wärmepumpen, da explizit benannt ist, dass Wärmepumpen (gegebenenfalls Hybrid-Wärmepumpen) der Standard bei neuen Heizungen werden sollen. Gleichzeitig kündigt die Regierung bereits an, dass dies über die Effizienz der Anlagen geregelt werden soll – damit werden auch Biomasse-Heizungen nur noch in Ausnahmefällen zum Einsatz kommen können, was die Planungssicherheit für den Wärmepumpenausbau weiter verbessert. In Deutschland ist mit der

Veröffentlichung des Konzeptpapiers zur 65-Prozent-Anforderung im Juli 2022 ein erster Schritt zur Konkretisierung der Anforderung erfolgt.

Darauf aufbauend muss zeitnah die konkrete rechtliche Ausgestaltung der Regelung festgelegt und kommuniziert werden, um für alle Marktakteure Planungssicherheit zu schaffen.

→ **Priorisierung von Erfüllungsoptionen:** In den Niederlanden steuert die Wärmeplanung einerseits den gezielten Einsatz knapper Ressourcen wie Biomasse und Wasserstoff. Andererseits identifiziert sie Gebiete, in denen die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung über Wärmenetze erfolgen soll. Perspektivisch kann die kommunale Wärmeplanung in Deutschland dazu beitragen, eine effiziente Umsetzung der 65-Prozent-Anforderung weiter zu unterstützen, indem sie Hauseigentümerinnen und Hauseigentümer sowie Energieversorgern Orientierung und Planungssicherheit für ihre Investitionsentscheidungen gibt.

→ **Bündelung von Kapazitäten und Capacity Building:** Sowohl in Schweden als auch in den Niederlanden unterstützen staatliche Stellen in Zusammenarbeit mit den relevanten Marktakteuren die Transformation. Informationen werden bereitgestellt, Schulungen durchgeführt und im Fall von Schweden gemeinsame Beschaffungsprozesse unterstützt. In den Niederlanden nimmt das Kompetenzzentrum ECW, das speziell für die Unterstützung der Wärmewende aufgebaut wurde, eine wichtige Rolle ein. In Schweden wird die Verbreitung von Informationen und Schulungen sowie die Vernetzung relevanter Akteure seit vielen Jahren in Zusammenarbeit mit der schwedischen Energieagentur unterstützt. Auch für Deutschland wird empfohlen, durch Einrichtungen entsprechender Kompetenzzentren die Marktakteure bei der Transformation zu unterstützen.

5 Rolle der Marktakteure bei der Markttransformation in Deutschland

Wärmepumpen sind sowohl im Hinblick auf die Klimaziele als auch die Energieunabhängigkeit eine der Schlüsseltechnologien der Wärmewende. Im Rahmen des Wärmepumpengipfels im Juni 2022 vereinbarten die wichtigsten Marktakteure des Wärmepumpenmarktes, „gemeinsam mit der Bundesregierung die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass ab 2024 mindestens 500.000 Wärmepumpen jährlich neu installiert werden können“.²⁶ Der dafür notwendige Markthochlauf von Wärmepumpen erfordert grundlegende Anpassungen auf allen Ebenen des Heizungsmarktes.

5.1 Wärmepumpenhersteller

Im Jahr 2021 wurden in Deutschland rund 154.000 Heizungs-Wärmepumpen abgesetzt. Laut Ergebnissen des Wärmepumpengipfels soll bis 2024 der Marktumsatz auf jährlich 500.000 Geräte und damit mehr als das Dreifache des heutigen Marktumsatzes anwachsen. Im Zielszenario der Branchenstudie 2021 des Bundesverbands Wärmepumpe werden die 500.000 Wärmepumpen „erst“ 2025 erreicht (BWP 2021). Wärmepumpenhersteller halten einen steileren Markthochlauf allerdings für durchaus machbar.

Der steile Markthochlauf erfordert auf Ebene der Hersteller eine Reihe teils sehr weit reichender Maßnahmen. Fertigungskapazitäten müssen zügig ausgeweitet werden. Klassische Vollsortimenter müssen bestehende Fertigungsstraßen für Gas- und Ölkessel auf die Fertigung von Wärmepumpen umrüsten. Hierzu sind Investitionen in Milliarden-

höhe notwendig. Viele Hersteller haben entsprechende Investitionen auch schon angekündigt. So gab Viessmann Anfang Mai 2022 bekannt, in den nächsten drei Jahren eine Milliarde Euro für den Ausbau von Produktionskapazitäten, Forschung und Entwicklung sowie die Erweiterung grüner Klimalösungen mit Fokus auf Wärmepumpen zu investieren.²⁷ Stiebel Eltron kündigte schon im Oktober 2021 an, seine Produktion bis 2026 zu verdoppeln und dafür 120 Millionen Euro in die Wärmepumpenfertigung zu investieren. Bosch gab im April 2022 an, in den kommenden drei Jahren 300 Millionen Euro in das Wärmepumpen-Geschäft zu investieren.²⁸ Daikin kündigte im Juli 2022 an, 300 Millionen Euro in ein neues Werk in Polen zu investieren.²⁹

Bei Vollsortimentern besteht zweifellos ein Interesse, den Absatz an Öl- und Gaskesseln möglichst lange aufrechtzuerhalten. Mit dem Argument, die Wärmewende technologieoffen zu gestalten, werden neben Wärmepumpen daher auch Heizkessellösungen propagiert, die mittelfristig auf Wasserstoff oder andere strombasierte Brennstoffe (zum Beispiel Power-to-Liquid) umgestellt werden sollen. Zahlreiche Untersuchungen zeigen allerdings die ökologischen und ökonomischen Vorteile von Wärmepumpen gegenüber Wasserstoff sehr eindrücklich (zum Beispiel Öko-Institut 2021a). Eine zügige rechtliche

26 Gemeinsame Absichtserklärung des Wärmepumpengipfels am 29.06.2022 „Mehr Tempo bei der Transformation der Wärmeversorgung: Wir brauchen schneller mehr Wärmepumpen“

27 <https://www.viessmann.family/de/newsroom/unternehmen/viessmann-group-plant-1-milliarde-euro-in-waermepumpen-und-gruene-klimaloesungen-zu-investieren>

28 <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/de/bosch-thermotechnik-erzielt-2021-einen-umsatz-von-vier-milliarden-euro-239232.html>

29 https://www.daikin.de/de_de/pressemeldungen/daikin-europe-investiert_300_millionen_euro_in_neues_werk.html

Verankerung der 65-Prozent-Anforderung würde für die verschiedenen Unternehmensstrategien deswegen sehr klare Leitplanken setzen.

Wärmepumpen-Standardlösungen helfen, die im Vergleich zu Gaskesseln heute noch deutlich längeren Installationszeiten zu verkürzen (siehe Abschnitt Handwerk/Installateur:innen). Benötigt werden Lösungen, die bei der Lieferung einen hohen Vormontagegrad aufweisen und deswegen eine schnelle Installation ermöglichen. Es braucht modulare Anlagenkonzepte, die sowohl für eine Vielzahl an Haustypen ausgelegt als auch einfach zu installieren und möglichst fehlertolerant bei der Auslegung und Installation sind. Ist eine Wärmepumpe zu groß dimensioniert, kann dies aufgrund einer häufigeren Taktung zulasten der Lebensdauer gehen, unterdimensionierte Anlagen führen gegebenenfalls zu hohen Stromkosten, da der Heizstab häufiger in Betrieb geht, als dies notwendig wäre. Mit Inverter-Wärmepumpen, die ihre Leistung stufenlos an den Wärmebedarf des Gebäudes anpassen können und inzwischen den Marktstandard ausmachen, ist mit Blick auf das Kriterium der Anpassbarkeit allerdings schon ein wichtiger Schritt erfolgt.

Die Ziele, möglichst robuste, leicht zu installierende und gleichzeitig möglichst effiziente Standardlösungen zu entwickeln, können dabei durchaus in einem Konflikt stehen. Mit Blick auf den aktuell größten Engpass, nämlich den Fachkräftemangel bei den Heizungsinstallateur:innen (vgl. Abschnitt Handwerk/Installateur:innen), sollte allerdings erwogen werden, einen Kompromiss zwischen den Zielen Einfachheit, universaler Einsatzbereich, Fehlertoleranz, Effizienz und Kosten zu finden, der zugunsten der Robustheit mit leichten Abstrichen bei der Jahresarbeitszahl einhergehen könnte.

Auf Ebene der Fertigung und des Vertriebs verbinden sich Kostenreduktionspotenziale mit einer Steigerung des Automatisierungs- und damit Industrialisierungsgrades des Fertigungsprozesses. Der mit dem

steilen Markthochlauf verbundene Nachfrageschub wird es den Herstellern erlauben, die bisher von manuellen Arbeitsschritten geprägten Produktionsprozesse stärker zu automatisieren. Die notwendigen automatisierten Herstellungsprozesse müssen teilweise erst entwickelt werden. Damit sich die damit verbundenen Investitionen lohnen, sind Mindeststückzahlen notwendig, die sich für die verschiedenen Komponenten (zum Beispiel Verdampfer, Verdichter) unterscheiden. Die notwendigen Schwellenwerte lassen sich insbesondere durch eine stärkere Standardisierung der Einzelkomponenten wie zum Beispiel Verdichter, Ventile, Pumpen, Wärmetauscher oder Bauteile wie des Kältekreis erreichen (RHC-Plattform/EHPA 2021). Die Standardisierung kann sich dabei auf die verschiedenen Produktlinien einzelner Hersteller beziehen, für Einzelkomponenten für die gesamte Branche und/oder verschiedene Produktgruppen. Im asiatischen Markt dominieren beispielsweise Luft/Luft-Wärmepumpen, die eine sehr große Schnittmenge mit strombetriebenen Klimaanlage haben und deswegen viele identische Komponenten verwenden. Die damit verbundenen größeren Stückzahlen erleichtern den Aufbau voll automatisierter Fertigungsstraßen (PWC 2020). Auch für den europäischen Markt sollten Wärmepumpenhersteller in Erwägung ziehen, bestimmte Komponenten (zum Beispiel Kompressoren, Inverter) gemeinsam zu entwickeln.³⁰

Weitere Kostenreduktionspotenziale verbinden sich mit einer Reduktion der Einzelteile, aus die eine Wärmepumpe besteht. Ein notwendiger Schritt

30 Als Beispiel sei das Projekt LC150 genannt. Im Rahmen des Projekts entwickeln Forschende des Fraunhofer ISE zusammen mit Partnern aus Kreisen der Wärmepumpenhersteller und -zulieferer einen standardisierten und kältemittelreduzierten Kältekreis mit dem Arbeitsfluid Propan. Die gemeinsame Entwicklungsplattform soll den beteiligten Unternehmen erhebliche Kostensenkungspotenziale erschließen und die industrielle Entwicklung von Wärmepumpen für Wohngebäude beschleunigen (<https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/lc-150.html>).

hierfür ist zum Beispiel eine stärkere Funktionsintegration (beispielsweise könnten die Abdeckbleche auch Haltefunktionen für einzelne Komponenten übernehmen). Dies erfordert wiederum andere Herstellungsverfahren (zum Beispiel werkzeuggestützte Umformtechniken, Wärmetauscher aus dem 3-D-Drucker) und die Verwendung anderer Materialien, zum Beispiel mehr Kunststoffeinsatz (Kunststoffspritzguss). Nach Aussagen aus Herstellerkreisen lassen sich die Herstellungskosten über die verschiedenen Maßnahmen um rund 40 Prozent senken.

Wärmepumpen kommen heute vorwiegend im Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser zum Einsatz. Mit der 65-Prozent-Anforderung wird der Anwendungsbereich allerdings deutlich ausgeweitet. Dies betrifft insbesondere Mehrfamilienhäuser und gewerbliche Gebäude (Nichtwohngebäude). Bei Mehrfamilienhäusern geht es dabei sowohl um große Zentralheizungs-Wärmepumpen als auch um Wärmepumpenlösungen im Bereich der Etagenheizungen. Wie in Abschnitt Die Rolle von Hybrid-Wärmepumpen dargestellt, gibt es für die meisten dieser bisher nicht prominent mit Wärmepumpen beheizten Einsatzbereiche Lösungsoptionen. Zurzeit handelt es sich dabei allerdings in der Regel um Nischenanwendungen, die noch weit davon entfernt sind, Standard zu sein. Mit der 65-Prozent-Anforderung sind Wärmepumpenhersteller angehalten, mehr technische Lösungen auch für diese Anwendungsbe- reiche anzubieten und zu vermarkten.

Probleme mit globalen Lieferketten bekommen auch die Wärmepumpenhersteller zu spüren. Hersteller berichten zum Beispiel über Lieferengpässe bei Einzelkomponenten (unter anderem Pumpen, Ventilatoren, Mikrochips), Feinblechen für die Verkleidung der Geräte oder Kunststoffen, die unter anderem als Dämmmaterial gebraucht werden.³¹ Lieferengpässe führen gleichzeitig bei einzelnen Komponenten zu

hohen Einkaufspreisen. Eine Maßnahme mit zumindest mittelfristiger Wirkung läge darin, größere Teile der Lieferketten wieder nach Deutschland oder zumindest Europa zu holen. Aus industriepolitischer Sicht würde dies einen Beitrag dazu leisten, die Resilienz von Wertschöpfungsketten gegenüber globalen Disruptionen zu erhöhen.

Exkurs: Bedeutung von Kältemitteln

Von essenzieller Bedeutung für Wärmepumpenhersteller ist der Handlungsspielraum beim Einsatz von Kältemitteln. Wärmepumpen nutzen Kältemittel als Arbeitsmedium in einem hermetisch geschlossenen Kreislauf, um die Umweltwärme nutzbar zu machen. Das Kältemittel transportiert die Wärme und wird nur im Falle von Leckagen freigesetzt. Dabei lässt sich grob zwischen synthetischen Kältemitteln (zumeist teilfluorierten Kohlenwasserstoffen (F-Gasen) oder Hydrofluorolefinen) und natürlichen Kältemitteln (insbesondere Propan) unterscheiden. Synthetische Kältemittel werden aufgrund ihrer thermodynamischen Eigenschaften und ihrer Sicherheitsmerkmale (sie sind nicht oder nur schwach brennbar) derzeit in den meisten Wärmepumpen eingesetzt, während zum Beispiel Propan als natürliches Kältemittel wegen seiner Brennbarkeit bisher nur in außen aufgestellten Wärmepumpen zum Einsatz kommt.

F-Gase weisen eine hohe Treibhausgaswirkung auf, falls sie freigesetzt werden.³² Zwar bleiben solche Freisetzungen weit hinter der Treibhauswirkung der Gasheizung zurück, die mit einer Wärmepumpe ersetzt wird. Dennoch reguliert die europäische F-Gase-Verordnung, dass zunehmend Kältemittel mit geringerem Treibhauseffekt eingesetzt werden müssen. Dazu sieht die Verordnung einen Phase-Down vor, das heißt, die Verfügbarkeit von F-Gasen auf dem europäischen Markt wird zunehmend verknappt. Da auch der Einsatz von Hydrofluor-

31 zum Beispiel <https://www.sbz-online.de/heizung/waermepumpe-und-waermewende-wir-brauchen-den-giga-handwerker>

32 Das Erderwärmungspotenzial (GWP Global Warming Potential) der heute meistverwendeten klassischen fluorierten Kältemittel ist rund 500 mal so hoch wie von Propan.

Markttransformation in Kürze: notwendige Entwicklungen bei den Wärmepumpenherstellern

- Zügige Ausweitung der Fertigungskapazitäten/Umstellung bestehender Fertigungskapazitäten
- Erhöhung des Automatisierungs- und damit Industrialisierungsgrades des Fertigungsprozesses
- Entwicklung robuster Wärmepumpen-Standardlösungen
- Entwicklung von Plug-and-Play-Lösungen
- Verstärkte Standardisierung der Einzelkomponenten
- Schnellere Marktdiffusion von Nischenlösungen

rolefinen, die derzeit einem REACH-Beschränkungsverfahren unterliegen, über die nächsten Jahre beschränkt werden könnte, wird ein Großteil der Wärmepumpen-Anwendungen über die nächsten zehn bis fünfzehn Jahre zu natürlichen Kältemitteln, insbesondere Propan, wechseln.

Der Nachteil natürlicher Kältemittel ist die Brennbarkeit – bei Propan sogar einer hohen Brennbarkeit – und die damit verbundenen notwendigen Sicherheitsvorkehrungen. Sowohl für brennbare synthetische als auch brennbare natürliche Kältemittel werden jedoch bereits seit mehr als zehn Jahren sichere Systeme entwickelt. Für viele Wärmepumpenanwendungen gibt es bereits heute Produkte auf dem Markt, die Propan als Kältemittel nutzen. Zahlreiche Hersteller arbeiten mit Hochdruck an weiteren, sicheren und nachhaltigen Lösungen (s.o.), die den Einsatz brennbarer, natürlicher Kältemittel auch bei innen aufgestellten Wärmepumpen erlauben werden (wie dies z.B. bei Kühlschränken oder Gefriertruhen schon der Fall ist).

Derzeit ist eine Novelle der F-Gase-Verordnung in Vorbereitung, die zu einer stärkeren Beschleunigung dieser Entwicklung führen könnte. Allerdings befürchten Wärmepumpenhersteller eine Überforderung der Branche, wenn die Verfügbarkeit von F-Gasen zu stark reduziert wird oder es sogar zu Einsatzverboten kommt. Im Raum steht die Frage, ob die Hersteller innerhalb weniger Jahre neben dem massiven Ausbau der Fertigungskapazitäten auch die Entwicklung neuer Wärmepumpenprodukte mit

Propan als Kältemittel vorantreiben und diese gleichzeitig in die Serienfertigung integrieren können.

Ferner hat die Suche nach neuen klimafreundlichen Kältemitteln eine breite und teilweise unübersichtliche Palette neuer Produkte hervorgebracht. Unterschiedliche Substanzen erfordern allerdings entsprechend angepasste substanzspezifische Wärmepumpenkomponenten (zum Beispiel Kompressoren). Auch dies steht der gewünschten Standardisierung entgegen.

5.2 Handwerk/Installateur:innen

Den größten Engpass für einen Markthochlauf in der gebotenen Geschwindigkeit sehen Marktakteure derzeit im Bereich der Wärmepumpeninstallation. Während es realistisch erscheint, die Fertigung von Wärmepumpen sehr zügig hochzufahren – mittelfristig ließe sich eine stark gestiegene Nachfrage gegebenenfalls auch durch mehr Importe decken –, lässt sich die bestehende Fachkräfteknappheit nicht von heute auf morgen lösen. Gleichwohl gibt die 65-Prozent-Anforderung auch für das Sanitär-Heizung-Klima-Gewerbe (SHK) klare Leitplanken, das eigene Angebotsportfolio auf den Vertrieb, den Einbau und die Wartung von Wärmepumpen auszurichten. Im Bereich der Wärmepumpen-Installation bestehen Herausforderungen auf der Ebene der Verfügbarkeit der Fachkräfte, der spezifischen Installationszeiten sowie der Qualifikation.

Sicherstellung der Fachkräfteverfügbarkeit

Nach Angaben des Zentralverbands Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) gab es 2021 in Deutschland rund 49.000 SHK-Betriebe. Es wird erwartet, dass die Anzahl der Betriebe vergleichbar den Vorjahren auch in Zukunft weiter zurückgeht. Die Zahl der Beschäftigten im SHK-Gewerbe nahm in den letzten fünf Jahren hingegen deutlich zu. Mit rund 392.500 Beschäftigten im Jahr 2021 verfügte das SHK-Handwerk über rund 11 Prozent mehr Beschäftigte als 2016.

Nach Abschätzungen der European Heating Industry (EHI) ist in Deutschland für einen Markthochlauf auf sechs Millionen Wärmepumpen bis 2030 eine Verdopplung der Kapazitäten im SHK-Gewerbe notwendig (EHI 2021). Nach Schätzungen des ZVSHK werden dafür rund 60.000 zusätzliche Heizungsmon-teur:innen benötigt (ZVSHK 2022).

Rechnet man die Zielmarke von jährlich zu installie-renden 500.000 Wärmepumpen auf die bestehende Anzahl an SHK-Betrieben um, würde dies bedeuten, dass jeder Betrieb pro Jahr rund zehn Wärmepumpen installieren müsste. Dies erscheint prinzipiell mach-bar. Gleichzeitig legt die Zahl nahe, dass – aus der

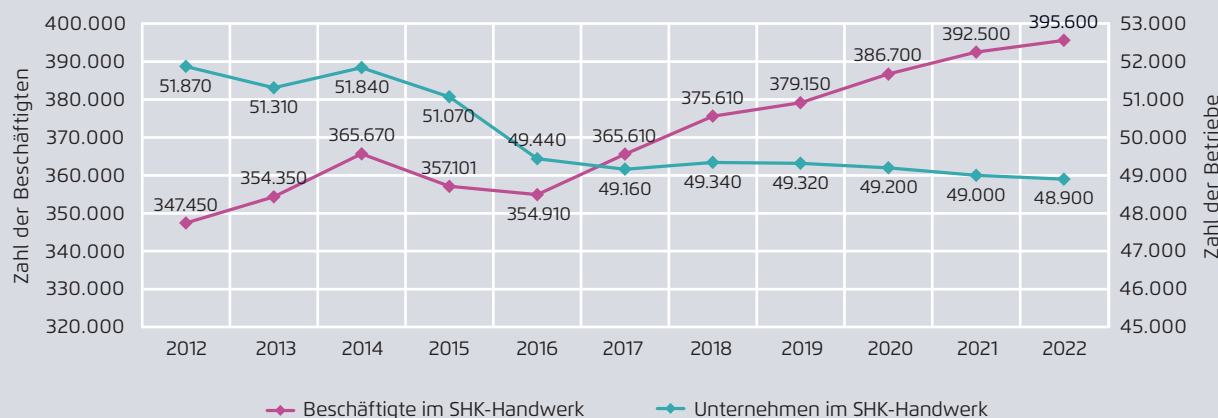
Perspektive des Wärmepumpenmarktes – die Fachkräfteknappheit weniger an einem generellen Mangel an SHK-Fachkräften hängt, sondern vielmehr darin begründet liegt, dass ihr Arbeitsschwerpunkt eher in anderen Tätigkeiten (zum Beispiel Badreno- vierungen) liegt. Folglich wären Aktivitäten hilfreich, die die Installation von Wärmepumpen so attraktiv machen, dass sie in der Tätigkeitshierarchie des SHK-Handwerks nach oben rutschen.

Dennoch ist eine schnelle Ausweitung der Fachkräf- tebasis zum Gelingen der notwendigen Markttrans- formation notwendig. Wichtige Bausteine sind dabei die Ausbildung von deutlich mehr Frauen, die Anwerbung ausländischer Fachkräfte, die zügige Integration von Geflüchteten in den Arbeitsmarkt³³, die Ausweitung von Weiterbildungs- und Umschu- lungsangeboten für branchenferne Fachkräfte,

33 Beispielsweise bietet die Berliner SHK-Innung schon seit 2017 vielfältige Ausbildungsunterstützung für Geflüchtete an. Inzwischen sind im Berliner SHK-Handwerk acht Prozent junger Menschen mit Fluchthintergrund in regulären betrieblichen Ausbildungsverhältnissen (<https://www.sbz-online.de/betrieb-organisation/fachkraeftemangel-shk-nach-wuchs-vom-fluechtling-zur-fachkraft>).

Zahl der Betriebe und Beschäftigten im Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerk (SHK-Handwerk)

Abbildung 5-1



Öko-Institut (2022) basierend auf Daten des ZVSHK

verstärkte Anstrengungen, um Jugendliche für eine Ausbildung im SHK-Gewerbe zu gewinnen sowie gegebenenfalls eine Verkürzung der Ausbildungszeit (bei gleichzeitiger Fokussierung der Ausbildungsinhalte, siehe Abschnitt Gewährleistung eines hohen Qualifikationsniveaus).

Der Bedarf an Wärmepumpen-Expertise ließe sich aber auch durch eine bessere Vernetzung zwischen den verschiedenen an der Installation einer Wärmepumpe beteiligten Gewerken reduzieren. Fachexpertise ist notwendig bei der hydraulischen Einbindung der Wärmepumpe in das Heizsystem, Arbeiten am Kältekreis, der elektrischen Anbindung sowie der Abnahme des Gesamtsystems. Die Installation einer Wärmepumpe umfasst aber auch eine Reihe von Arbeiten, für die keine spezielle SHK-Ausbildung vorliegen muss, zum Beispiel das Gießen eines Fundaments für die Außeneinheit einer Luft/Wasser-Wärmepumpe oder den Ausbau des zu ersetzenden Heizkessels. Insbesondere bei Kleinbetrieben werden auch diese Arbeiten oftmals von der Fachkraft übernommen, die die Wärmepumpe installiert. Werden durch organisatorische Änderungen Arbeiten nach Kompetenzbereichen neu verteilt, ließe sich das Installationspotenzial gegebenenfalls ebenfalls erhöhen.

Verkürzung der Installationszeit

Fachkräftebedarf und -verfügbarkeit sind eng verbunden mit dem Zeitbedarf für die Installation einer Wärmepumpe. Wird eine Wärmepumpe installiert, geht dies in aller Regel mit einer Umstellung der Heizanlage einher. Im Gegensatz zu einem gewöhnlichen Kesseltausch, bei dem zum Beispiel eine Gastherme zugunsten einer neuen Gastherme ausgetauscht wird, während die gesamte Peripherie im Heizungskeller unverändert bleibt, umfasst der Umstieg auf eine Wärmepumpe deutlich mehr Arbeitsschritte (zum Beispiel Gießen eines Fundaments für die Außeneinheit, Kernlochbohrungen durch die Hauswand). Anders als beim „normalen“ Kesseleratz erfordert die Installation einer Wärme-

pumpe häufig eine vorgeschaltete Fachplanung (um zum Beispiel zu identifizieren, ob beziehungsweise mit welchen Umbauten ein Gebäude einen effizienten Betrieb einer Wärmepumpe erlaubt). Auch diesen Arbeitsschritt übernimmt oftmals der beauftragte SHK-Betrieb. Aus diesem Grund dauert nach Aussagen aus Branchenkreisen die Installation einer Wärmepumpe zwei bis viermal so lange wie der Eins-zu-eins-Austausch eines Gaskessels.

Bezieht man die längere Installationszeit auf die im Jahr 2021 rund 700.000 installierten Gas- und Ölkessel, ließen sich in der gleichen Zeit (also anstelle der 700.000 Gas- und Ölkessel) zwischen 175.000 bis 350.000 zusätzliche Wärmepumpen installieren. Zusammen mit den 154.000 Wärmepumpen aus 2021 ließen sich also theoretisch die notwendigen 500.000 installierten Wärmepumpen pro Jahr erreichen.

Wärmepumpenhersteller gehen davon aus, dass sich die Installationszeit durch ein größeres Maß an Standardisierung, einen höheren Vorfertigungsgrad (zum Beispiel integrierte Schwingungskopplung, vorgefertigte Fundamente), bessere Qualifikation und mehr Routine aufseiten der Installateur:innen deutlich verkürzen lässt. Einige Hersteller sehen das Potenzial für eine Halbierung der Installationszeit. Andere Marktakteure nehmen hingegen an, dass die Installation einer Wärmepumpe weiterhin etwa doppelt so lange dauern wird wie der Tausch eines Gaskessels. Denn mit der Erschließung einer externen Wärmequelle (zum Beispiel schalldämpfende Außeneinheit bei einer Luft/Wasser-Wärmepumpe, Erdsonde, Erdkollektor) beinhaltet die Installation einer Wärmepumpe einen Arbeitsschritt, der bei einem Kesseltausch nicht anfällt.

Potenziale zur Verkürzung der Installationszeit verbinden sich auch mit möglichen neuen Vertriebskonzepten oder höheren Spezialisierungsgraden. Schon heute erweitern einige Energieversorger ihr Geschäftsportfolio in Richtung Vermarktung, Installation und/oder Betrieb von Wärmepumpen bei ihren Kund:innen (zum Beispiel EWE, Enercity, N-Ergie,

MVV, EnBW, Green Planet Energy). Wie in Abschnitt Energiewirtschaft und Netzbetrieb ausgeführt, kann dies zu einem höheren Spezialisierungsgrad bei den ausführenden SHK-Betrieben führen. Dies wiederum dürfte zu kürzeren Installationszeiten führen.

Weitere Potenziale liegen darin, im Rahmen der Installation, Überwachung, Wartung und Reparatur verstärkt auf digitale Methoden und Instrumente zurückzugreifen. Einige Wärmepumpenhersteller bieten SHK-Betrieben beispielsweise Installationsunterstützung via Tablet oder Datenbrille (zum Beispiel Mixed-Reality-Brillen) an. Die Fernüberwachung der Geräte sowie die Möglichkeit, Wärmepumpen ferngesteuert einzustellen, verringert den Zeitbedarf für die Funktionskontrolle. Gleiches gilt für selbstlernende/-optimierende Heizungsregelungen (Verarbeitung externer Wetterdaten, Tracken von Gewohnheiten von Nutzer:innen, Nutzungsanpassung der Heizkurven).

Gewährleistung eines hohen Qualifikationsniveaus

Die Installation einer Wärmepumpe erfordert spezielle Qualifikationen, die bei einem Gas- oder Ölkessel nicht benötigt werden. Die elektrische Anbindung muss durch einen Elektriker oder eine Elektrikerin abgenommen werden. Für die Installation eines Splitgeräts kann ein Kälteschein erforderlich sein. Im Falle von Sole/Wasser-Wärmepumpen fallen für die Erschließung der Wärmequelle Bohr- oder Erdarbeiten an. Wird eine Wärmepumpe eingebaut, sind also oftmals verschiedene Gewerke beteiligt, zum Beispiel Wärmepumpen-Installateur:innen, Heizungsbauer:innen, Elektriker:innen, Bohrunternehmen und so weiter, viele davon sind meisterpflichtig. Die 65-Prozent-Anforderung sendet an die SHK-Betriebe das klare Signal (und damit Planungssicherheit), stabile Partnerschaften mit Betrieben aus den benötigten Gewerken einzugehen, um das benötigte Qualifikationsspektrum stets anbieten zu können. Denn schon ab 2024 wird die Wärmepumpe den Gaskessel als Standardtechnik ablösen. Mit der genauen Ausgestaltung der 65-Prozent-Anforderung muss sich

auch das eindeutige Signal verbinden, dass Wasserstoff zumindest in der kommenden Dekade keine Rolle bei der Gebäudewärme spielen wird und somit H₂-ready-Gaskessel keine Option sind.

Hinzu kommt die Fortbildung in den SHK-Betrieben. Mit der VDI-Richtlinie 4645 „Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern“ wurde ein (freiwilliger) Qualifizierungsstandard geschaffen, über den sich SHK-Betriebe zu „Sachkundigen für Wärmepumpensysteme nach VDI 4645“ weiterbilden lassen können.³⁴ Der Standard richtet sich gezielt an SHK-Fachkräfte, die an der Planung, Installation, Wartung und Instandsetzung sowie dem Betrieb von Wärmepumpen beteiligt sind. Die Richtlinie behandelt die für die Planung von Wärmepumpen erforderlichen Schritte von der Voruntersuchung und Konzepterstellung bis zur Detailplanung. Sie gibt Hinweise zu empfohlenen hydraulischen Schaltungen, zur Dimensionierung von Anlagenkomponenten, zur Dokumentation, zur Inbetriebnahme der Anlage und Unterweisung der Betreibenden und auch zu Kostenbetrachtungen.

Mit dem VDI 4645 Blatt 1 wurde zudem ein Schulungskonzept bereitgestellt, welches verschiedene Schulungskategorien formuliert, die den zu schulenden Personen, ergänzend zu den fachlichen Voraussetzungen, die notwendigen Kenntnisse vermittelt. Zielgruppen der Schulungen sind in erster Linie Planer:innen, Anlagenhersteller:innen und Fachhandwerker:innen, aber auch Betreiber:innen oder Produktentwickler:innen in der herstellenden Industrie. Die Schulungen erfolgen in verschiedenen Kategorien und dauern zwischen 560 und 800 Minuten. Das BWP-Register für Sachkundige für Wärmepumpensysteme nach VDI 4645 führt im Juli 2022 rund 740 zertifizierte Sachkundige.³⁵ Die Schulungen werden durch neun Anbieter angeboten.

34 <https://www.vdi.de/richtlinien/unsere-richtlinien-highlights/vdi-4645>

35 <https://www.vdi-fachkraft-waermepumpe.de/>

Angesichts sehr voller Auftragsbücher ist für SHK-Betriebe der Anreiz, ihre Mitarbeitenden zu einer Schulung zu schicken, gegenwärtig sehr gering. Nimmt eine SHK-Fachkraft an einer solchen Schulung teil, steht sie dem betroffenen Betrieb für zwei oder drei Arbeitstage nicht für erlösbringende Tätigkeiten zur Verfügung. Gleichzeitig muss aber Lohn bezahlt werden. Eine Finanzierung sowohl der Schulung als auch der Schulungszeit könnte hier die Anreize deutlich erhöhen.

In der Aus- und Weiterbildung zeigen insbesondere die Herstellungsbetriebe ein erhebliches Engagement. So bieten einige Hersteller inzwischen Schulungsprogramme an, im Rahmen derer Planende und SHK-Fachkräfte in Form von Praxisseminaren in regional verteilten Weiterbildungszentren gezielt weitergebildet werden. Hinzu kommen weitere Aktivitäten wie Roadshows, Betriebsbesuche oder Online-Seminare.

Bei den meisten der Fort- und Weiterbildungsaktivitäten liegt der Fokus auf der Qualitätssicherung der Installation, nicht auf der Geschwindigkeit der Installation. Einen anderen Weg wählt Octopus Energy in Großbritannien. Dort wurde eigens ein Trainingszentrum eingerichtet, in dem pro Jahr 1.000 Installateur:innen ausgebildet werden sollen. Das Trainingskonzept ist dabei gezielt darauf ausgerichtet, die Installationszeit deutlich zu verkürzen.

Es wird angestrebt, Wärmepumpen innerhalb eines Tages zu installieren. Ausgebildet werden Fachkräfte, die ausschließlich Wärmepumpen installieren. Gleichzeitig soll durch die Größe des verfügbaren Pools an Installateur:innen ein größerer Spezialisierungsgrad erreicht werden. So soll das Unternehmen beispielweise über Elektriker:innen verfügen, die lediglich für das elektrische Anschließen der Wärmepumpe auf die Baustelle kommen.³⁶

Weitere notwendige Schritte liegen in der Entwicklung neuer Qualifizierungskonzepte, einer Modernisierung der Ausbildungs- und Prüfungsordnungen und der Schaffung neuer attraktiver Berufsbilder. Sinnvoll erscheint auch eine Änderung des Ausbildungszuschnitts. Wärmepumpen werden von Anlagenmechanikerinnen und -mechanikern für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik installiert. Deren Ausbildung umfasst die Installation und Wartung von Heizungs- und Lüftungsanlagen, aber auch das Montieren von Sanitäranlagen wie Duschen, Waschbecken oder Toiletten. Eine stärkere Ausrichtung der Ausbildung auf die Heizungstechnik mit einer besonderen Schwerpunktsetzung auf Wärmepumpen könnte den Qualifizierungsgrad im Bereich der Heizungsbetriebe deutlich verbessern.

36 <https://utilityweek.co.uk/how-octopus-energy-is-preparing-to-shake-up-the-heat-pump-market/>

Markttransformation in Kürze: notwendige Entwicklungen für die Installation

- Ausrichten des SHK-Angebotsportfolios auf den Vertrieb, den Einbau und die Wartung von Wärmepumpen
- Schulung der SHK-Betriebe (Meister und Angestellte) für die Auslegung/Planung, Installation und Wartung von Wärmepumpen
- Intensivierung der Handwerkerschulung seitens der Wärmepumpenhersteller
- Ergänzung der Aus- und Fortbildung um die Komponente „Geschwindigkeit“
- Entwicklung neuer Qualifizierungskonzepte, Anpassung/Fokussierung des Ausbildungscurriculums, Verkürzung der Ausbildungszeiten
- Schaffung neuer attraktiver Berufsbilder
- Erhöhung der Fachkräftezahl durch Verlagerung und Zuzug

Eine stärkere Ausrichtung der Ausbildung auf Wärmepumpen und andere Techniken im Bereich der Erneuerbaren Energien sowie der Rückgriff auf neue Ausbildungsmethoden (wie zum Beispiel die Integration von Virtual-Reality-Elementen) bietet außerdem die Chance, über ein attraktives Berufsbild eine Ausbildung und spätere Tätigkeit im Handwerk interessanter zu machen, dadurch mehr Nachwuchs zu generieren und die bevorstehende Verrentungswelle, die auch das SHK-Gewerbe betrifft, zu bewältigen.

5.3 Energiewirtschaft und Netzbetrieb

Die Wärmewende führt zu einem drastischen Rückgang des Gasverbrauchs. Gasversorger stehen also vor der Herausforderung, den absehbaren Umsatzrückgang durch neue Geschäftsfelder zu kompensieren. Schon heute engagieren sich deswegen einige Energieversorger in Form von Contracting-Angeboten auf dem Wärmemarkt, unter anderem auch für Wärmepumpen. Angeboten werden dabei in der Regel Wärmeliefer- oder Finanzierungs-Contracting-Modelle. Für Wärmepumpen eröffnen die Energieversorger damit einen weiteren Vertriebskanal, der Hauseigentümer:innen den Wechsel zur Wärmepumpe erleichtern kann. Bei den Angeboten handelt es sich in der Regel um Komplettangebote (im Sinne eines One-Stop-Shops), die Planung, Finanzierung, Fördermittelbeschaffung, Installation, Wartung und Betrieb der Wärmepumpen umfassen. Teilweise beinhalten die Angebote auch die Stromlieferung. Zur Installation kooperieren die

Unternehmen gewöhnlich mit einem Netzwerk aus Partnerbetrieben. Dabei greifen sie aber auf die gleiche knappe Ressource der SHK-Betriebe zurück.³⁷

Mit steigender Nachfrage nach Wärmepumpen steigt der Bedarf an weiteren Dienstleistungsangeboten und Märkten. Viele Hauseigentümer:innen tauschen ihre Heizanlage erst dann aus, wenn ein Defekt vorliegt. Dies geschieht oftmals in der kälteren Jahreszeit. Infolge langer Lieferzeiten beziehungsweise Knappheit im SHK-Handwerk kann der Umstieg auf eine Wärmepumpe nicht sofort erfolgen.³⁸ Vielmehr bedarf es attraktiver und schnell verfügbarer Übergangslösungen, um die Zeit zwischen Defekt und Wärmepumpen-Montage mit Wärme zu überbrücken. Denkbare Lösungen wie das Anbringen eines (mobilen) Übergangskessels, die Etablierung eines Gebrauchtkesselmarkts oder übergangsweise die Installation einer direktelektrischen Wärmeerzeugung (temporärer Betrieb eines Heizstabs im Wärmespeicher) werden zwar vereinzelt angeboten, sind aber bei

37 Gleiches gilt auch für neue Akteure wie zum Beispiel Energiedienstleister:innen. Als Beispiel sei an dieser Stelle das Angebot von Thermondo genannt, in Kooperation mit LG Electronics bundesweit Wärmepumpen zur Miete oder zum Kauf anzubieten (www.thermondo.de). Aber auch dabei greift das Unternehmen auf den bestehenden Pool an SHK-Fachkräften zurück.

38 Die gleiche Herausforderung besteht bei Gebäuden, die zwar in einem Fernwärmeeignungsgebiet liegen, in denen das Fernwärmenetz jedoch erst in einigen Jahren so weit ausgebaut ist, dass die Gebäude angeschlossen werden können.

Markttransformation in Kürze: notwendige Entwicklungen in der Energiewirtschaft und den Stromnetzen

- Einbindung neuer Akteure in den Vertrieb und die Installation von Wärmepumpen
- Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungsangebote und Märkte
- Upgrade und Ertüchtigung der Stromverteilnetze
- Anreizsetzung für netzdienlichen Anlagenbetrieb durch Einführung zeitvariabler Netzentgelte

Weitem noch nicht Standard. Auch hier bietet sich Energieversorgern ein neues Betätigungsfeld. Mit einer zügigen Umsetzung der 65-Prozent-Anforderung erhalten Energieversorger die notwendige Planungssicherheit, die entsprechenden Angebote zu entwickeln und die dafür notwendigen Investitionen zu tätigen.

Neben der Elektromobilität und dem Zubau von Dach-PV-Anlagen führen auch Wärmepumpen zu einer zusätzlichen Belastung der Stromverteilnetze. Im Einzelfall erfordert dies eine Anpassung der Verteilnetze an die zusätzlichen Lasten (Fraunhofer IEE 2022). Gleichzeitig sind die Verteilnetze so zu ertüchtigen, dass die Flexibilität der Wärmepumpen für das Stromsystem (zum Beispiel in Form intelligenter Leistungsreduktion in Zeitfenstern mit hoher Netzbelastung) genutzt werden kann. Intelligente Anreize wie beispielsweise zeitvariable Netzentgelte wären hilfreich, das Zusammenspiel lokaler EE-Einspeisung, flexibler Verbraucher:innen sowie Strom- und Wärmespeicher zu steuern (intelligente Netzführung).

5.4 Wohnungswirtschaft

In der Wohnungswirtschaft besteht die Herausforderung, Wärmepumpen insbesondere in Mehrfamilienhäusern als Standardlösung zu etablieren. In großen Mehrfamilienhäusern werden Wärmepumpen bisher nur vereinzelt installiert. Mit der 65-Prozent-Anfor-

Markttransformation in Kürze: Anpassungsbedarf in der Wohnungswirtschaft

- Etablierung von Wärmepumpen als Standardlösung
- Induzierung von Standardisierungsprozessen durch Großausschreibungen
- Entwicklung standardisierter Betreibermodelle

derung verbindet sich allerdings auch für dieses Gebäudesegment ein signifikanter Nachfrageschub. Es ist zu erwarten, dass die Wärmepumpenhersteller sehr zügig mehr Standardlösungen im größeren Leistungsbereich anbieten werden (zum Beispiel Kaskadenlösungen). Durch Großausschreibungen können Unternehmen der Wohnungswirtschaft diesen Standardisierungsprozess induzieren.

Wie in Abschnitt Die Rolle von Hybrid-Wärmepumpen dargestellt, ist bei vielen Mehrfamilienhäusern insbesondere die Wärmequellenerschließung eine große Herausforderung. Auch in diesem Bereich werden technische Standardlösungen benötigt (zum Beispiel Installation des Rückkühlers einer Luft/Wasser-Wärmepumpe auf dem Dach, standardisierte Brunnenerschließung, Eisspeicher und so weiter). Gleiches gilt für standardisierte Betreiber-/Geschäftsmodelle (zum Beispiel in Kombination mit PV-Anlagen). Kooperationen mit externen Partnern (zum Beispiel aus der Energiewirtschaft) bieten der Wohnungswirtschaft die Chance, über Contracting-Ansätze oder Mietmodelle der Herausforderung der hohen Investitionskosten zu begegnen.

5.5 Hauseigentümer:innen

Mit der 65-Prozent-Anforderung erhalten Hauseigentümer:innen klare Leitplanken für ihre Investitionen in eine neue Heizanlage. Außerhalb von Eignungsgebieten für Wärmenetze müssen sich Wärmepumpen als Standardlösung etablieren. Aus Perspektive der Hauseigentümer:innen spielen die Kosten eine große Rolle. Dabei muss getrennt auf die Investitions- und Betriebskosten geblickt werden (vgl. dazu die ausführliche Diskussion in Abschnitt Wärmepumpen im Bestand: Ökonomische und ökologische Einordnung):

- Auch bei einer deutlichen Reduktion der Herstellungs- und Installationskosten gehen Wärmepumpen mit höheren Investitionskosten einher (im Vergleich zu einem konventionellen Gaskessel).

Markttransformation in Kürze: Rolle der Hauseigentümer:innen

- Vorbereitung auf Wärmepumpen als Standardlösung der Gebäudewärmeversorgung (außerhalb von Eignungsgebieten für Wärmenetze)
- Vorausschauende Planung von Investitionsentscheidungen (gleichmäßige Verteilung der Investitionen über das Jahr)

Eine Verstetigung der Förderung sowie neue Marktangebote wie Miet- oder Contracting-Modelle helfen Hauseigentümerinnen und -eigentümern, den höheren Finanzierungsbedarf zu stemmen.

- Mit der Abschaffung der EEG-Umlage wurden der Strompreis und damit die Betriebskosten elektrischer Wärmepumpen deutlich entlastet. Im Rahmen des Energie-Umlagen-Gesetz (EnUG) hat die Bundesregierung beschlossen, den Betriebsstrom von Wärmepumpen – dies gilt auch für die Wärmepumpentarife – auch von weiteren Umlagen wie der KWKG- und Offshore-Netzumlage zu befreien, wenn die Wärmepumpe über einen eigenen Zählpunkt mit dem Netz verbunden ist. Denkbar wäre auch die Absenkung der Stromsteuer auf den EU-Mindeststeuersatz.
- Laut aktuellem Monitoringbericht der Bundesnetzagentur wurden 2020 rund 560.000 Wärmepumpenanschlüsse und damit nur circa die Hälfte aller installierten Wärmepumpen mit einem gesonderten günstigeren Wärmepumpentarif versorgt. Bei Wärmepumpen ohne speziellen Wärmepumpentarif handelt es sich teilweise um nicht steuerbare Geräte, oder die Wärmepumpen wurden ohne separaten Stromzähler installiert. Letzteres geschieht oftmals im Bereich effizienter Neubauten, bei denen der oder die Bauherr:in aus Kostengründen auf den separaten Anschluss/Stromzähler verzichtet. In der aktuellen Lage gibt es zwei Probleme, deren Dauer nicht prognostizierbar ist: Zum einen ist in den letzten Monaten die Anzahl angebotener Wärmepumpentarife rapide gesunken;

einige Stromanbieter bieten derzeit gar keine neuen Wärmepumpentarife mehr an. Zum anderen bedeutet der Umstieg auf eine Wärmepumpe in der Regel, dass der oder die Hauseigentümer:in den bestehenden Gasbezugsvertrag kündigt und einen neuen Strombezugsvertrag abschließen muss. Für Letzteren fallen gegenwärtig sehr hohe Einstiegspreise an (hoher Strompreis für Neukundschaft), während die Preisanstiege beim Erdgas bei vielen Endkund:innen erst nach und nach ankommen.

- Entscheiden sich Hauseigentümer:innen für den Einbau einer Wärmepumpe, sind sie gegenwärtig Lieferzeiten von mehreren Monaten ausgesetzt. Aufgrund voller Auftragsbücher sind auch bei den SHK-Betrieben die Wartezeiten lang. Aus Sicht der Hauseigentümer:innen wäre es wichtig, dass mit Einführung der 65-Prozent-Anforderung auf beiden Ebenen deutliche Verbesserungen spürbar werden. Hauseigentümer:innen wiederum sind angehalten, den Heizungstausch vorausschauender als bisher zu planen, indem Investitionsentscheidungen in die Heizungsanlage gleichmäßig über das Jahr verteilt werden. In vielen Fällen fällt ein Heizungstausch aus der Not heraus innerhalb der Heizperiode an, nämlich dann, wenn ein Heizkessel kaputt geht. Dies führt zu Auftragspeaks und damit längeren Wartezeiten im Herbst und Winter.

6 Politische Handlungsempfehlungen

Der Markthochlauf von Wärmepumpen bedarf einer starken politischen Flankierung. Kernelement ist dabei die 65-Prozent-Anforderung, die darauf abzielt, die Transformation des heute noch durch fossile Brennstoffe dominierten Heizungsmarktes zugunsten erneuerbarer Wärmetechnologien und klimaneutraler Fernwärme umzustellen.

Die folgenden Punkte zur Ausgestaltung der 65-Prozent-Regel sind entscheidend für ihre Wirksamkeit:

- **65-Prozent-Regel sofort gesetzlich verankern:** Eine schnelle rechtliche Umsetzung gewährleistet Marktakteuren die notwendige Planungssicherheit, Produktionsprozesse und Angebotsportfolios umzustellen, Aus-, Fort- und Weiterbildungsaktivitäten anzupassen, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und die dafür notwendigen Investitionen zu mobilisieren. Je früher die Umsetzung, desto kleiner wird zudem der Gaskesselbestand, der vor Ablauf seiner durchschnittlichen Nutzungsdauer stillgelegt werden muss.
- **Ausnahmeregelungen eng fassen:** Wärmepumpen sind in einem Großteil des Gebäudebestandes ganz ohne oder in Verbindung mit überschaubaren energetischen Sanierungsmaßnahmen effizient einsetzbar. Das bedeutet, dass die gesetzlichen Regelungen nur wenige, klar definierte Ausnahmen enthalten können und sollten.
- **Knappheiten und Verfügbarkeiten berücksichtigen:** Biogene Energieträger, das heißt für den Wärmesektor vor allem Holz und Biogas, sind eine knappe Ressource; die langfristige Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff ist noch ungewiss und die Nutzung deutlich ineffizienter. Der Einsatz dieser Energieträger birgt das Risiko von Fehlallokationen (Biomasse) und Technologie-Lock-ins (Wasserstoff). In der Breite sollten deshalb nur solche Erfüllungsoptionen zulässig sein, für die bei Inkrafttre-

ten der Regelung ausreichend langfristig nachhaltige Ressourcen zur Verfügung stehen. Das bedeutet, dass Biomasse und grüner Wasserstoff als Erfüllungsoption nur dort zum Einsatz kommen sollten, wo ressourceneffizientere Technologien (im Wesentlichen Wärmepumpe und Wärmenetze, in Einzelfällen auch direktelektrische Wärmeerzeugung) nicht möglich sind, zum Beispiel in bestimmten denkmalgeschützten Gebäuden.

Parallel sollte die Politik soziale Gerechtigkeit und Akzeptanz der Transformation unterstützen sowie Wettbewerbsfähigkeit von Wärmepumpen sicherstellen:

- **Gezielt finanziell unterstützen:** Notwendig ist insbesondere eine Verstärkung der Breitenförderung. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG). Erforderlich ist aber auch die Einrichtung gezielter Förderschwerpunkte, zum Beispiel für Investitionen in größere Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern oder andere Einsatzsegmente, in denen Wärmepumpen bisher nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden (zum Beispiel Gebäude mit Gasetagenheizungen). Zudem müssen einkommensschwache Gebäudeeigentümer:innen gezielt unterstützt werden, beispielsweise indem sie durch zusätzliche Förderprogramme oder erhöhte Fördersätze zielgruppenspezifisch adressiert werden.
- **Für eine sozial gerechte Kostenverteilung zwischen Mietenden und Vermietenden sorgen:** Mit der 65-Prozent-Anforderung werden Wärmepumpen verstärkt auch im vermieteten Bestand eingesetzt. Um eine sozial gerechte Transformation sicherzustellen, müssen die Rahmenbedingungen zur Verteilung der Kosten zwischen Vermietenden und Mietenden im Kontext der neuen Anforderungen überprüft und gegebenenfalls angepasst

werden. Dies kann die im Koalitionsvertrag angekündigte Prüfung eines Umstiegs auf Teilwärmemietenmodelle oder andere Alternativen umfassen, die darauf abzielen, die heute gültige Modernisierungumlage zu modifizieren.

- **Wettbewerbsfähige Betriebskosten für Wärmepumpen absichern:** Ein Schlüssel zur Förderung des Markthochlaufs liegt in der Ausgestaltung des Energiepreisgefüges, insbesondere im Verhältnis des Preisniveaus für Erdgas und Strom. Mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) wurde begonnen, die CO₂-Kosten fossiler Brennstoffe zu internalisieren. Die aktuelle Energiekrise erfordert dabei eine gezielte Absicherung wettbewerbsfähiger Betriebskosten für Wärmepumpen. Mit Blick auf die Zeit nach der Krise ist ein stetig ansteigender (im Idealfall bekannter) Preispfad notwendig, um die Wettbewerbsbedingungen für Wärmepumpen zu verbessern und eine verlässliche Planungsgrundlage für Investitionsentscheidungen zu bieten. Mit der Abschaffung der EEG-Umlage wurden die Betriebskosten von Wärmepumpen entlastet. Weitere Entlastungen sind geplant (Energie-Umlagen-Gesetz). Denkbar wäre auch die Absenkung der Stromsteuer auf den EU-Mindeststeuersatz.

Fachkräfte sind entscheidend für den erfolgreichen Markthochlauf. Hier gilt es, die Qualifikation von Fachkräften zu unterstützen und Gebäudeeigentümer:innen und die Fachwelt zu informieren:

- **Infrastruktur für Aus-, Fort- und Weiterbildung fördern:** Für den Markthochlauf von Wärmepumpen ist ein zeitgleicher Hochlauf von Kapazitäten von Installateur:innen notwendig. Hierfür bedarf es einer entsprechenden Fort- und Weiterbildungsinfrastruktur. Diese wird idealerweise durch die Marktakteure aufgebaut. Der Aufbau sollte zumindest in der Startphase durch staatliche Förderung beschleunigt werden.
- **Wärmepumpen-Fortbildungen finanzieren:** Ein weiteres Hemmnis besteht darin, dass SHK-Betriebe infolge voller Auftragsbücher zurzeit keinen Anreiz haben, ihre Angestellten auf Fortbildungen zu schicken (Ausfall der Arbeitskapazität sowie entsprechender Erlöse). Durch eine Finanzierung der Fortbildungskurse sowie insbesondere eine finanzielle Kompensation der wegfallenden Arbeitszeit würde diese Hürde gegebenenfalls reduziert.
- **Ausbildungscurricula aktualisieren:** Die Ausbildung zum/zur SHK-Anlagenmechaniker:in umfasst ein breites Kompetenzspektrum, das sich über klassische Sanitärarbeiten im Badezimmer bis in den Heizungskeller erstreckt. Für die Installation einer Wärmepumpe ist nur ein Teil des entsprechenden Ausbildungscurriculums relevant, gleichzeitig werden Kompetenzen benötigt (zum Beispiel Elektroarbeiten), die nicht automatisch Teil der SHK-Ausbildung sind. Politik und Marktakteure (insbesondere die SHK-Innungen) sollten gemeinsam die Ausbildungscurricula neu zuschneiden. Benötigt werden „Wärmewende-Fachkräfte“, die schon in ihrer Ausbildung einen Fokus auf die Installation erneuerbarer Wärmetechnologien legen. Mit einer Fokussierung (gegebenenfalls auch Verengung) der Ausbildung verbindet sich möglicherweise auch eine Chance, die Ausbildungszeiten zu verkürzen. Mit dem Schaffen neuer attraktiver Berufsbilder und einer Verkürzung der Ausbildungszeiten könnten vielleicht mehr Schulabgänger:innen oder auch Quereinsteiger:innen für die Wärmewende gewonnen werden.
- **Die 65-Prozent-Anforderung durch eine breite Informationskampagne begleiten:** Die neue Regelung bedingt einen grundlegenden Wandel bei den Investitionen im Heizungskeller. In den meisten Fällen führt sie zu einem Wechsel des Heizsystems. Dadurch verursacht die Regelung zunächst eine gewisse Unsicherheit bei denjenigen, die in den ersten Monaten nach Inkrafttreten

ihre Heizung austauschen. Es ist Aufgabe der Politik, über Informationsangebote den neuen Lösungsraum aufzuzeigen, die Förderkulisse darzustellen und damit auch Vorbehalte auszuräumen. Gleichzeitig besteht eine Aufgabe darin, Gebäudeeigentümer:innen zu vorausschauendem Handeln anzureizen. Gerade in Zeiten großer Fachkräfteknappheit ist es erstrebenswert, Investitionen in Heizungsanlagen möglichst gleichmäßig über das Jahr zu verteilen. Dies erfordert, dass Heizkessel nicht erst dann ausgetauscht werden, wenn sie defekt sind, sondern möglichst geplant. Die Informationskampagne sollte möglichst flächendeckend und über Multiplikator:innen lokal verankert erfolgen, damit möglichst viele Gebäudeeigentümer:innen in ihrem Umfeld erreicht werden.

Weitere flankierende Maßnahmen sorgen für mehr Flexibilität für das Stromsystem, bauen regulatorische Hemmnisse ab und sichern Wertschöpfungsketten in Europa:

- **Flexibilitätpotenzial von Wärmepumpen nutzbar machen:** Um Wärmepumpen möglichst effizient in die Stromverteilnetzinfrastruktur zu integrieren, bedarf es einer entsprechenden Anreizstruktur. Dabei geht es zum einen darum, die Netzbelastung zu minimieren, und zum anderen, das Flexibilitätpotenzial von Wärmepumpen zu nutzen. Die Einführung zeitvariabler Stromtarife würde dies begünstigen. Hierzu bedarf es einer entsprechenden Umsetzung von Regelungen zu steuerbaren Verbrauchsanlagen und einer beschleunigten Digitalisierung der Verteilnetze.
- **Regulatorische Hemmnisse abbauen:** Für Luft/Wasser-Wärmepumpen wäre dies zum Beispiel die Klärung der rechtlichen Frage nach Mindestabständen zu Nachbargrundstücken (Lärmschutz). Für Sole/Wasser-Wärmepumpen geht es vor allem um die rechtliche Vereinheitlichung der bergrechtlichen Behandlung sowie des Genehmigungspro-

zesses (unter anderem der wasserrechtlichen Genehmigung), die Bereitstellung von Geoinformationen sowie Einführung von Abstandsregelungen zur Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen. Für größere Wärmepumpen bietet auch die Trinkwasserinfrastruktur (Wasserwerke, Brunnen) erhebliche Wärmepotenziale. Zur Nutzung gilt es, die Trinkwasserverordnung so anzupassen, dass eine energetische Nutzung – unter Wahrung eines hohen Schutzniveaus – möglich wird.

- **Standortpolitik zur Sicherung von Wertschöpfungsketten in Europa betreiben:** Übergreifend sollte erwogen werden, zur Erhöhung der Resilienz wirtschaftlicher Lieferketten, Teile der Wertschöpfungskette wieder verstärkt nach Europa zu holen. Dies gilt allgemein für Technologien, die für die Energiewende notwendig sind. Aufgrund der hohen Bedeutung zur Reduktion von Emissionen und Gasverbrauch, kombiniert mit der besonders großen Lücke bei Fertigungskapazitäten ist der Handlungsdruck im Bereich Wärmepumpen besonders hoch.

Referenzen

AGEB (AG Energiebilanzen) (2021): *Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland*

Agora Energiewende; Stiftung Klimaneutralität; Agora Verkehrswende (Hg.) (2021): *Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*

BDI (Hg.) (2021): *Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft BNetzA (Bundesnetzagentur) (2022): Monitoringbericht 2021*

Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) (2022): *Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks 2021*

BWP (Bundesverband Wärmepumpe) (2020): *Branchenstudie 2021: Marktanalyse – Szenarien – Handlungsempfehlungen*

Destatis (Statistisches Bundesamt) (2022): *Bautätigkeit und Wohnungen 2021, Fachserie 5, Reihe 1*

Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hg.) (2021): *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*

EHI (European Heating Industry) (2021): *Rolling out heat pumps - Barriers and how to overcome them*

Fraunhofer IEE (2022): *Flexible Wärmepumpen im Verteilnetz – Flexibilitätspotenzial und Stabilität für das zukünftige Stromnetz?*

Fraunhofer ISI et al. (2021): *Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3*

Fraunhofer ISE et al. (2020): *Wärmepumpen in Bestandsgebäuden: Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPsmart im Bestand“.* https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/downloads/pdf/Forschungsprojekte/BMWi-03ET1272A-WPsmart_im_Bestand-Schlussbericht.pdf

Johansson, P. (2017): *A Silent Revolution: The Swedish Transition towards Heat Pumps, 1970 - 2015*

Kopernikus-Projekt Ariadne (2021): *Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich*

Miara, Marek (2022): *Blogserie Wärmepumpen im Bestand.* In: *Fraunhofer ISE Innovation 4E [Weblog]*, 13. Juni 2022

Miara et al. (2022): *Heat Pumps in Multi-Family Buildings for Space Heating and DHW, Final Report of the Annex 50 of the Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP)*

Öko-Institut (2022): *Klimaschutz 2030: Ziele, Instrumente, Emissionsminderungslücken sowie die Verbesserung der Überprüfungs- und Nachsteuerungsregularien*

Öko-Institut; Prognos; Ifeu; Prof. Klinski; BBH; IER (2022): *Mindestvorgaben für die Gesamteffizienz von Bestandsgebäuden – Einsparwirkungen und rechtliche Realisierbarkeit verschiedener Ausgestaltungsvarianten*

Öko-Institut (2021a): *Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland*

Öko-Institut (2021b): *Phase-out regulations for fossil fuel boilers at EU and national level*

Öko-Institut, Hamburg Institut (2021): *Ansätze zur Wärmeplanung in den Niederlanden und Übertragbarkeit auf Deutschland*

Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES, Thünen-Institut (2021): *Projektionsbericht 2021 für Deutschland*

Prinzing et al. (2020): *Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen Heizsaison 2019/2020*

Referenzen

PWC (Price Waterhouse Coopers) (2020): *Chancen und Risiken für die deutsche Heizungsindustrie im globalen Wettbewerb*

RHC Platform, EHPA (2021): *Strategic Research and Innovation Agenda for Heat Pumps - Making the technology ready for mass deployment*

Weltbank (2022): *State and Trends of Carbon Pricing 2022*

Zentralverband Sanitär Heizung Klima (ZVSHK) (2022): *Wer baut das alles ein? – Der steigende Fachkräftebedarf im Handwerk und die Zielvorgaben der Politik*

Publikationen von Agora Energiewende

AUF DEUTSCH

Power-2-Heat

Erdgaseinsparung und Klimaschutz in der Industrie

Schutz in der fossilen Energiekrise

Optionen für Ausgleich und Entlastung

Klimaschutzverträge für die Industrietransformation (Stahl) – Update

Aktualisierte Analyse zur Stahlbranche

Klimaneutrales Stromsystem 2035

Wie der deutsche Stromsektor bis zum Jahr 2035 klimaneutral werden kann

Klimaschutzverträge für die Industrietransformation (Zement)

Analyse zur Zementbranche

12 Thesen zu Wasserstoff

Mobilisierung der Kreislaufwirtschaft für energieintensive Materialien (Zusammenfassung)

Wie Europa den Übergang zu einer fossilfreien, energieeffizienten und energieunabhängigen industriellen Produktion vollziehen kann

Energiesicherheit und Klimaschutz vereinen

Maßnahmen für den Weg aus der fossilen Energiekrise

Klimaschutzverträge für die Industrietransformation (Gesamtstudie)

Kurzfristige Schritte auf dem Pfad zur Klimaneutralität der deutschen Grundstoffindustrie

Die deutsche Braunkohlenwirtschaft 2021

Historische Entwicklungen, Ressourcen, Technik, wirtschaftliche Strukturen und Umweltauswirkungen

Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2021

Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2022

Öffentliche Finanzierung von Klima- und anderen Zukunftsinvestitionen

Ein beihilfefreies und schlankeres EEG

Vorschlag zur Weiterentwicklung des bestehenden Erneuerbare-Energien-Gesetzes

Alle Publikationen finden Sie auf unserer Internetseite: www.agora-energiewende.de

Publikationen von Agora Energiewende

AUF ENGLISCH

International climate cooperation for energy-intensive industry

A (realistic) proposal

Promoting regional coal just transitions in China, Europe and beyond

Europe-China dialogues on a just coal transition in 2021

Coal Phase-Out in Germany

The Role of Coal Exit Auctions

Delivering RePowerEU

A solidarity-based proposal for financing additional green investment needs

Mobilising the circular economy for energy-intensive materials (Study)

How Europe can accelerate its transition to fossil-free, energy-efficient and independent industrial production

Regaining Europe's Energy Sovereignty

15 Priority Actions for RePowerEU

Getting the Transition to CBAM Right

Finding pragmatic solutions to key implementation questions

The EU's Carbon Border Adjustment Mechanism

Challenges and Opportunities for the Western Balkan Countries

Transitioning to a climate-neutral EU buildings sector

Benchmarks for the success of the European Green Deal

12 Insights on Hydrogen

Global Steel at a Crossroads

Why the global steel sector needs to invest in climate-neutral technologies in the 2020s

The Future of Lignite in the Western Balkans

Scenarios for a 2040 Lignite Exit

Phasing out coal in the EU's power system by 2030

A policy action plan

Making renewable hydrogen cost-competitive

Policy instruments for supporting green H₂

Über Agora Energiewende

Agora Energiewende erarbeitet wissenschaftlich fundierte und politisch umsetzbare Wege, damit die Energiewende gelingt – in Deutschland, Europa und im Rest der Welt. Die Organisation agiert unabhängig von wirtschaftlichen und parteipolitischen Interessen und ist ausschließlich dem Klimaschutz verpflichtet.



Unter diesem QR-Code steht
diese Publikation als PDF zum
Download zur Verfügung.

Agora Energiewende

Anna-Louisa-Karsch-Straße 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 700 14 35-000

F +49 (0)30 700 14 35-129

www.agora-energiewende.de

info@agora-energiewende.de