

# Grüne Wärme – eine Herausforderung für Ausbildungsberufe?



**BARBARA HILLER**  
wiss. Mitarbeiterin im BIBB  
hiller@bibb.de



**AXEL KAUFMANN**  
wiss. Mitarbeiter im BIBB  
kaufmann@bibb.de

**Die Wärmebereitstellung befindet sich im Umbruch. Zukünftige Heizsysteme müssen ab 2024 mindestens 65 Prozent erneuerbare Energien nutzen.<sup>1</sup> Heizungen mit Erdgas und Erdöl sind Auslaufmodelle. Heizungsbau, Gasnetzbetrieb und Klimagewerke spielen für diesen Wandel eine Schlüsselrolle. Von den vielfältigen Möglichkeiten, Raumwärme mit verbesserter CO<sub>2</sub>-Bilanz zu produzieren, stellt dieser Beitrag die Wärmepumpe und die Verbrennung von Wasserstoff in Heizungen genauer vor und betrachtet mögliche Auswirkungen auf Berufsbilder und Aufgaben der Fachkräfte.**

## Wärmepumpen, Wasserstoff und die Wärmewende

Die Funktionsweise einer Wärmepumpe ist ähnlich wie bei einem Kühlschrank, nur umgekehrt. Im Heizbetrieb entzieht sie vorhandene Wärmeenergie aus der Umgebung, beispielsweise der Luft. Diese Umgebungswärme wird mithilfe des Kältemittels auf ein höheres Temperaturniveau gebracht und über ein Wärmeverteilsystem (z. B. Fußbodenheizung, Heizkörper) im Gebäude verteilt. Aus der hierfür notwendigen elektrischen Energie gewinnt die Wärmepumpe ca. das Drei- bis Fünffache an Heizwärme. Im Vergleich zu herkömmlichen Heizungen arbeitet sie effizienter und reduziert deutlich CO<sub>2</sub>-Emissionen, sofern regenerative Energie genutzt wird. Für die Effizienz und Lebensdauer einer Wärmepumpe sind eine sorgfältige Planung, Installation und Wartung sowie passende Betriebsparameter und optimale Nutzung entscheidend.

Laut Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) wird aktuell (2022) in Deutschland nur ca. drei Prozent des Wohnungsbestands (ca. 1,3 Mio. von 43,1 Mio.) mit Wärmepumpen beheizt.<sup>2</sup> Im Jahr 2022 stieg der Absatz von Heizungswärmepumpen auf 236.000 Geräte und damit um 53 Prozent gegenüber dem Vorjahr.<sup>3</sup> Der Zuwachs ist enorm. Jedoch bleibt einiges zu tun – gemessen am Ziel der Bundesregierung, ab 2024 jährlich 500.000 Wärmepumpen zu installieren.

Dagegen ist Wasserstoff für Raumwärme eher eine Ergänzungslösung (vgl. MEYER/HERKEL/KOST 2021). Die Produktionskapazitäten für grünen, d. h. emissionsfrei hergestellten Wasserstoff sind gering und Vorrang bei der Wasserstoffnutzung haben energieintensive Produktionsbereiche wie z. B. die Chemie- und Stahlindustrie. Einige Energiewendeszenarien stellen allerdings fest, dass

Wasserstoff für die Klimaschutzziele des Gebäudesektors unabdingbar ist (vgl. THOMSEN u. a. 2022; WIETSCHEL u. a. 2021). Als Folge dieser Unsicherheit verhält sich das SHK-Handwerk in Bezug auf Wasserstoff abwartend. Indes ist die Entwicklung von sogenannten H<sub>2</sub>-ready-Anlagen in vollem Gange.

## Wasserstoff im Gasnetz – Beimischung und »Hundertprozentlösung«

Die Gaswirtschaft bereitet die Umstellung auf Wasserstoff mit Pilotprojekten vor (vgl. Tab. 1 im electronic-supplement). Je höher der Wasserstoffanteil am Gasgemisch, desto größer das Sicherheitsrisiko und die Belastungen der Anlagen (z. B. Leitungen, Ventile, Düsen). Die Verantwortung, dass alle Netzbestandteile – auch die Geräte in Wohn- und Gewerbegebäuden – im Betrieb mit Wasserstoff sicher funktionieren, trägt laut Deutschem Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW) der Netzbetreiber.<sup>4</sup> Das DVGW-Regelwerk formuliert auch die Zuständigkeiten: Ab der Hauptabsperr-

<sup>1</sup> Vgl. Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen zur Novelle des Gebäudeenergiegesetzes (GEG). URL: [www.bmwsb.bund.de/geg](http://www.bmwsb.bund.de/geg)

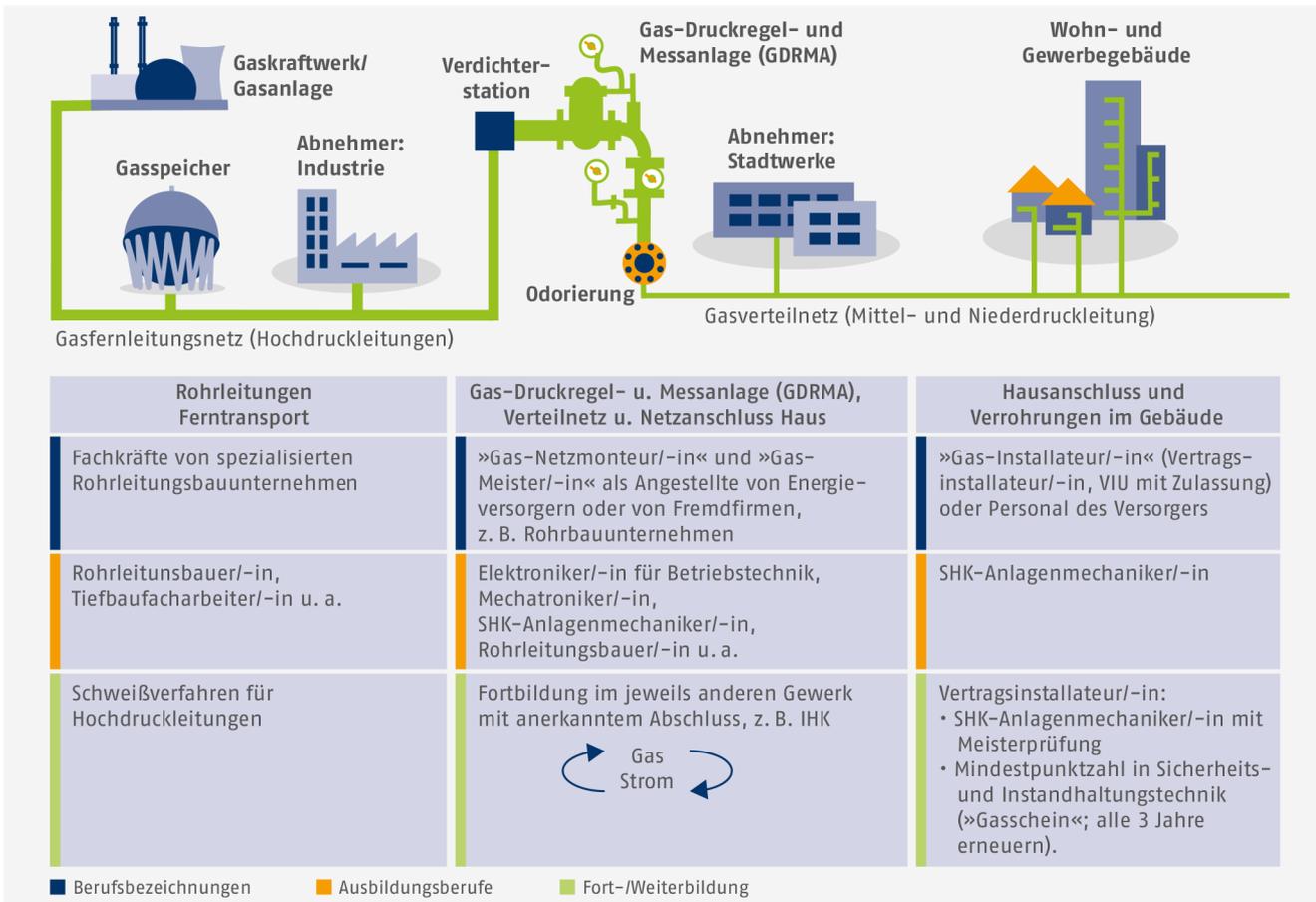
<sup>2</sup> Vgl. BDEW Grafik unter [www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/](http://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizungsstruktur-wohnungsbestand/)

<sup>3</sup> Vgl. Pressemitteilung des Bundesverbands der Deutschen Heizungsindustrie vom 17.01.2023 unter [www.bdh-industrie.de/presse/presse-meldungen/artikel/heizungsmarkt-2022-rekordjahr-fuer-waermepumpen-1](http://www.bdh-industrie.de/presse/presse-meldungen/artikel/heizungsmarkt-2022-rekordjahr-fuer-waermepumpen-1)

<sup>4</sup> Vgl. Pressemitteilung vom 28.10.2021. URL: [www.dvgw.de/der-dvgw/aktuelles/presse/presseinformationen/dvgw-presseinformation-vom-28102021-start-h2-beimischung-in-gasnetze](http://www.dvgw.de/der-dvgw/aktuelles/presse/presseinformationen/dvgw-presseinformation-vom-28102021-start-h2-beimischung-in-gasnetze)

Abbildung

Anlagen, Aufgaben und Voraussetzungen für die Qualifikation von Fachkräften in der Gasversorgung



Eigene Darstellung

einrichtung, im Gebäude, sind die SHK-Handwerksbetriebe verantwortlich. Um die Sicherheit zu gewährleisten, dürfen diese Arbeiten laut Technischer Regel für Gasinstallationen

nur von Vertragsinstallateuren/-installateurinnen ausgeführt werden (vgl. Infokästen im electronic-supplement).

**Aufgaben und Anforderungen im Gasnetzbetrieb**

Die folgenden Informationen zu Wasserstoff im Gasnetz sind eine erste Bestandsaufnahme auf der Basis von Experteninterviews im Rahmen des H2PRO-Projekts am BIBB (vgl. Infokästen).

Für den Umgang mit Wasserstoff gibt es zwar einige spezifische Anforderungen, aber der Arbeitsablauf ändert sich grundsätzlich nicht (vgl. Abb.).

Die Bezeichnung technischer Fachkräfte bei Netzbetreibern lautet zum Beispiel »Gas-Netzmonteur/-in«. Ausbildungsberufe sind typischerweise Elektroniker/-in für Betriebstechnik, Anlagenmechaniker/-in oder Metallberufe. Besonders gefragt ist IT-Affinität. Netzbetreiber bilden ihre Fachkräfte so weiter, dass sie im Bereitschaftsdienst sowohl mit Strom als auch mit Gas arbeiten können. Für sicherheitsrelevante Tätigkeiten verlangt das DVGW-Regelwerk (2018) zusätzliche Qualifikationen, zum Beispiel:

**H2PRO-Projekt: »Sind unsere Berufe H<sub>2</sub>-ready?«**

Das Projekt beleuchtet fünf Sektoren, einer davon ist Wärmeversorgung. Innerhalb dieses Sektors ist die Gasnetzumstellung auf Wasserstoff eine von mehreren Anwendungen. Die Betrachtung möglicher Anforderungen an Fachkräfte in diesem Anwendungsfall basiert auf der Sektoranalyse (vgl. HILLER 2023) und auf Experteninterviews mit Personen von Energieversorgern, aus dem SHK-Handwerk und von Bildungseinrichtungen. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrags (August 2023) ist die Datenerhebung noch in der Umsetzung. Insofern geben die Informationen erste Einblicke, aber noch kein abschließendes Bild.

Die leitfadengestützten Experteninterviews schaffen einen Überblick über die im Wasserstoffkontext bislang wenig untersuchte Frage zur Qualifikation von Fachkräften. Als Experte/Expertin gilt in dieser Untersuchung, wer Wissen in dem spezifischen Praxis- und Handlungsfeld hat, das für die Untersuchung relevant ist (vgl. KRUSE 2015, S. 171).

Weitere Informationen zum Projekt:  
[www.bibb.de/de/153309.php](http://www.bibb.de/de/153309.php)

Tabelle

## Beispiele für wasserstoffspezifische Tätigkeiten für Fachkräfte der Gasnetzbetreiber

Tätigkeiten	Beschreibung	Änderung zum bisherigen Vorgehen
Mit Wasserstoff umgehen	Auswirkungen von Energiedichte, Strömungsgeschwindigkeit, Explosionsverhalten u. a.	Neu (Theorie)
Leitungen entlüften (Inertisieren)	Leitungen entlüften (mit Stickstoff »fluten«), um Wasserstoff-Luft-Gemisch zu verhindern (Explosionsgefahr).	Neue Aufgabe
Leckage messen	Alle Komponenten von Gasanlagen müssen regelmäßig auf Dichtheit geprüft werden. Bei Erdgas kann eine bestimmte Menge von ausströmendem Gas toleriert werden.	Bei Wasserstoff gelten höhere Anforderungen an die Dichtheit; keine Toleranz möglich. Wasserstoff-Messgeräte mit anderem Sensor: Umgang muss geübt werden.
Gasanalyse	In den Bereichen der Gasanlage für Endkundinnen und Endkunden wird dem Gas Odormittel zugesetzt, um es bei Ausströmen am Geruch zu erkennen.	Menge des Odormittels muss identifiziert werden, da Wasserstoff andere Menge benötigt.
Brand erkennen und bekämpfen	Erdgasbrände breiten sich flächig aus und werden durch Erstickung gelöscht.	Bei Wasserstoff ist die Flamme nicht sichtbar; Prüfung mit Wärmebildkamera (oder langer Holzlatte). Flammenbild entwickelt sich steil nach oben. Wasserstoffbrände lässt man i. d. R. abfackeln und schützt umliegende Gebäude.

Eigene Darstellung

- Sachkunde-Nachweis: Druckprüfungen von Leitungen bis 1 bar,
- Sachverständigen-Nachweis: Abnahme einer Gas-Druckregel- und -Messanlage (GDRMA),
- spezifische Schulung: halbjährliche Wartung und Funktionsprüfung der GDRMA (Regelgerät auseinander-schrauben, Membran und Feder tauschen, Anlage einmal durchtesten).

Lediglich die vierteljährliche Inspektionsprüfung verlangt keine zusätzliche Schulung von Gas-Netzmonteuren/-monteurinnen.

Den Experteninterviews mit Projektleitungen und Fachkräften der Pilotprojekte ist zu entnehmen, dass Fachkräfte den Umgang mit Wasserstoff in ein- bis zweitägigen Seminaren lernen. Im Mittelpunkt stehen chemisch-physikalische Eigenschaften von Wasserstoff und der Umgang mit ihnen in der Praxis (vgl. Tabelle). Eine umfangreiche wasserstoffbezogene Fortbildung erachten die Befragten wegen der hohen Regelungsdichte und der Sicherheitsbestimmungen als nicht notwendig.

### Aufgaben und Anforderungen im SHK-Bereich

Anders als für Netzbetreiber und Energieversorger ist Wasserstoff für die meisten der befragten SHK-Betriebe noch kein Thema. Viele warten ab, wie sich die Wasserstoff-Verfügbarkeit entwickelt. Konkrete Qualifizierungspläne sind nicht in Sicht. Dabei sind es die SHK-Vertragsinstallateure und -installateurinnen, die bei einer Netzumstellung Prüfung und Inbetriebnahme aller Endgeräte und Regelanlagen für eine Vielzahl von Kundinnen und Kunden bewältigen müssen.

Wichtige Aufgaben sind dabei Leckage-Messungen an Verrohrungen und Gasdüsen-einstellungen der Endgeräte. Diese Tätigkeiten sind nicht neu, bekommen aber durch Wasserstoff eine besondere Relevanz, denn er ist farb- und geruchslos. Die Explosionsgefahr muss ernst genommen werden. In den Wasserstoff-Pilotprojekten finden Informationsveranstaltungen für Installateurinnen und -Installateure statt, die sie auf den Umgang mit Wasserstoff vorbereiten.

## Wärmepumpentechnik von der Planung bis zur Inbetriebnahme

Eine weitere Möglichkeit, grüne Wärme in Gebäuden zu erzeugen, ist die Wärmepumpe. Im Gegensatz zur Wasserstoffanwendung ist diese Technik schon länger am Markt und auch einsatzbereit. Bis vor einigen Jahren noch ein Nischenprodukt ist die Wärmepumpe aktuell im Neubau die bevorzugte Variante. Die folgenden Ausführungen basieren auf der Expertise eines Berufsverantwortlichen am BIBB sowie auf Literaturanalysen, Auswertungen von Fachinformationen, Weiterbildungen und Gesprächen mit Personen aus der betrieblichen Praxis sowie aus Bildung und Wissenschaft.

Während des gesamten Prozesses ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Kundinnen und Kunden, Planenden, Installateurinnen und Installateuren und anderen beteiligten Fachleuten entscheidend, um sicherzustellen, dass die Wärmepumpe den Anforderungen und Erwartungen des Gebäudes sowie der Nutzenden entspricht.

Eine *Bedarfsanalyse* stellt den Heizwärme-, Gebäudekühlungs- und Warmwasserbedarf fest. Sie berücksichtigt u. a. Wand- und Fensterflächen sowie deren Beschaffenheit. Warmwasser ist eine besondere Herausforderung, da hohe Temperaturen von ca. 60 Grad erforderlich sind und eine entsprechende Aufwärmzeit benötigt wird.

Die hydraulische *Planung* umfasst die Auslegung der Heizungsanlage, der Rohrleitungen und Speicher. Vorhandene Wärmeverteilungsanlagen werden berücksichtigt und deren weitere Nutzbarkeit überprüft. Weiter beinhaltet die Planung die Wahl der Wärmequelle (z. B. Luft, Boden oder Wasser), Betriebsart und erforderlichen Leistung sowie die Wahl des Standorts. Vorschriften hinsichtlich Sicherheit (Kältemittel) sowie Emissionen (Schall/Kälte) sind einzuhalten. Außerdem benötigt die Wärmepumpe einen elektrischen Anschluss. Bei tiefgreifenden Änderungen an der Gebäudeinfrastruktur sowie bei Grundwasserbohrungen können Genehmigungen, Anträge oder Anzeigen erforderlich sein.

Bei der *Installation* sind z. B. Abstandsflächen zu Gebäuden, Hauptwindrichtung, Tragfähigkeit des Wärmepumpensockels, Kondensatablauf, Maßnahmen zur Schwingungsisolierung sowie optimale Leitungswege zu berücksichtigen. Hinsichtlich der Wärmeverteilung ist ein hydraulischer Abgleich unabdingbar.

Bei der *Inbetriebnahme* werden alle Komponenten überprüft und die Funktionstüchtigkeit des Systems getestet. Die Anlage wird parametrisiert (u. a. Vorlauftemperatur) und entsprechend der Bedarfe angepasst, ggf. erfolgt die Smart-Home-Einbindung.

Neben dem ordnungsgemäßen Betrieb sind regelmäßige *Wartungen* und Optimierungen wichtig, um die Effizienz und Funktionalität der Wärmepumpe langfristig zu erhal-

ten. Außerdem ist den Nutzenden die Bedienung und Wartung zu erläutern.

Für o. a. Aufgaben kommen folgende Ausbildungsberufe infrage:

- **Anlagenmechaniker/-in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK):** Installation, Inbetriebnahme sowie Wartung und Kundenservice werden vom aktuellen Berufsbild durch das Einsatzgebiet erneuerbare Energien und Umwelttechnik umfänglich abgedeckt. Für tiefgreifende (Reparatur-)Arbeiten am Kältekreislauf sind allerdings Fertigkeiten und Kenntnisse notwendig, die derzeit nicht zum Berufsbild gehören.
- **Mechatroniker/-in für Kältetechnik:** Das Berufsbild ermöglicht es, fast alle Arbeiten im Zusammenhang mit der Wärmepumpe zu erledigen. Lediglich die bivalente Einbindung (mit einer zusätzlichen Heizquelle, z. B. Gas) sowie die hydraulische Einbindung ins Wärmeverteilungssystem sind nicht abgedeckt.
- Gleiches gilt für die Ausbildungsberufe **Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, für Gebäude- und Infrastruktursysteme sowie in der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik:** Sie führen alle Elektroarbeiten, insbesondere mit Smart-Home durch. Jedoch gehören Arbeiten am Kältekreislauf, an den Heizsystemen sowie deren hydraulische Einbindung nicht zum Berufsbild.
- **Tiefbaufacharbeiter/-innen sowie Brunnenbauer/-innen** sind für die Arbeiten rund um den Einbau von Erdkollektoren sowie für Grundwasser-Bohrungen vonnöten.
- Die planerischen Aufgaben werden derzeit von einigen (Wärmepumpen-)Herstellern in Kooperation mit Meistern/Meisterinnen und Kunden/Kundinnen durchgeführt. In größeren Industriebetrieben führen **Technische Systemplaner/-innen der Fachrichtung Versorgungs- und Ausrüstungstechnik** einige Planungen aus.
- Oft werden im Zusammenhang mit der Wärmepumpe auch Photovoltaikanlagen installiert. Hierfür kommen neben den o. g. Elektronikern/Elektronikerinnen folgende Ausbildungsberufe zum Tragen: **Dachdecker/-in, Zimmerer/Zimmerin und Klempner/-in.**

## Bilanz und Handlungsempfehlungen

An der Energiewende im Gebäudesektor ist eine Vielzahl von Handwerksberufen beteiligt (vgl. Tab. 2 im electronic supplement). Die Ausführungen zeigen, dass Ausbildungen und Facharbeit gut für die Veränderungen in beiden Technologiefeldern aufgestellt sind. Die technikneutrale und niveauoffene Ausgestaltung der Ausbildungsordnungen ermöglicht den Betrieben, am Stand der Technik auszubilden. Überbetriebliche Lehrlingsunterweisungen (ÜLU) können unterstützen, sofern sie auf dem aktuellen Stand der Technik sind. Gleichwohl gibt es für beide Anwendungsbeispiele

Handlungsempfehlungen für den Qualifikationsbedarf der Fachkräfte.

**Wasserstoff im Gasnetz:** Energieversorger greifen auf ein abgestimmtes System von internen und externen Fortbildungen für ihre Fachkräfte zurück. Das angepasste DVGW-Regelwerk liefert für die Wasserstoff-Netzumstellung gesetzlich verbindliche Arbeits- und Sicherheitsanweisungen. Dagegen wird die Arbeit an Gasinstallationen in Gebäuden auf das Fachhandwerk übertragen. Die Zulassung als eingetragener Vertragsinstallateur/-in gewährleistet die Qualität dieser Arbeit. Sie stellt mit der Meisterprüfung und dem »Gas-Schein« hohe Anforderungen an die Fachkraft.

Während die Gasnetz-Monteurinnen und -Monteure für die fachlichen Anforderungen gut aufgestellt sind, gibt es zu Wasserstoff-Qualifikationen in SHK-Handwerksbetrieben möglicherweise Klärungsbedarf. Zum Beispiel könnte die Einführung eines formalen »Wasserstoff-Scheins« als Voraussetzung für Vertragsinstallateurinnen und -installateure sinnvoll sein. Zwar ändert sich der Ablauf der Tätigkeiten für die kritischen Aufgaben, Leckage-Messung und Gasdosen-Einstellung nicht, vielmehr aber die Konsequenzen, sollten diese Aufgaben nicht oder nicht ordnungsgemäß durchgeführt werden. Auch die Toleranzwerte sind andere. Ein formaler »Wasserstoff-Schein« könnte das Bewusstsein dafür schärfen.

**Wärmepumpe:** Qualifikationsbedarf besteht insbesondere an den Gewerkeschnittstellen, weil sich die Wärmepumpentechnik nicht in die bestehende Gewerke-Landschaft zwängen lässt. Die Gewerke Installation und Heizungsbau, Kälteanlagenbau und Elektrotechnik bilden lediglich für ihr Fachgebiet aus. Sie alle können Wärmepumpen aufstellen, dennoch erfordern bestimmte Arbeiten Spezialkenntnisse anderer Gewerke. In der Praxis wird dies durch sog. »Zebrabetriebe« aufgefangen, die alle Arbeiten »aus einer Hand« anbieten, d. h. sie beschäftigen dafür Anlagenmechaniker/-innen SHK, Mechatroniker/-innen für Kältetechnik und Elektroniker/-innen. Diese Arbeitsteilung sollte überdacht werden und sich in den Berufsbildern niederschlagen, damit zukünftig ausgebildete Fachkräfte voll umfänglich an

den Anlagen arbeiten dürfen und können. Mit Blick auf tradierte Gewerketrennungen ist den Sozialpartnern eine frühe Auseinandersetzung damit anzuraten. Der Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen ist beschlossen und die Gewerke müssen umdenken. Zwar werden bestehende Anlagen weiterhin betreut, die aktuelle Wärmepumpennachfrage zeigt jedoch, dass der Wandel bereits in naher Zukunft stattfinden wird.

Für Fachkräfte, die bereits im Arbeitsleben sind, genügen aufgrund ihrer bisherigen Arbeitserfahrungen ein- bis zweitägige Weiterbildungen, um den Anforderungen der Wärmepumpeninstallation gerecht zu werden. Da aber die Installation einer Wärmepumpe länger dauert als die einer Gasheizung, sind insgesamt mehr Fachkräfte notwendig. Obwohl seit 2003 die Möglichkeit besteht, Anlagenmechaniker/-innen SHK im Einsatzgebiet erneuerbare Energien und Umwelttechnik auszubilden – was auch die Wärmepumpentechnik beinhaltet – wird dies nur selten genutzt, da die bisherige Heizungsstruktur von Gas und Öl geprägt ist. Aus diesem Grund ist die Wärmepumpe für die Ausbildungsbeteiligten derzeit noch ein Zusatzthema.

Anders im Bereich der Planung: Aufgrund der Komplexität und des engen Effizienzspielraums der Wärmepumpe sind hier umfangreichere Weiterbildungen für Fachkräfte notwendig. Derzeit gibt es keine bundeseinheitliche Fortbildung, die dieses Thema abdeckt. Mit Blick auf den hohen Bedarf an Wärmepumpen sind Meister/-innen mit der Erstellung von Planungen und Angeboten überlastet. Nicht selten sind sie zudem fachlich nicht so tief im Thema. Zur Entlastung sowie zur Qualitäts- und Effizienzsteigerung könnte eine bundeseinheitliche Fortbildung Berufsspezialist/-in Wärmepumpe – erneuerbare Energien hilfreich sein. ◀



electronic supplement zum Beitrag:

[www.bwp-zeitschrift.de/e12114](http://www.bwp-zeitschrift.de/e12114)

Infografik von S. 23 zum Download:

[www.bwp-zeitschrift.de/g12111](http://www.bwp-zeitschrift.de/g12111)

## LITERATUR

DVGW (2018): Technische Regel für Gasinstallationen TRGI 2018. Arbeitsblatt G 600 (Gasinstallation). Bonn 2018

HILLER, B.: Wasserstoff für die Wärmeversorgung – erste Bestandsaufnahme zu wasserstoffbasierten Anwendungsfeldern und Anforderungen in der Fachkräftequalifizierung. Eine Sektoranalyse im Rahmen des Projekts »H<sub>2</sub>PRO: Wasserstoff – Ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende«. BIBB Discussion Paper. Bonn 2023. URL: [lit.bibb.de/vufind/Record/DS-781324](http://lit.bibb.de/vufind/Record/DS-781324)

KRUSE, J.: Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz. Weinheim und Basel, 2. Aufl. 2015

MEYER, R.; HERKEL, S.; KOST, C.: Die Rolle von Wasserstoff im Gebäudesektor: Vergleich technischer Möglichkeiten und Kosten defossilisierter

Optionen der Wärmeerzeugung. Potsdam 2021. URL: [https://ariadneprojekt.de/media/2021/09/Ariadne-Analyse\\_WasserstoffGebaeudesektor\\_September2021-1.pdf](https://ariadneprojekt.de/media/2021/09/Ariadne-Analyse_WasserstoffGebaeudesektor_September2021-1.pdf)

THOMSEN, J.; KOST, C.; WANAPINIT, N.; MEYER, R.; ULFFERS, J.; BAVIA BAMP, B.: Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors. Freiburg, Kassel 2022. URL: [www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222\\_Bottom\\_Up\\_Studie\\_final-1.pdf](http://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2022/221222_Bottom_Up_Studie_final-1.pdf)

WIETSCHEL, M.; ZHENG, L.; ARENS, M.; HEBLING, C.; RANZMEYER, O.; SCHAADT, A.; PFLUGER, B.: Metastudie Wasserstoff – Auswertung von Energiesystemstudien. Karlsruhe, Freiburg, Cottbus 2021

(Alle Links: Stand 18.10.2023)