

Wasserstoff im Wärmebereich – Welcher Qualifizierungsbedarf besteht für eine diversifizierte und resiliente Wärmewende?

Vortrag zur BIBB-Fachtagung „H2PRO: Wasserstoff trifft Berufsbildungspraxis“

Osnabrück, 17./18. 6. 2024

Dem Vortrag sind 3 Vorbemerkungen voranzustellen:

Vorbemerkungen:

- (1) Wasserstoff im Wärmebereich: Welche energiepolitischen Vorgaben bestehen?
- (2) Eine diversifizierte und resiliente Wärmewende: Was sind die Kriterien dafür?
- (3) Für welche Berufsgruppe soll der Qualifizierungsbedarf in Erfahrung gebracht werden?

PP-Folie 2

Zu (1): Im Zusammenhang von Wasserstoff im Wärmebereich ist auf 2 Gesetze zu verweisen. Mit dem Erlass des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) wird Wasserstoff energiepolitisch als Option ausgewiesen. Ob und wie Wasserstoff aber letztlich im Wärmebereich vertreten sein wird, darüber entscheiden kommunale Wärmepläne, die laut dem Gesetz für die Wärmeplanung und Dekarbonisierung der Wärmenetze bis Mitte 2026 bzw. 2028 vorzulegen sind. Je nachdem, was in die Wärmepläne kommt, wird sich auch der Qualifizierungsbedarf entwickeln.

Zu (2): Die Anforderungen an die Wärmewende, „diversifiziert und resilient zu sein“, sind dem §1 des eben erwähnten Gesetzes für die Wärmeplanung und Dekarbonisierung entnommen und vereinfacht mit vielseitig, robust und widerstandsfähig zu kennzeichnen. Sie sind im Sinne einer technischen Vielfalt mit einem gehörigen Maß an Flexibilität und Widerstandskraft benannt. Vor diesem Hintergrund besteht bereits an dieser Stelle Gelegenheit, darauf hinzuweisen, dass den Favoriten zur Umsetzung der Wärmewende, nämlich Wärmepumpen und Wärmenetze, mehr an die Seite zu stellen ist, damit die Anforderungen des Gesetzes zu erfüllen sind. Dazu sollte unbedingt auch Wasserstoff gehören.

Zu (3): Wenn Wasserstoff die Energie der Zukunft wird, entstehen für viele Berufe – zumindest für alle, die bisher schon mit Erdgas zu tun haben – neue Anforderungen. Im Wärmebereich sind das die Heizungsfachkräfte. Im Vortrag wird daher darauf abgestellt, was SHK-Anlagenmechaniker/innen zu erwarten haben.

Vor dem Hintergrund dieser Vorbemerkungen wird im ersten Hauptteil aufgezeigt und begründet, wie Wasserstoff im Wärmebereich zur Anwendung kommen kann bzw. sollte. Im zweiten Hauptteil wird dann gefolgert, welcher Qualifikationsbedarf sich daraus ergibt. Schauen wir uns also zuerst an, wie Wasserstoff im Wärmebereich zum Einsatz kommen kann.

I. Wie kann Wasserstoff im Wärmebereich eingesetzt werden?

Beim Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich sind zu unterscheiden:

1. Der Einsatz von Wasserstoff zur Herstellung von Strom zum Heizen= **indirekter Einsatz von Wasserstoff**
2. Wärmeerzeugung durch Wasserstoff in Heizkraftwerken für Wärmenetze= **direkt-zentraler Einsatz von Wasserstoff**
3. Wasserstoff zum Betrieb von Heizungsanlagen in Häusern= **direkt-dezentraler Einsatz von Wasserstoff**

PP-Folie 3

Es spielt eine große Rolle, ob Wasserstoff indirekt oder direkt zur Wärmeerzeugung und -versorgung eingesetzt wird. Eine **indirekte** Nutzung liegt vor, wenn Wasserstoff in Kraftwerken zur Herstellung von Strom für die in den Wohnungen benötigte Wärme Verwendung findet – also beim Heizen mit Strom. Die **direkte** Nutzung von Wasserstoff besteht darin, dass Wärme durch Verbrennen oder elektrochemisch erzeugt wird.

Eine weitere wesentliche Unterscheidung ist, ob Wasserstoff zentral oder dezentral zur Anwendung kommt. **Zentral** erfolgt der Wasserstoffeinsatz in Heizkraftwerken, Wärmenetze transportieren die Wärme zu den Übergabestationen in den Wohnhäusern. **Dezentral** erfolgt die Wärmeerzeugung vor Ort mit den dort vorhandenen hauseigenen Heizungsanlagen. Und schließlich ist auch noch zu unterscheiden, ob Wasserstoff Wärme durch **Verbrennen** oder **elektrochemisch** liefern soll.

Auf diese unterschiedlichen Einsatz- und Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff im Wärmebereich soll nun einzeln eingegangen werden. Da energiepolitisch für Deutschland gilt, dass die Wärmewende vorrangig so erfolgen soll, dass sie wann immer möglich mit grünem Strom stattfindet, betrachten wir als erstes den Beitrag von Wasserstoff zur Erzeugung von Strom, der beim Ausbleiben von grünem Strom durch Sonne und Wind durch Wasserstoffkraftwerke zur Verfügung gestellt werden muss.

1. Der indirekte Einsatz von Wasserstoff als Back-up beim Heizen mit Strom

Der Strom zum Heizen soll durch Sonne und Wind zur Verfügung stehen. Bei Mangelsituationen entsteht ein Bedarf an Wasserstoff zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung. Fragen dazu sind:

- (1) Wieviel grüner Strom wird bei Klimaneutralität in Deutschland benötigt und wieviel kann durch Sonne und Wind hergestellt werden?
- (2) Was bedeutet es für die Bevorratung und den Einsatz von Wasserstoff, wenn bei Mangel an grünem Strom durch Sonne und Wind der Bedarf an klimaneutralem Strom durch Wasserstoff auszugleichen ist?

PP-Folie 4

Der Einsatz von Wasserstoff zur Stromerzeugung für Wärme stellt eine indirekte Nutzung von Wasserstoff dar. Indirekt beinhaltet, dass – gegenüber einer direkten Verwendung – eine zusätzliche Wandlungsstufe bei der zum Einsatz kommenden Energie erfolgt.

Der Umfang des indirekten Einsatzes von Wasserstoff im Wärmebereich ergibt sich aus den Betrachtungen zu den aufgezeigten Fragen.

Um Antworten zu finden, kommen wir nicht daran vorbei, auf das Verhältnis und die Beziehung von grünem Strom und grünem Wasserstoff näher einzugehen. Für die Antworten schauen wir uns Zahlen aus der jüngeren Vergangenheit an:

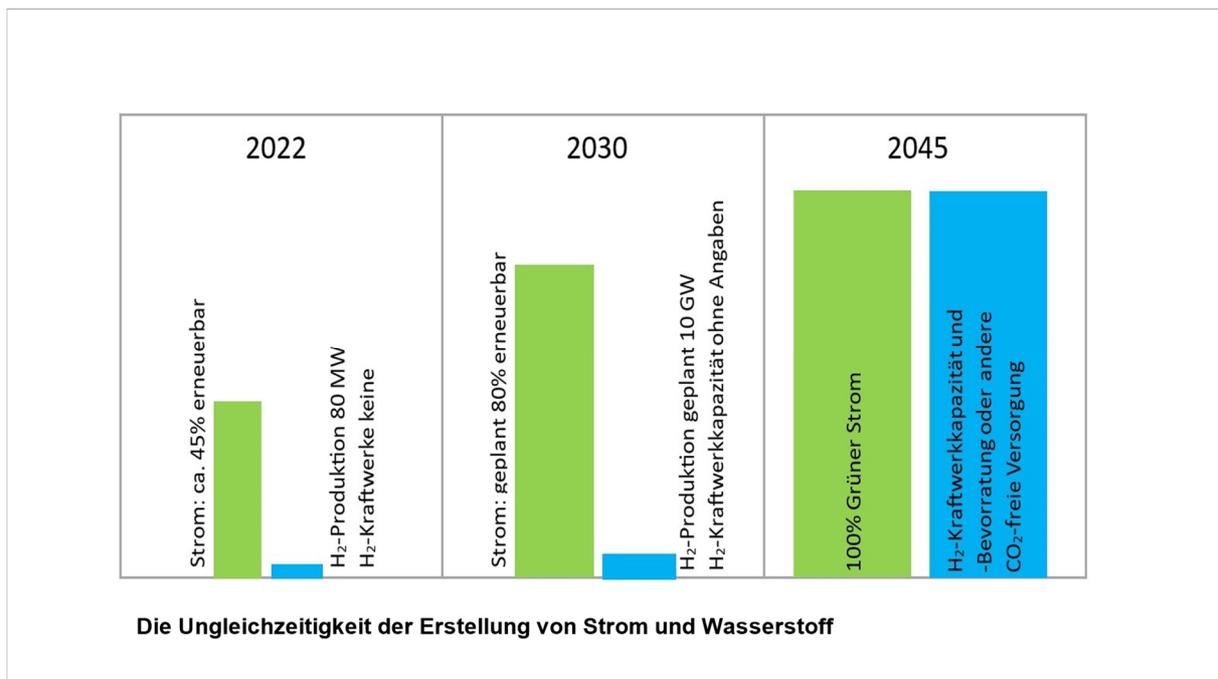
- Stromproduktion 2018– 2022: Jährlich etwa 500– 600 TWh
- Ausgewiesener Anteil erneuerbarer Strom für 2022 ca. 45%
- Gesamtenergiebedarf jährlich um 3.000 TWh

Auf den Gesamtenergiebedarf bezogen betrug der Anteil des erneuerbaren Stroms im Jahr 2022 etwas über 17%.

Bisherige Steigerungsangaben bei grünem Strom klingen erfolgreich, sind aber in Hinblick auf die Größe der Transformation verschleiern

PP-Folie 5

Die Produktion von Strom umfasste in den Jahren 2018 bis 2022 jährlich zwischen 500 und 600 Terrawattstunden (TWh). Dem stand 2020 ein Gesamtenergiebedarf von mehr als 3.000 TWh gegenüber, der vor allem durch fossile Energieträger wie Erdgas, Braun- und Steinkohle, Mineralöle und auch Kernkraft gedeckt wurde. Vergleicht man den in den Jahren 2018 bis 2022 durchschnittlich erzeugten Strom mit dem Gesamtenergiebedarf von 2020, so stellt man fest, dass die für die Gesamtenergie zu leistende Transformation um mehr als das 4- bis 5-fache größer ist, als der Bezug auf die vorgängige Stromerzeugung ausweist. Die für 2022 vorliegenden Zahlen zum Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromproduktion hören sich mit 45% erfolgreich an, sind aber auf den Primärenergieverbrauch bezogen lediglich bescheidene 17,2%. Auch für 2023 wurde wiederum als erfolgreich verkündet, dass mehr als die Hälfte des elektrischen Stroms erneuerbar ist. Aber auch das war weniger als 1/5 des Gesamtenergiebedarfs. Um die realistische Sicht zum Verlauf der Energie- bzw. Wärmewende einzunehmen, wäre es hilfreich, wenn der Zuwachs an erneuerbar hergestelltem grünem Strom in den Kontext des Gesamtenergiebedarfs gestellt wird, der am Ende klimaneutral sein muss. Wie sich der Bedarf an grünem Strom in den nächsten Jahren bis hin zur Klimaneutralität entwickeln könnte, ist anhand der folgenden Abbildung zu erläutern.



PP-Folie 6

Die Säule für 2022 ist real, die für 2030 und 2045 sind so dargestellt, wie es aufgrund der energiepolitischen Festlegungen durch die Bundesregierung zu erwarten ist. Anhand der Säulen sind zum einen die Relationen von grünem Strom und grünem Wasserstoff in der Stromversorgung aufzuzeigen, zum anderen kann angedeutet werden, wie diese Relationen im Sinne einer vielseitigen und robusten Wärmewende zu verringern wären.

Die Säule für 2022 zeigt, dass mit 45% fast die Hälfte der damaligen Stromherstellung erneuerbar erfolgte. Trotz dieses Umfangs wurde es aber so gut wie versäumt, auch grünen Wasserstoff herzustellen. Im Rahmen einiger Pilotprojekte wurden lediglich erste Erfahrungen zur Wasserstoffproduktion gesammelt.

Mit der Säule für 2030 wird unter Berücksichtigung einer geschätzten 2- bis 3-fach höheren Strommenge - der Stromverbrauch von geplant 6 Mio. Wärmepumpen, 15 Mio. E-Autos und erster industrieller Anwendungen bei der Stahlherstellung einbezogen - ein Anteil von 80% aus Sonne und Wind ausgewiesen. Die Fläche der Säule verdeutlicht das wesentliche Mehr an Strom gegenüber

2022. Ob die Quote von 80% erreicht wird, bleibt abzuwarten. Fragt man danach, was bei diesem Ausbaustand bei Dunkelflaute zur Aufrechterhaltung des klimaneutralen Stromanteils an Wasserstoff vorhanden sein muss, dann liegt der Bedarf einschließlich der erforderlichen Infrastruktur in analoger Höhe zur mengenmäßigen Stromproduktion. Das findet aber in den bisherigen Planungen so gut wie keine Berücksichtigung, wie der Säule für Wasserstoff zu entnehmen ist. Es ist aber positiv, dass zwischenzeitlich der Beschluss der Bundesregierung vorliegt, nach dem mit dem Bau von wasserstofffähigen Gaskraftwerken im Umfang von 10 MW begonnen wird.

Was beim derzeit eingeschlagenen Weg der Energie- und Wärmewende mit der Ausrichtung auf Strom beim Erreichen der Klimaneutralität eintreten würde, ist an den Säulen für 2045 zu verdeutlichen. Bei deren Interpretation ist zu beachten, dass sich die Menge des erneuerbar herzustellenden Stroms bis zum Wert von 100% in Abhängigkeit vom anderen CO₂-freien Teil des Gesamtenergiebedarfs – nämlich Wasserstoff als Ersatz für fossile Grundstoffe wie Erdöl und Erdgas - ergibt. Die Steigerung des direkt herstellbaren grünen Stroms auf 100% kann/wird dann gegenüber 2022 rechnerisch voraussichtlich das 4- bis 5-fache betragen. Das wird davon abhängen, wie zum einen der Ausbau erneuerbarer Energien gelingt, und zum anderen, wie und in welchen Mengen importierter grüner Wasserstoff für industrielle Produkte (z.B. Kunststoffe) verfügbar wird.

Mit den Zahlenbeispielen und den Abbildungen wird deutlich, in welchem Umfang Wasserstoff als Back-up in Kraftwerken eingesetzt werden muss, um bei Mangel an Strom aus Sonne und Wind den fehlenden Strom zu liefern. Diese Maßnahme muss (wenn keine anderen klimaneutralen Möglichkeiten einbezogen werden können) auch in dem Umfang erfolgen, in dem die Stromerzeugung - inklusive dem Heizen mit Strom - installiert ist. In welchem Umfang also Wasserstoffkraftwerke mit der dazu gehörenden Infrastruktur aufzubauen sind, ist abhängig von der Größe der Stromproduktion durch Sonne und Wind sowie von der möglichen Nutzung von Ausgleichsmöglichkeiten. Die Darstellung dieser Relationen wendet sich nicht im Geringsten gegen erneuerbare Energien, sondern stellt lediglich einen Appell für eine Minimierungsstrategie bei grünem Strom dar. Wir müssen das Verhältnis von grünem Strom und grünem Wasserstoff für das Gelingen der Energiewende verstehen. Es kommt bei Klimaneutralität also darauf an, die 100%-Marke für selbst herstellbaren Strom als einen Teil der Gesamtenergie möglichst klein zu halten, was sehr gut dadurch geschehen kann, dass Wasserstoff nicht indirekt, sondern direkt zur Wärmeerzeugung eingesetzt wird. Darauf wird noch eingegangen.

Als nächstes betrachten wir daher, wie der direkte Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich geschehen kann: Zentral durch Produktion von Wärme in Heizkraftwerken und dezentral in den Heizungsanlagen der Häuser.

2. Der direkte Einsatz von Wasserstoff zur zentralen Versorgung mit Wärme

Beispiel: Wasserstofffähiges Gasheizkraftwerk Leipzig



PP-Folie 7

Im Bild sehen wir ein wasserstofffähiges Gasheizkraftwerk, wie es in Leipzig errichtet wurde. Da energiepolitisch vorgesehen ist, die Zahl der Anschlüsse an Wärmenetze deutlich zu steigern, muss auch die Frage der klimaneutralen Versorgung mit Wärme in den Blick genommen werden. Überall dort, wo für Wärmenetze wasserstofffähige Gasheizkraftwerke sind, ist auch mit dem Einsatz von Wasserstoff zu rechnen. Der Betrieb der Heizkraftwerke ist grundsätzlich vergleichbar mit dem der Kraftwerke zur Stromproduktion, wobei Heizkraftwerke primär auf Wärmeerzeugung ausgelegt sind. Im Vergleich mit dem Einsatz von Wasserstoff zur Stromerzeugung gilt außerdem, dass die Vermeidung einer weiteren Wandlungsstufe gegenüber der indirekten Nutzung von Wasserstoff ein energieeffizienteres Vorgehen ergibt. Dennoch sollte der Einsatz von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung für Wärmenetze unterbleiben oder zumindest zurückhaltend erfolgen, da bei Berücksichtigung der Kriterien Vielseitigkeit und Resilienz sich für Wärmenetze andere Energieträger anbieten.

1. Der indirekte Einsatz von Wasserstoff als Back-up beim Heizen mit Strom

Der Strom zum Heizen soll durch Sonne und Wind zur Verfügung stehen. Bei Mangelsituationen entsteht ein Bedarf an Wasserstoff zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung. Fragen dazu sind:

- (1) Wieviel grüner Strom wird bei Klimaneutralität in Deutschland benötigt und wieviel kann durch Sonne und Wind hergestellt werden?
- (2) Was bedeutet es für die Bevorratung und den Einsatz von Wasserstoff, wenn bei Mangel an grünem Strom durch Sonne und Wind der Bedarf an klimaneutralem Strom durch Wasserstoff auszugleichen ist?

PP-Folie 8

Für Wärmenetze bleibt nicht nur die Nutzung der auch bei Klimaneutralität weiterhin anfallenden unvermeidbaren Wärme erste Wahl, sondern vor allem Wärme aus zirkulären Prozessen. Das sind technisch wie wirtschaftlich attraktive Alternativen. Fachleute für Kreislaufwirtschaft gehen davon aus, dass durch Ressourceneffizienz und Recycling bis 2050 rund zwei Drittel der primären Grundstoffe und damit auch entsprechende Energieaufwendungen einzusparen sind.

Geht man wie angedeutet vor, ist ein weiterer Schritt zu einer robusten und vielseitigen Wärmewende gemacht. Wasserstoff sollte – wenn überhaupt – für Wärmenetze nur in begründeten Ausnahmefällen zum Einsatz kommen. Wir werden uns daher mit direkt-zentralen Heizkraftwerken nicht weiter befassen. Im Gegensatz dazu kommt dem direkt-dezentralen Einsatz im Wärmebereich eine entscheidende Bedeutung zu, wie im Folgenden aufgezeigt wird.

1. Der indirekte Einsatz von Wasserstoff als Back-up beim Heizen mit Strom

Der Strom zum Heizen soll durch Sonne und Wind zur Verfügung stehen. Bei Mangelsituationen entsteht ein Bedarf an Wasserstoff zur Aufrechterhaltung der Stromversorgung. Fragen dazu sind:

- (1) Wieviel grüner Strom wird bei Klimaneutralität in Deutschland benötigt und wieviel kann durch Sonne und Wind hergestellt werden?
- (2) Was bedeutet es für die Bevorratung und den Einsatz von Wasserstoff, wenn bei Mangel an grünem Strom durch Sonne und Wind der Bedarf an klimaneutralem Strom durch Wasserstoff auszugleichen ist?

PP-Folie 9

Bei der **dezentralen** Verwendung von Wasserstoff im Wärmebereich wird Wasserstoff vor Ort direkt zur Erzeugung von Wärme eingesetzt. In diesen Fällen wird i.d.R. der Wasserstoff über umgewidmete bzw. ertüchtigte Erdgasleitungen den Häusern zugeführt, um dort mit wasserstofffähigen Wärmeerzeugern die vorhandenen Heizungsanlagen zu betreiben. Oder noch besser, mit Brennstoffzellen-Heizgeräten wird sowohl die erforderliche Wärme als auch der wertvolle CO₂-freie Strom hergestellt. Auch BHKWs können so eingesetzt werden, wie Geräte im Markt bereits zeigen. Dass das Heizen mit Wasserstoff sowohl als Verbrennungsprozess als auch auf elektrochemischen Wegen grundsätzlich geht, ist Fakt und wurde bereits in Projekten und in der Praxis belegt.

Grundsätzlich gilt, dass in den vergangenen Jahren in Versuchen, Projekten und Feldtest daran gearbeitet wurde, Antworten zu den aufgezeigten Fragen zum Wechsel von Erdgas auf Wasserstoff zu finden. Die liegen heute vor. Holger Dörr (Ostfalia Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel), der in diesem Umfeld wissenschaftlich begleitend aktiv war und ist, fasst die Erkenntnisse wie folgt zusammen: „Beimischungen von H₂ und Umstellung auf H₂ sind Stützen der Wasserstoffstrategie. Sie adressieren:

- H₂-Verfügbarkeit (Aufbau der H₂-Erzeugungskapazitäten),
- Machbarkeit (Austausch) und
- Sozialverträglichkeit und
- Großkapazitive Speicheroption von EE-Strom – als Partner des Ausbaus der EE-Erzeugerkapazitäten (Wind, Solar)!“ (vgl. AKVT-Tagung 8.3. 2024 in Mühlhausen).

Technisch betrachtet spricht also nichts gegen den Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich. Dazu ist auf Projekte wie H₂HoWi, H₂Direkt und H₂Switch100 zu verweisen. **H₂HoWi** ist im Rahmen der Exkursion erkundet worden. **H₂Direkt** in Hohenwart/Landkreis Pfaffenhofen versorgt seit September 2023 über das wasserstofftauglich umgewidmete Erdgasnetz 10 Kunden mit reinem Wasserstoff. **H₂Switch100** in Hamburg/Harburg bereitet einen ganz gewöhnlichen, aber repräsentativen Netzabschnitt mit 16 Anschlüssen auf die Umstellung auf 100% Wasserstoff vor. Der Versuch wird nach Aufnahme der Produktion von Wasserstoff für Hamburg 2027 starten. In den Projekten soll abschließend herausgefunden werden, welcher Aufwand und welche Kosten mit einer Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff verbunden sind und ob es doch noch technische Hürden gibt. In den Projekten wird unter realen Bedingungen das erprobt, was in einigen Jahren der Normalfall sein sollte. Diese Projekte können als Blaupause für das weitere Vorgehen bei der Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff dienen. Vor dem Hintergrund dieses Wissensstands wird daher empfohlen, den Weg der Minimierung des Strombedarfs mit dem direkt-dezentralen Einsatz von Wasserstoff zu beschreiten. Mit der direkt-dezentralen Versorgung tritt eine Entlastung sowohl bei der Stromherstellung und -versorgung durch Sonne und Wind als auch bei den zur Absicherung einbezogenen Wasserstoffkraftwerken und ihrer Infrastruktur auf. Das nach der Umstellung der Netze auf Wasserstoff Brennstoffzellen-Heizgeräte einen weiteren Beitrag leisten (können), soll an einem Beispiel aufgezeigt werden.

Was bringt ein Einsatz von Brennstoffzellen-Heizgeräten?

Beispiel:

- BZ-Heizgerät mit 1,0 kW thermisch / 0,7 kW elektrisch
- jährlich ca. 8.000 kWh thermisch / ca. 6.000 kWh elektrisch
- jährlicher Durchschnittsbedarf in 4-Personenhaushalten: ca. 18.000 kWh therm. / ca. 4.000 kWh elektr.

Folgerung: Mit einem richtig ausgelegten und ausgestatteten BZ-Heizgerät werden Haushalte bei Anschluss an das Wasserstoffnetz so gut wie zu Selbstversorgern. Das kann zukünftig millionenfach geschehen

PP-Folie 10

Für den Betrieb in Ein- und Zweifamilienhäusern sind Brennstoffzellen-Heizgeräte leistungsmäßig so ausgelegt, dass sie in etwa die durchschnittlichen Jahresbedarfe an Wärme und Strom für diese Wohnungen liefern. Statistisch sind das bei 2-Personen Haushalte für Strom 2.400 kWh und für Wärme bei 80 m² Wohnfläche 17.000 kWh. Der durchgängige Betrieb des gängigen Brennstoffzellen-Heizgerätes eines deutschen Herstellers mit den Leistungsdaten 0,7 kW elektrisch und 1,0 kW thermisch schafft jährlich ca. 6.000 kWh Strom und um die 8.000 kWh Wärme. Für Spitzenanforderungen steht zusätzlich ein H₂-Brennwertmodul zur Verfügung. Die genannten Leistungen sind Größenordnungen, die auf den ersten Blick erkennen lassen, dass mit Brennstoffzellen-Heizgeräten ausgestattete Wohnungen energetisch so gut wie autark sind. Sie versorgen sich CO₂-frei nicht nur mit Wärme, auch der üblicherweise aus dem Netz erforderliche Strom für elektrische Geräte, fürs Kochen und für die Beleuchtung fällt in eigener Produktion an. Überschüssiger Strom wird sogar noch gespeichert oder eingespeist. Das Beispiel zeigt, dass jedes installierte Brennstoffzellen-Heizgerät zur Diversifikation von Wärme und Strom beiträgt.

Dass bei der Wandlung der Energieform Verluste auftreten, ist bekannt. Wie es sich damit beim direkten und indirekten Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich verhält, zeigt die folgende Gegenüberstellung.

Der Vergleich der Einsatzarten von Wasserstoff

Indirekter Einsatz von Wasserstoff

- Grüner Strom wird aus Sonne und Wind erzeugt
- Grüner Wasserstoff wird aus grünem Strom hergestellt
- Mit grünem Wasserstoff wird erneut klimaneutraler Strom erzeugt
- Strombetriebene Wärmepumpen stellen Wärme zur Verfügung

Direkt-dezentraler Einsatz von Wasserstoff

- Grüner Strom wird aus Sonne und Wind erzeugt
- Grüner Wasserstoff wird aus grünem Strom hergestellt
- Heizungsanlagen vor Ort stellen mit grünem Wasserstoff Wärme und klimaneutralen Strom zur Verfügung

PP-Folie 11

Die Erstellungs- bzw. Wandlungsschritte (1) und (2) sind in allen Einsatzfällen identisch, ab (3) sind im Fall der direkten Verwendung keine weiteren Wandlungsstufen des grünen Wasserstoffs erforderlich, was insbesondere bei dem direkt-dezentralen Vorgehen viel an Aufwand und Kosten spart. Zu Schritt (1) soll ruhig noch einmal bestätigt werden: Es ist unbestritten, dass der so zur Verfügung stehende Strom für die Nutzung optimal ist. Es ist aber genauso unumgänglich, mit den Schritten (2) und (3) Wasserstoff herzustellen und auf Vorrat zu halten. Auf (4) sollte verzichtet werden.

Der Vergleich der Vorgehensweise beim Einsatz von Wasserstoff zeigt, dass sich der direkt-dezentrale Weg technisch und ökonomisch geradezu aufdrängt. Das führt zu umfassenden Vorteilen, wie der nächsten Folie zu entnehmen ist.

Vorteile beim direkt-dezentralen Einsatz von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung:

- Die entwickelte und bewährte Infrastruktur von Erdgas kann (evtl. ertüchtigt und bei Bedarf tlw. erneuert) genutzt werden
- Intakte Heizungsanlagen in Millionen von Haushalten können nach der sozialverträglichen Umrüstung auf wasserstofffähige Wärmeerzeuger weiter betrieben werden
- Klimaneutral erstellter Strom kann in einem relevanten Umfang dezentral produziert, selbst genutzt oder ins Netz eingespeist werden
- Die Zahl der geplanten Wasserstoffkraftwerke und die dafür benötigte Infrastruktur kann geringer ausfallen
- Der Ausbau der Stromnetze kann angepasst werden
- Die Sicherheit und Regelbarkeit (Resilienz) der Energiewende wird durch Dezentralisierung verbessert

Folie 12

Zu all diesen Vorteilen kann man kommen, wenn direkt-dezentral vorgegangen wird. Dann gibt es für viele der derzeit ca. 10 Mio. Heizungsanlagen auf der Basis Erdgas eine sozialverträgliche Alternative zur klimaneutralen Umstellung. Etwas, was ganz dringend benötigt wird.

Das Fazit zu den möglichen Einsätzen von Wasserstoff im Wärmebereich lautet:

Fazit zum Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich:

- Der indirekte Einsatz ist auf das erforderliche Maß **zu minimieren**
- Der direkt-zentrale Einsatz sollte begründet die **Ausnahme bleiben**
- Der direkt-dezentrale Einsatz ist **umfassend auszubauen**

PP-Folie 13

Nach der Betrachtung des I. Teils, wie Wasserstoff im Wärmebereich eingesetzt werden kann bzw. sollte, wenden wir uns nun dem II. Teil mit der Frage nach dem erforderlichen Qualifizierungsbedarf für SHK-Anlagenmechaniker/innen zu.

II. Qualifizierungsbedarfe

Beim indirekten und direktzentralen Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich

Sowohl

- beim **indirekten** Einsatz von Wasserstoff zur Stromerzeugung zum Heizen als auch
- beim **direkt-zentralen** Einsatz von Wasserstoff zur Wärmeerzeugung für Wärmenetze

gilt:

Für Anlagenmechaniker/innen entsteht so gut wie kein Qualifizierungsbedarf

PP-Folie 14

Wenn es so bleibt, dass die Wärmeerzeugung und -versorgung über die Stromproduktion durch Wasserstoffkraftwerke und durch Wasserstoffheizkraftwerke über Wärmenetze erfolgt, entsteht für Anlagenmechaniker/innen in Bezug auf Wasserstoff so gut wie kein Qualifizierungsbedarf. Die Betreiber der Wasserstoffkraftwerke -unabhängig davon, ob primär Strom oder Wärme erzeugt wird - werden allerdings Personal zum Betrieb der Anlagen benötigen, das mit Wasserstoff umgehen kann. Dabei kann in beiden Fällen an Erfahrungen mit Erdgaskraftwerke angeknüpft werden. Es ist nicht

erkennbar, dass traditionelle Heizungsbetriebe dabei einbezogen sein werden. Und dennoch müssen Anlagenmechaniker/innen vor allem auf das Heizen mit Strom reagieren, in dem sie sich für Planung, Installation und Betrieb von Wärmepumpen qualifizieren; ein Vorgang, der aber bereits im vollen Gange ist. Und auch mit Übergabestationen werden sie mehr als bisher zu tun haben.

Da es zunehmend und berechtigt zum Heizen mit Wärmepumpen und auch zu industriellen Anwendungen kommt, muss es für das dadurch bedingte Mehr an Strom den Back-up-Betrieb von Wasserstoffkraftwerken geben. Er kann allerdings umso geringer ausfallen, wie ein dezentraler Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich gewollt ist und zugelassen wird.

Das Fazit zum Qualifizierungsbedarf beim indirekten und direkt-zentralen Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich lautet: Es entsteht lediglich ein Qualifizierungsbedarf für das in den Kraftwerken und der dafür erforderlichen Infrastruktur benötigte Personal. Der Qualifizierungsbedarf für SHK-Anlagenmechaniker/innen ist fachlich nicht anders zu deuten als bisher schon im Kontext von Wärmepumpen und Fern- und Nahwärme.

Qualifizierungsbedarf für Anlagenmechaniker/innen beim direkt-dezentralen Einsatz von Wasserstoff

Kommt Wasserstoff zum **direkt-dezentralen** Einsatz im Wärmebereich, dann sind 2 Phasen bei der Entwicklung der Qualifizierungsbedarfe zu unterscheiden:

- Die H₂-ready-Phase bis zur Umstellung auf 100% Wasserstoff
- Die Möglichkeiten für Wasserstoff nach der Umstellung der Netze

PP-Folie 15

Für Anlagenmechaniker/innen ist die Entwicklung des direkt-dezentralen Einsatzes von Wasserstoff von entscheidender Bedeutung. Kommt es dazu, dann ergeben sich in den nächsten 20 Jahren neue Herausforderungen. Dabei sind 2 deutlich unterscheidbare Phasen zu kennzeichnen. Da ist zum einen die H₂-ready Phase und zum anderen der darauffolgende Wasserstoffbetrieb nach Umstellung der Netze.

Die H₂-ready-Phase bis zur Umstellung auf 100% Wasserstoff

Die H₂-ready-Phase beginnt mit der Ankündigung des Einsatzes von Wasserstoff in den noch zu erstellenden Wärmeplänen und läuft bis zur Umstellung der Erdgasnetze auf Wasserstoff. Zu H₂-ready und 100% H₂ gibt es Darstellungen und Aussagen von Herstellern, von denen wir uns beispielhaft einige ansehen.

H2DIREKT HEIZEN MIT 100% H2

Vaillant gewinnt exklusiv den größten deutschen Feldtest



Energienetze Bayern



ESB
ENERGIE SÜDBAYERN



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



thega



Fraunhofer



Leitprojekt
TransHyDE

Projektsumfang

- Deutschlandweit erste Umsetzung einer Endkundenversorgung mit 100% Wasserstoff
- Separate Versorgung mit 100% grünem H2
- **10 Haushalte** aus dem Bestandsbau
- **1 Gewerbekunde**

Projektziel

- Demonstration erneuerbare Wärmeversorgung mit Wasserstoff (Nutzung für politische Meinungsbildung)
- zukünftige Nutzung der Gasnetze aufzeigen
- Nachweis der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Wasserstoff
- Erarbeitung eines allgemeinen Leitfadens
- **H2Direkt schafft eine Basis für die Wasserstoff-Transformation der Verteilnetze in Deutschland**



H2Direkt CO₂ neutral

Wasserstoff



PP-Folie 16

Die Machbarkeit des dezentralen Einsatzes von Wasserstoff im Wärmebereich wird durch wasserstofffähige Produkte unter dem Titel „H2-ready“ demonstriert und belegt. Seit Jahren werden wasserstofffähige Geräte entwickelt, erprobt und Erfahrungen gesammelt. Die Projektziele von H2Direkt sind der Folie zu entnehmen.

100% H2-BRENNWERTGERÄT

Neues H2-Brennwertgerät

➤➤➤ Vorteile eines 100 % H2-Brennwertgeräts

- **Null CO₂-Emissionen** dank 100% H2-Nutzung
- Ähnlicher Wirkungsgrad wie bei den heutigen Erdgas-Geräten
- Arbeitet mit **Heizkörpern und Fußbodenheizungen** bei ähnlichen Heiztemperaturen wie die heutigen Geräte
- **Gleiche Abmessungen** wie die aktuellen Geräte
- Keine großen Unterschiede im Installationsaufwand oder in den Fähigkeiten unserer professionellen Partner
- Ideal für die **Modernisierung im Ein- und Mehrfamilienhaus**, auch als Hybridsystem





PP-Folie 17

Die Folie von Vaillant zeigt, dass wasserstofffähige Wärmeerzeuger eine große Ähnlichkeit mit bisherigen Geräten aufweisen, was durchgängig gilt. Die Vorteile dieser Geräte sind aufgelistet. Dass die Entwicklung von Brennwertgeräten für den Betrieb mit 100% Wasserstoff fortgeschritten ist, wird von mehreren Herstellern bestätigt. Bei Bosch heißt es: „Ziel ist, dass die zukünftigen Geräte mit wenigen Handgriffen einfach und schnell vom Betrieb mit Erdgas oder Erdgas-/Wasserstoff-

Gemischen auf reinen Wasserstoff umzustellen (sind)“. Vaillant macht in Hinblick auf Umrüstzeiten zum Einbau und zur Nutzung von 100% H2-Brennwertgeräte folgende Angaben:

- 8 h beim Umbau einer Altanlage auf 100% H2-Brennwertgerät
- 0,5 h beim Energieträgerwechsel auf 100% Wasserstoff

Insgesamt überschaubare Werte bei energieeffizienter Nutzung.



PP-Folie 18

Die Darstellung von Vaillant unterstreicht, dass sich die Umstellung auf Wasserstoff-Wärmeerzeuger recht einfach gestalten wird. Mit der grundsätzlichen Verwendbarkeit des vorhandenen Erdgasnetzes und der Erdgasspeicher sind daher gute Voraussetzungen und Bedingungen für Wasserstoff im Wärmebereich gegeben.

Für die H2-ready-Phase stellt sich der zukünftige Qualifizierungsbedarf als unspektakulär dar. Die meisten Veränderungen werden von den Herstellern und Projektträgern bei der Entwicklung von H2-ready-Geräten und -Bauteilen so berücksichtigt, dass i.d.R. das Umdenken und der Umstieg von Erdgasanlagen zu Wasserstoffkomponenten leichtfällt.

In der H2-ready-Phase sind wasserstoffbezogene Qualifizierungen erforderlich in Hinblick auf

- Absperreinrichtungen
- Gasdruckregler
- Strömungswächter
- Thermische Absperreinrichtungen
- Gaszähler
- Gasleitungen
- Gasverbindungstechniken
- Gasgeräteabsperrrmaturen
-

PP-Folie 19

Wie es nach der Umstellung der Netze auf Wasserstoff wirklich kommt, ist spekulativ. Es äußert sich kaum jemand dazu, ob und wie in Zukunft mit Brennstoffzellen-Heizgeräten geplant wird. Welche Vorteile der Umstieg auf Brennstoffzellen-Heizgeräte bringen könnte, ist bekannt. Kommen Brennstoffzellen-Heizgeräte, werden damit Qualifizierungsanforderungen verbunden sein, die neu dazu kommen und die die H2-ready-Anforderungen ergänzen. Allerdings gilt auch hier, dass gerätetechnisch bereits Erfahrungen aus der bisherigen Praxis mit Brennstoffzellen-Heizgeräten auf der Basis von Erdgas vorliegen.

Die Möglichkeiten für Wasserstoff nach der Umstellung der Netze - Von der Verbrennung zu elektrochemischen Prozessen

- Was Verbrennungsvorgänge betrifft, sind die Qualifikationsanforderungen aus der H2-ready-Phase bekannt und weiterhin gültig
- Anforderungen durch Brennstoffzellen-Heizgeräte sind den Herstellern bekannt. Entsprechende Qualifikationen können vermittelt werden. Welche Erfahrungen im BTZ Osnabrück mit BZ-Heizgeräten gemacht wurden, wird im nächsten Beitrag berichtet.

PP-Folie 20

Nach der Umstellung der Netze auf Wasserstoff ist aufgrund des unschlagbaren Wirkungsgrades der Brennstoffzellen-Heizgeräte von bis zu 96% bei gleichzeitiger Bereitstellung von Wärme und Strom ein Übergang vom Verbrennungsprozess auf elektrochemische Verfahren zu erwarten. Wenn die

Netze auf Wasserstoff umgestellt sind und Wasserstoff dem Wärmebereich zur Verfügung steht, wird daher auch die Brennstoffzellentechnologie wieder in den Blick geraten. Dann ist es so weit, dass eine längere Forschungs- und Entwicklungsphase doch noch zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht werden kann: Bis vor etwa 10 Jahren wurde intensiv zu Brennstoffzellen geforscht. Im Callux-Projekt wurden erste Brennstoffzellen-Heizgeräte entwickelt, erprobt und in den Markt gebracht. Ohne eine Wasserstoffversorgung blieb das Angebot bisher allerdings ein Nischenthema. Das sollte sich mit der Wasserstoffversorgung ändern. Heizen mit Wasserstoff muss dann nicht mehr traditionell im Verbrennen bestehen, sondern kann elektrochemisch zur gleichzeitigen Produktion von Wärme und Strom führen, was eine ausgesprochen hohe Energieeffizienz ergibt.

Nach der Umstellung auf Wasserstoff und den Einbezug von Brennstoffzellen-Heizgeräten wird sich der Qualifizierungsbedarf entsprechend steigern.

In Hinblick auf die Umstellung der Netze kann das Jahr 2032 besonders interessant werden: Dann soll der Ausbau von grünem Strom und der Infrastruktur für grünen Wasserstoff so weit sein, dass eine Entscheidung zur Umstellung der Netze auf Wasserstoff auf der politischen Tagesordnung stehen kann. Damit das dann auch geschieht, ist der Einsatz von Wasserstoff in den Wärmeplänen zu verankern.

Ich komme zum Schluss meines Vortrags.

Zusammenfassung und Ausblick:

1. Die kommunalen Wärmepläne werden entscheiden, ob und wie Wasserstoff im Wärmebereich zum Einsatz kommt
2. Wird Wasserstoff nur **indirekt** zur Erzeugung von Wärme verwendet, entsteht für Anlagenmechaniker/innen so gut wie kein wasserstoffbezogener Qualifizierungsbedarf
3. Auch die **direkt-zentrale** Verwendung von Wasserstoff im Kontext von Wärmenetzen stellt an Anlagenmechaniker/innen keine Wasserstoff-Qualifikationen
4. Kommt es zum **direkt-dezentralen** Einsatz von Wasserstoff, stellen sich sowohl in der H₂-ready-Phase als auch nach der Umstellung der Netze entsprechende Qualifizierungsbedarfe ein.

Generell gilt, dass es sowohl für den Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich als auch für die Qualifizierung der Fachkräfte gute Voraussetzungen und Bedingungen gibt.

Die Branche sollte sich dafür stark machen.

PP-Folie 21

Was die Entwicklung des Qualifizierungsbedarfs beim Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich betrifft, ist diese in hohem Maße davon abhängig, welche der aufgezeigten Einsatzvarianten für Wasserstoff – zentral als Back-up bzw. zur Produktion von Wärme für Wärmenetze oder dezentral zur direkten Erzeugung der Wärme vor Ort (und auch Strom) – zum Tragen kommt. Dabei sind in Hinblick auf Qualifikationsanforderungen für SHK-Anlagenmechaniker/innen die Varianten indirekte sowie direkt-zentrale Nutzung von Wasserstoff ohne Relevanz, während der direkt-dezentralen Nutzung große Bedeutung zukommt.

Für SHK wird es in der Zukunft nur dann in einem wesentlichen Umfang zu neuen fachlichen Anforderungen kommen, wenn Wasserstoff im Wärmebereich dezentral zur direkten Erzeugung von Wärme vor Ort eingesetzt wird. Wenn Wasserstoff dafür zur Verfügung steht, ist die Entwicklung des

Qualifizierungsbedarfs ein Prozess, der zum einen von den Anforderungen bis zur Umstellung des Netzes von Erdgas auf Wasserstoff (die H₂-ready-Phase) geprägt sein wird. Zum anderen könnte danach neben Verbrennungsvorgängen zunehmend Wasserstoff auf elektrochemischen Wegen zur Erzeugung von Wärme und Strom eingesetzt werden. Damit das möglich werden kann, kommt es bei der Erstellung der Wärmepläne darauf an, dass der direkt-dezentrale Einsatz von Wasserstoff im Wärmebereich Eingang in kommunale Wärmepläne findet; nur dann wird sich ein wasserstoffbezogener Qualifizierungsbedarf für SHK ergeben.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Rückfragen und Kontakte: fpbhoppe@uni-bremen.de