

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE
FRAUNHOFER INSTITUT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT UND ENERGIESYSTEMTECHNIK IEE

ERSTE ABLEITUNGEN AUS DER „BOTTOM-UP STUDIE ZU PFADOPTIONEN EINER EFFIZIENTEN UND SOZIALVERTRÄGLICHEN DEKARBONISIERUNG DES WÄRMESEKTORS“ MIT BLICK AUF DIE KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG UND DIE ROLLE VON WASSERSTOFF

Zwischenbericht zum Projekt Bottom-Up Studie zu Pfadoptionen einer effizienten und sozialverträglichen Dekarbonisierung des Wärmesektors im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrates

ZWISCHENBERICHT ZUM PROJEKT BOTTOM-UP STUDIE ZU PFADOPTIONEN EINER EFFIZIENTEN UND SOZIALVERTRÄGLICHEN DEKARBONISIERUNG DES WÄRMESEKTORS IM AUFTRAG DES NATIONALEN WASSERSTOFFRATES

Sebastian Herkel, Matthias Lenz, Dr. Jessica Thomsen

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
in Freiburg
Fraunhofer Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE
in Kassel

Projektnummer: ZP6H5C
Datum: 24.06.2022

Die Fraunhofer-Gesellschaft führt im Auftrag des Nationalen Wasserstoffrates eine Studie durch, die auf Basis lokaler Gegebenheiten an vier Fallbeispielen (Bottom-Up) Pfad-Optionen für eine effiziente Dekarbonisierung des Wärmesektors aufzeigen soll und dabei die Rolle des Wasserstoffs in einer klimaneutralen Wärmeversorgung bis 2045 untersucht. Dabei lassen sich erste Aussagen im Hinblick auf die kommunale Wärmeplanung treffen, die ein zentrales Instrument für die Transformation des Wärmemarktes darstellen sollte.

Für die erfolgreiche Transformation der Wärmeversorgung sind Vor-Ort-Analysen zwingend erforderlich, da eine energiesystemanalytische Betrachtung auf nationaler Ebene nicht alle lokalen Anforderungen und Restriktionen berücksichtigen kann. Diese lokale Analyse ist – das hat die Studie bisher klar verdeutlicht – aufgrund der Vielzahl an Einflussparametern hoch komplex, trifft auf Schwierigkeiten bei der Datenbeschaffung und benötigt Zeit. Bis diese Analysen vorliegen, sind allgemeine politische Schlussfolgerungen zum Beispiel zur zukünftigen Rolle von Gasverteilnetzen ohne wissenschaftliche Grundlage nicht zielführend.

Bei einer Einführung von verpflichtenden kommunalen Wärmeplänen sollten zum jetzigen Zeitpunkt keine Technologieoption ausgeschlossen werden, insbesondere die Belange der in der Fläche auf Prozesswärme und teilweise auf Prozessgase angewiesenen Industrie- und Gewerbebetriebe sind zu beachten. H₂ wird in der Prozesswärme eine wichtige Rolle spielen.

Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Bedarfe der Industrie und der Kraftwerke vor Ort ohne den Erhalt der hierfür notwendigen Gasverteilnetze und deren Umstellung auf H₂ schwer zu decken sind. Die Weiternutzung nicht betroffener Netzgebiete ist detailliert und im Einzelfall vor-Ort zu prüfen, der Einsatz von H₂ zur Raumwärmeerzeugung hängt von den lokalen Gegebenheiten ab. Die Fertigstellung der kompletten Studie ist für Herbst 2022 geplant.

Im vergangenen Jahr wurden von unterschiedlichen Einrichtungen wissenschaftliche Studien zur Transformation des gesamten Energiesystems entlang der neuen, politisch gegebenen Klimaschutzziele mit dem Ziel des Erreichens von Klimaneutralität im Jahr 2045 durchgeführt¹. In Bezug auf die Wärmeversorgung gelangen alle Studien zu einer Zunahme der direkten Stromnutzung in Verbindung mit elektrischen Wärmepumpen, allerdings in unterschiedlichem Umfang. Entsprechend resultiert eine gewisse Bandbreite möglicher Lösungen, die einen Mix unterschiedlicher Technologieoptionen beinhalten.

Insbesondere der Beitrag von Verbrennungskesseln, die mit Netz-gebundenem Wasserstoff betrieben werden, schwankt erheblich. Diese Bandbreite spiegelt sich auch im politischen Diskurs wider.

Die Transformation der Wärmeversorgung als Teil der Energiewende ist hochkomplex und zeichnet sich aus unterschiedlichsten Gründen durch viele Unsicherheiten und umfangreiche Herausforderungen aus. Insbesondere erweist sich, dass die Ergebnisse von Top-Down-Studien nicht das volle Spektrum von Entscheidungskriterien, Zielsetzungen und ökonomischen Randbedingungen widerspiegeln können, die in der Realität vor Ort für die einzelnen Akteure und Entscheidungsträger relevant und handlungsleitend sind. Im Wärmesektor sind hier insbesondere die lokalen Infrastrukturen, die Vielfalt der Gebäudestruktur und die Nachfrage- und Nutzerstruktur entscheidende Aspekte, die in ihrer Ausprägung deutlich vielfältiger sind als dies in den Top-Down-Analysen berücksichtigt werden kann. Die Nutzung gasförmiger Energieträger in Form von Wasserstoff kann vor diesem Hintergrund in konkreten Fällen einen wichtigen Lösungsbeitrag für die zukünftige Wärmeversorgung darstellen. Insbesondere das grundsätzliche Vorhandensein der notwendigen Infrastruktur stellt dabei die entscheidende Grundlage dar für einen schnellen und effektiven Transformationsprozess. Die Betreiber der Infrastruktur, insb. die Netzbetreiber, benötigen Klarheit hinsichtlich ihrer Investitionsmaßnahmen sowie Instandhaltungs- und Erneuerungsstrategien um den Transformationsprozess aktiv mitgestalten zu können.

Die im Rahmen der durch den Nationalen Wasserstoffrat beauftragten Studie durchgeführten ersten Rechnungen für konkrete Fallbeispiele stützen die hier getroffenen Aussagen und legen die Schlussfolgerung nahe, dass es zum jetzigen Zeitpunkt keine belastbare Begründung dafür gibt, die Option der Umnutzung von Gasverteilnetzen zur Wasserstoffnutzung für die Beheizung von Einzelgebäuden generell und für alle gegebenen Einzelfälle auszuschließen.

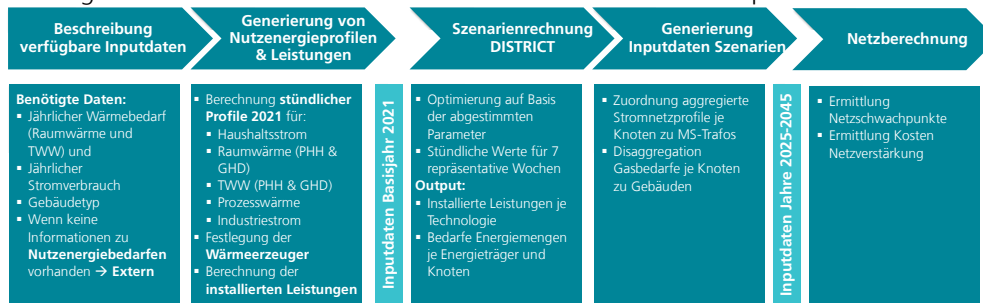
Mit der kommunalen Wärmeplanung, wie sie bereits in einigen Bundesländern eingeführt wurde und die nun bundesweit eingeführt werden soll, steht ein sehr gutes Instrument zur Verfügung, um die lokale Umsetzung der Wärmewende im konkreten Einzelfall unter Einbeziehung aller relevanten Aspekte abzustimmen und zu optimieren. Die Ausgestaltung dieses Instrumentes ist deshalb von zentraler Bedeutung für eine konsistente Dekarbonisierungsstrategie des Wärmesektors.

¹ „Big Five“ (Ariadne, DENA, BDI, Agora, Langfristszenarien)

Ziel der Studie

Aufgrund der Bandbreite der Einschätzungen zu Entwicklungspfaden der Kosten und Preise von unterschiedlichen Energieträgern und der oben beschriebenen Differenz zwischen lokaler Situation und Top-Down Lösungspfaden, hat die Bottom-Up Studie zum Ziel, unter Berücksichtigung lokaler Infrastrukturen, geografischer Lage und dem dort existierenden Gebäudebestand für vier Versorgungsgebiete Transformationspfade hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung zu bewerten und die Abhängigkeiten der Transformationspfade von bestimmten lokalen Charakteristika zu analysieren. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Fragestellung, welche Technologien in der Raumwärme unter Einbezug der Sanierungs- und Infrastrukturkosten den günstigsten Versorgungsmix bereitstellen können.

Die folgende Grafik stellt den methodischen Ansatz der Bottom-up-Studie dar:



Erste Ergebnisse und Empfehlungen für die kommunale Wärmeplanung

Bottom-Up Studie zeigt Komplexität des Wärmemarktes bei lokaler Betrachtung und Notwendigkeit von Vor-Ort-Analysen

- Eine One-Size-Fits-All-Lösung existiert für den Wärmemarkt nicht, da es innerhalb der vorhandenen Infrastrukturen, der Gebäudebestände und Kundenanforderungen an ihre Wärmeversorgung eine große Bandbreite und damit eine Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten gibt, die in allgemeinen Lösungen aus Top-Down-Ansätzen nicht in Gänze widerspiegelt werden können.
- Die kommunale Wärmeplanung ist ein zentrales Instrument, um lokale Gegebenheiten und damit relevante Einflussfaktoren für den Wärmemarkt zu adressieren, die in einem sog. „Top-Down“ Ansatz nicht berücksichtigt werden können.
- Aus der Studie lässt sich ableiten, dass bei der Erstellung von kommunalen Wärmeplänen einheitliche Rahmenbedingungen zu technischen (z.B. Entwicklung von Jahresarbeitszahlen, Temperaturniveaus, CO₂-Emissionsfaktoren für die verschiedenen Energieträger) und ökonomischen Randbedingungen (z.B. Entwicklung von Energieträgerpreisen, Technologie- und Infrastrukturkosten), die in die Berechnung der dezentralen Wärmegestehungskosten eingehen, als Vorgaben fixiert und regelmäßig aktualisiert werden sollten. Hierbei ist es sinnvoll, Bandbreiten zur Abbildung von Unsicherheiten zu berücksichtigen.

Lokale Ausgangssituation entscheidet über geeigneten, effizienten Dekarbonisierungspfad

- Der bisherige Erfahrungsgewinn aus der Bottom-Up Studie zeigt, dass der Lösungsraum maßgeblich von den benötigten Temperaturniveaus der Wärmenachfrage und der Verfügbarkeit lokaler Wärmequellen bestimmt wird. Daher ist eine genaue Kenntnis dieser Gegebenheiten unabdingbar und sollte bei einer kommunalen Wärmeplanung mit den entsprechenden Ressourcen (sowohl finanziell als auch personell) versehen werden, um die notwendige Datenerhebung zu gewährleisten. Für die Erhebung der Wärmenachfragen, Bestandsanlagen, Potenziale für Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärmepotenziale bedarf es zudem eines standardisierten Vorgehens, um eine verlässliche Grundlage für die kommunale Wärmeplanung zu gewährleisten.
- Ein entscheidender Faktor für die Umrüstung eines Gasverteilnetzes auf H₂ ist die aktuelle und zukünftige Nachfrage nach Prozesswärme bzw. Prozessgasen. Dies erweist sich insofern als ein erster zentraler Anhaltspunkt in Bezug auf die Weiternutzung der Gasinfrastruktur und somit auch als relevante Fragestellung in Bezug auf die möglichen Alternativen für die im gleichen Gebiet vorhandenen Wohngebäude. Sofern also eine Nachfrage aus Gewerbe/Industrie gegeben ist, stellt sich die Versorgungsfrage auch für die dort vorhandenen Wohngebäude in anderer Weise, als wenn dem nicht so ist. Dies ist ein relevanter Grund warum Pauschalaussagen nicht zielführend sind.

Im weiteren Verlauf der Studie wird geprüft inwieweit H₂ für Wohngebäude in Versorgungsgebieten ohne oder mit geringem Industrie-/Gewerbeanteil eine effiziente Dekarbonisierungsoption darstellt.

- Im Sinne einer Risikominimierung in Bezug auf die Zielerreichung sollten bei der Prognose des Rückgangs der Wärmebedarfe durch Gebäudesanierung nicht zu hohe Werte zugrunde gelegt werden, um ggf. auf Seite der Wärmedarbietung nachzusteuern.

Bündel an Technologieoptionen für eine erfolgreiche Wärmewende notwendig – Hauptlösungen: Wärmepumpe, Wärmenetze, EE-Wärme und Wasserstoff

- Transformationspfade müssen alle wesentlichen Technologien - sowohl Wärmepumpen (WP) auf Basis EE-Strom, Fernwärme, Geothermie, Solarthermie, Biomasse und nicht vermeidbare Abwärme, Wasser-/Abwasserwärme, als auch H₂ basierte Strom- und Wärmeerzeuger – als mögliche Lösungsoption beinhalten, um für die lokal/regional sehr unterschiedlich ausgeprägten Versorgungsaufgaben auf Basis der lokalen/regionalen Verfügbarkeiten und Netztopologien unter Einbeziehung aller Gesichtspunkte zu bestmöglichen Lösungen zu gelangen.
- H₂ ist neben erneuerbarem Strom wesentlicher Bestandteil der Dekarbonisierung des Wärmemarktes und insbesondere in der industriellen Prozesswärme unabdingbar.
- Ein schneller Zubau von WP in Neubauvorhaben und Bestandsgebäuden zur Versorgung von Wärmenachfragen ist für die Einhaltung der Klimaziele bis 2030 elementar.

Netzgebundene Versorgung mit H₂ ist ein wichtiger Baustein zur Erreichung der mittel- und langfristigen Klimaziele

- Um die Klimaziele im Wärmemarkt mittel- und langfristig erreichen zu können, wird H₂ sowohl in Fernleitungs- als auch in den Verteilnetzen eingesetzt zur Deckung von Bedarfen der Industrie und zur gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom in der Fernwärme.
- Es ist für jedes Gasnetz differenziert zu prüfen, ob ein Teil davon - und wenn ja welcher - für die H₂-Versorgung der Industrie-/Gewerbekunden bzw. die Fernwärmeerzeugung benötigt wird.
- Die Option H₂ sichert das Erreichen der mittel- (ab 2030) und langfristigen Klimaziele in der Industrie und Energieerzeugung (Fernwärme) ab und erweitert den Lösungsraum für die Dekarbonisierung der privaten Haushalte. Hierfür ist ein bedarfsgerechter Aus- bzw. Umbau der notwendigen Infrastrukturen zwingend erforderlich. Die Versorgung von Wohngebäuden mit H₂ darf nicht prinzipiell ausgeschlossen werden und sollte im Lösungsraum erhalten bleiben.

Die Ergebnispfade der Bottom-up-Untersuchungen zeigen die große Abhängigkeit von Annahmen in Bezug auf relevante Eingangsgrößen. Diese sind nicht einfach zu bestimmen, was sich auch an der großen Bandbreite der Einschätzungen sowohl seitens der beteiligten Stakeholder und beteiligten Fachexperten der Bottom-Up Studie im Hinblick auf die Entwicklung wichtiger Determinanten für die Rolle des Wasserstoffs zeigt. Diese Größen stellen zugleich auch relevante Randbedingungen einer kommunalen Wärmeplanung dar:

- Einschätzung der zu erwartenden Abnahme der Wärmebedarfe aufgrund von Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle zur Senkung des Wärmebedarfs.
- Einschätzungen zu erwartbaren Kostenentwicklungen und dem Zeitpunkt der lokalen Verfügbarkeit von leitungsgelassenem Wasserstoff. Dies trifft auch – wenn auch in geringerem Maße – auf die Einschätzung der Stromkosten sowie die Entwicklung der spezifischen Emissionen bei der Stromerzeugung zu.
- Einschätzungen zum Erfolg von Maßnahmen zur Beseitigung der fehlenden personellen Ressourcen im Fachhandwerk und dessen Auswirkung auf die Umsetzungsgeschwindigkeit einzelner Technologien sowie der Anpassung der erforderlichen Energieinfrastruktur.

Lessons Learned aus den vorläufigen Ergebnissen

- Die Ergebnisse sind hinsichtlich des Umfangs des Einsatzes von H₂ in dezentralen und zentralen Wärmeerzeugern stark abhängig von den unterstellten Preisannahmen des Wasserstoffs und des Stroms, die in den alternativen Wärmeerzeugungsanlagen zum Einsatz kommen.
- Lokale Randbedingungen wie Netztopologie aller drei Energieträger Fernwärme, Gase und Strom determinieren das Ergebnis, ihre Kenntnis ist unabdinglich.
- Die sichere Verfügbarkeit und Erschließbarkeit der lokalen Potenziale für Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien hat großen Einfluss auf die Ergebnisse. Daher sind diese mit großer Sorgfalt zu erheben.
- Gas-Verteilnetze müssen aufgrund ihrer Heterogenität dahingehend differenziert betrachtet werden, ob eine vollständige oder teilweise Umstellung von Erdgas auf Wasserstoff ohne Verschlechterung der Versorgungssicherheit möglich ist. Die Umstellung hängt von einer Vielzahl technischer Faktoren wie der Netztopologie und der Anzahl von Einspeisepunkten aus dem Hochdrucknetz ab, die im Einzelfall geprüft werden müssen.
- Eine Umstellung der bestehenden Gas-Verteilnetze auf Wasserstoff scheint in vielen Fällen prinzipiell möglich und der Einsatz von H₂ in Verteilnetzen (insb. Beimischung von H₂) wird schon heute unter realen Bedingungen erprobt. Die Einhaltung technischer Betriebsgrenzen und der H₂-Tauglichkeit von Betriebsmitteln muss individuell geprüft werden. Neben der technischen Machbarkeit sind bei der Umstellung der Gasnetze auf H₂ unter anderem ökonomische Kriterien zu prüfen sowie die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Es gibt aktuell zu wenige Daten zu den tatsächlichen Kosten der Umstellung auf H₂ und dem Betrieb von H₂-Netzen.

- Dezentrale erneuerbare Stromerzeuger können in Verbindung mit intelligenter Netzbetriebsführung und ggf. Einbindung von Speichern (Wärme, Strom) die zusätzliche Belastung durch elektrische Wärmeerzeuger zum Teil lokal ausgleichen und somit den Ausbaubedarf der elektrischen Verteilnetze signifikant reduzieren.
- Eine detaillierte Stromnetzanalyse ist aufgrund der unterschiedlichen Einflussfaktoren wie Elektromobilität und dem Einsatz von Wärmepumpen zwingend erforderlich, um Ausbaubedarfe frühzeitig zu erkennen und umzusetzen.

Herausforderungen der Bestandsanalyse

- Verbrauchsinformationen von privaten Haushaltskunden und Gewerbe, Handel und Dienstleistung sind bei Nutzung leitungsgebundener Energieträger i.d.R. gut über die EVU zu erfassen und abzubilden.
- Verbraucher nicht-leitungsgebundener Energieträger (Öl, Biomasse, Kohle, Flüssiggas) sind schwer zu erfassen und abzubilden, aber relevant, da regional sehr verschieden ausgeprägt. Hierfür bedarf es der rechtssicheren Nutzung bestehender Quellen (z.B. über Schornsteinfeger, Zensus), eines geeigneten Erhebungsformats (z.B. Energieausweiskataster) oder mindestens der Etablierung eines qualifizierten Abschätzverfahrens.
- Eine enge Zusammenarbeit mit Energieversorgungsunternehmen ist essenziell, insbesondere um die aktuelle Infrastruktur (Netztopologien, Kraftwerkspark) und Verbrauchsprofile - insbesondere von Großkunden - korrekt abzubilden.
- Eine enge Zusammenarbeit mit großen Verbrauchern ist wichtig, um deren Aus-, Um- bzw. Rückbaupläne für die Wärmeversorgung korrekt abzubilden. Kritisch ist hierbei der oftmals deutlich kürzere Planungshorizont der Unternehmen als derjenige der Kommunen. Daraus ergibt sich, dass vielfach keine oder nur sehr unsichere Pläne für die Wärmeversorgung bis 2045 abgeleitet werden können.
- Die Ausgangssituation des Gebäudebestands liegt in der Regel nicht räumlich hoch aufgelöst (Zensus 1*1 km) mit allen notwendigen Informationen vor. Teilweise können Informationen aus verschiedenen Stellen zusammengeführt werden (z.B. kommunale Statistik, Katasterinformationen, Zensus), was jedoch einen erheblichen Aufwand verursacht. Zu wesentlichen Auslegungsparametern für das Heizungssystem eines Gebäudes wie z.B. zum Sanierungszustand und den Systemtemperaturen liegen i.d.R. gar keine Informationen vor.
- Die Berücksichtigung des Wohnflächenwachstums stellt sich langfristig als sehr schwer prognostizierbar dar. Kleinere Neubaugebiete sind teilweise bis zum Zeithorizont 2045 noch nicht bekannt. Ebenso gibt es wenige bis keine Informationen zur Nachverdichtung (z.B. durch Schließen von Baulücken und Aufstockungen).
- Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit kommunaler Wärmeplanung einerseits und der großen Unsicherheit in Bezug auf den Istzustand und die mangelnde Datenverfügbarkeit andererseits sollte der Aufbau eines digitalen, nationalen Gebäuderegisters geprüft werden, um detaillierte Informationen zu Bauzustand und Versorgungstechnik des deutschen Gebäudebestands zu haben.

Herausforderungen der Potenzialanalyse

- Potenziale von Geothermie, Umweltwärme und Aufdach-Solarthermie sowie Aufdach-Photovoltaik lassen sich gut mit verfügbaren Daten und Verfahren abschätzen. Oberflächengewässer, Grundwasser und Tiefengeothermie lassen sich teilweise ebenfalls grob mit einfachen Verfahren abschätzen. Es bedarf jedoch i.d.R. detaillierter Analysen vor Ort zur Verifizierung.
- Abwärmepotenziale aus der Industrie sowie deren effiziente Nutzung sind i.d.R. den EVU und den Kommunen nicht bekannt. Die einzige Möglichkeit an diese wichtigen Informationen zu gelangen besteht i.d.R. durch direkte Befragung der Betriebe.
- Es sollte Klarheit über die Rolle von lokalen EE-Strom-Potenzialen – insbesondere Windkraft und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten zur Eigenversorgung größerer strombasierter Wärmeerzeuger – zur Berücksichtigung im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung geschaffen werden. Ebenso sollte Klarheit darüber bestehen, ob Biomassepotenziale auch wirklich lokal genutzt werden können oder aus der Region exportiert werden, um ggf. eine Doppelzählung zu vermeiden.
- Es fehlt an anerkannten Verfahren zur Abschätzung der technischen bzw. juristischen Limitierungen für den Einsatz bestimmter Wärmeerzeuger in eng bebauten Wohnlagen (wie z.B. Lärmschutz bei Luft-Wärmepumpen, Grundstücks-/Grünflächenverfügbarkeit für Erdsonden-Bohrungen, Immissionsschutz bei Biogas-KWK).