

Wärmebereitstellung in Privathaushalten – Lösungen für eine CO₂-freie Energiebereitstellung



IZES
Bernhard Wern
wern@izes.de

DBFZ
Dr. Volker Lenz
volker.lenz@dbfz.de

DLR
Evelyn Sperber
evelyn.sperber@dlr.de

GFZ
Dr. Ali Saadat
ali.saadat@gfz-potsdam.de

Fraunhofer IEE
Dr. Dietrich Schmidt
dietrich.schmidt@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE
Dr. Peter Engelmann
peter.engelmann@ise.fraunhofer.de

FZ Jülich
Dominik Hering
d.hering@fz-juelich.de

Dr. André Xhonneux
a.xhonneux@fz-juelich.de

ISFH
Dr. Federico Giovannetti
f.giovannetti@isfh.de

KIT
Dr. Ferdinand Schmidt
ferdinand.schmidt@kit.edu

UFZ
Matthias Jordan
matthias.jordan@ufz.de

Dr. Sebastian Strunz
sebastian.strunz@ufz.de

ZAE
Dr. Hans-Peter Ebert
hans-peter.ebert@zae-bayern.de

Einleitung

Der Ausbau regenerativer Wärme stagnierte 2010 bis 2018 bei einem Anteil von 11,5–13% am gesamten Wärmebedarf (BMWi 2019). Dabei entfielen 59% des Wärmebedarfes auf die niederkalorische Nutzung von Wärme in Privathaushalten, dies entspricht 32% des bundesdeutschen Endenergiebedarfes und ist somit eine relevante Größe der Energiewende (BMWi 2019).

Biomasse stellt mit 86% den Großteil der regenerativen Wärme (► vgl. *Abbildung 1*) und leistet somit bisher neben der Haussanierung den Hauptbeitrag für die Wärmewende.

Biomasse ist jedoch für alle Sektoren ein wichtiger Energieträger (vgl. z.B. Schlesinger et al. 2014 oder Fehrenbach et al. 2019), der viele Zwecke erfüllen muss, und zusätzlich auch verstärkt in der Bioökonomie nachgefragt werden wird.

Steigende Kosten der fossilen Wärmebereitstellung erhöhen dabei die Bereitschaft zur Wärmewende, wie Beispiele in Dänemark oder Schweden zeigen. Lag noch vor 15 Jahren der Richtpreis der OPEC pro Barrel Rohöl bei etwa 30 Dollar, so hat sich der Ölpreis – unter einigen Schwankungen – bis heute mehr als verdoppelt. Zusätzlich möchte die Bundesregierung durch eine CO₂-Abgabe im Rahmen des Klimapaketes fossile Energieträger auch im Wärmebereich verteuern. Deutschland steht also vor der Aufgabe, die künftige Wärmeversorgung unter den Notwendigkeiten des Klimaschutzes neu zu definieren.

Die Wissenschaft hat mit z.B. Schlesinger et al. (2014) gezeigt, wie die Wärmebereitstellung der Zukunft grundsätzlich aussehen könnte (Greenfield-Ansatz). Angesichts zu geringer Sanierungsraten im Gebäudebestand muss aber auch sie sich der Frage stellen, wie die Transformation hin zu einem ökologisch und wirtschaftlich tragfähigen System gesamtgesellschaftlich – damit verbunden ist die Frage der Akzeptanz – zu bewerkstelligen ist.

Der vorliegende Artikel zeigt vor diesem Hintergrund zunächst die mögliche Entwicklung der Wärmenachfrage und der Energieträger im Sektor der Privathaushalte auf. Dies erfolgt unter Berücksichtigung begrenzter Biomassepotenziale. Die Fragestellung hierbei ist, welche Ziele bis 2050 erreicht werden sollen und welche Herausforderungen dabei zu meistern sind.

Danach werden Lösungsmöglichkeiten der alternativen Wärmeversorgung beschrieben, um eine Auswahl verschiedener Technologien darzustellen, mit der die Wärmewende auch praktisch gelingen könnte. Im dritten Teil des Beitrages werden Schlussfolgerungen gezogen und weitere Forschungsbedarfe definiert.

Wärmenachfrage und Energieträger

Die Wärmenachfrage im Gebäudebereich muss durch eine gezielte Sanierung reduziert werden. In einer Studie für den BDI haben dabei Gebert et al. (2018) herausgearbeitet, dass bei einer Erreichung einer 95%-igen Reduktion der Treibhausgasemissionen auch der Gebäudebereich nahezu CO₂-neutral sein muss. Die Energieeinsparverordnung (EnEV) als Beispiel normativer Regelungen brachte zwar durch ambitionierte Energierichtwerte im Neubaubereich eine große Reduktion des Raumwärmebedarfs pro Kopf von durchschnittlich 200 kWh auf 150 kWh pro m² und Jahr in den letzten 20 Jahren. Gleichzeitig ist jedoch die Wohnfläche pro Kopf gestiegen, sodass sich durch diesen Rebound-Effekt der Raumwärmebedarf absolut wenig verändert hat.

► *Abbildung 2* zeigt wie sich künftig je nach Szenario der Endenergiebedarf des Gebäudesektors stark verringern soll.

Die verschiedenen Szenarien berechnen eine unterschiedlich starke Verringerung des derzeitigen Endenergiebedarfes von ca. 1.000 TWh auf 360–660 TWh im Jahr 2050, wobei ein verstärkter Einsatz von elektrischen Wärmepumpen (Strom) mit einer Verminderung des Endenergiebedarfs einhergeht.

In den Szenarioannahmen aller Studien, die auf eine 95%-Verringerung der THG-Emissionen gegenüber 1990 abzielen, ist unterstellt, dass Importe von Energieträgern eine große Rolle spielen.

In den meisten Studien stellt Strom (z.B. in Form von Wärmepumpen) den höchsten Anteil an der Energiebereitstellung.

Wärmenetze nehmen nur in einem Szenario (S95) eine sehr viel stärkere Bedeutung ein.

Die Anteile von Heizölen sind in den Szenarien grundsätzlich sehr gering, wohingegen der Anteil von Gasen (biogenen und fossilen) nach wie vor sehr



Abbildung 1
Entwicklung des Wärmeverbrauchs aus erneuerbaren Energien.
 Quelle: UBA auf Basis AGEE-Stat, Stand 02/2019

hoch ist. Eine Ausnahme stellen Szenarien dar, die auf eine verstärkte Strombereitstellung der Wärme zielen. Biomasse hat dagegen eine abnehmende Bedeutung, v.a. in den strombasierten Szenarien dieser beiden Studien. Die Autoren beschreiben dabei, dass eine 100%ige Wärmeversorgung mit Strom nicht zielführend ist.

Die bisher genannten Arbeiten betrachten Szenariensätze, bei denen alle Anlagen neu errichtet und somit je nach Optimierungsziel verschiedene Technologien eingesetzt werden (Greenfield Ansatz). Die Frage ist jedoch, wie sich eine bestehende Region mit ihren realen Gegebenheiten transformieren lässt hin zu diesen aus Gesamtsystemsicht optimalen Wärmeversorgungsoptionen. Hierzu haben Baur et al. (2016) für die Region Eifel und Trier in Rheinland-Pfalz eine Bottom-up-Analyse entwickelt. Ziel war es, die Möglichkeiten einer endogenen autarken Energieversorgung zu untersuchen. Ein Ergebnis war, dass trotz hoher Sanierungsanstrengungen die in der Region bereitstellbare erneuerbare Energie für den Wärmesektor insgesamt (Industrie, GHD und Privatgebäude)

nicht ausreicht; v.a. die Industrie braucht dabei die Biomasse in einem solchen Ausmaß, dass Privathaushalte ohne holzartige Biomasse in Einzelfeuerungen auskommen müssten. Jordan et al. (2019) kamen in einem nach Kosten optimierenden Modell v.a. bei hohen CO₂-Minderungszielen (minus 95%) in einer Betrachtung für ganz Deutschland für das Jahr 2050 zu ähnlichen Ergebnissen. Der „Wärme-Leistungsträger“ Biomasse muss also nach und nach ersetzt werden.

Die zweite Herausforderung bei der Betrachtung regionaler Daten ist, dass es Regionen mit hohen Anteilen von schlecht saniertem älterem Gebäudebestand an Hauptstraßen gibt. Gerade hier ist jedoch abgesehen von prosperierenden Großstädten auf Grund des niedrigen Mietzinses keine hohe Sanierungsquote zu erwarten (IZES 2017). Hier könnten Wärmenetze in Frage kommen, die jedoch in den letzten zehn Jahren einen eher verhaltenen Zubau hatten. Ein Zubau um den Faktor 6 bis 7 gegenüber dem heutigen Anstieg wäre notwendig, um gerade auch diese Quartiere zu versorgen (Gerhardt et al. 2019).

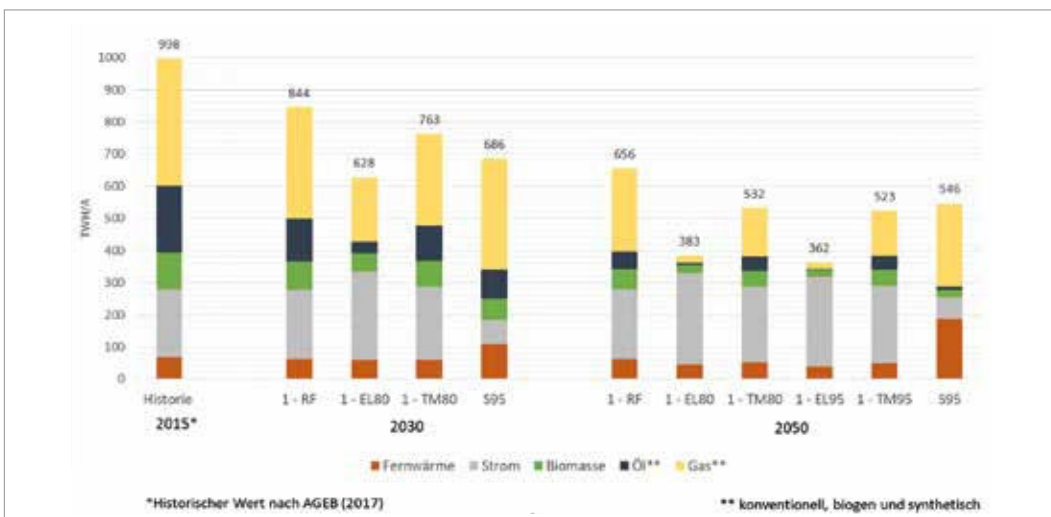


Abbildung 2
Künftiger Endenergiebedarf des Gebäudesektors nach Energieträger in TWh/a
 Quelle: Bründlinger et al. (2018) und Henning et al. (2019)

Es sollten somit – neben der immer zu überlegenden Dämmung der Gebäude – v.a. zielgerichtete erneuerbare Wärme-Lösungsansätze Berücksichtigung finden, die folgende Bedingungen erfüllen:

- möglichst technologieoffen
- dabei aber Biomasse möglichst nur in systemdienlicher Wärme-Kraft-Kopplung und zusammen mit anderen erneuerbaren Wärmequellen in Wärmenetzen einsetzen
- für Häuser mit einem niedrigen Wärmeverbrauch niederkalorische Anwendungen fokussieren
- bei einem hohen Wärmeverbrauch Sonderlösungen bereitstellen

Lösungsansätze einer nachhaltigen Wärmeversorgung

Die Grundlage einer nachhaltigen Wärmeversorgung ist eine umfassende, langfristige Wärmeplanung vor Ort. Anders als zum Beispiel in Dänemark ist die kommunale Wärmeplanung in Deutschland bislang kein integrativer Bestandteil der Raum- bzw. Bauleitplanung und fällt somit nicht in den Bereich der Daseinsvorsorge. In einigen Bundesländern (u.a. Baden-Württemberg, Berlin und Niedersachsen) wird dennoch aktuell bereits an Lösungen gesucht, um die kommunale Wärmeplanung zu institutionalisieren.

Wärmekataster

Einen Ansatz hierfür bieten sogenannte Wärmekataster oder auch Wärmealanten, die in unterschiedlichen Detaillierungsgraden sowohl auf Bundes-, Landes- als auch auf kommunaler Ebene aufgebaut worden sind. Ziel eines Wärmekatasters ist es, den Gebäudebestand wärme(bedarfs)seitig zu analysieren, um anschließend auf Grundlage der lokal vorhandenen Wärmeversorgungspotenziale (industrielle oder sonstige Abwärme, Solarthermie, Geothermie, Biomasse usw.) eine nachhaltige Versorgungsstrategie für einzelne Gebiete und Regionen zu entwickeln.

Ein weiteres Anwendungsgebiet des Wärmekatasters ist die Identifizierung von möglichen Sanierungsgebieten. Somit können die Ergebnisse des Wärmekatasters auch als Grundlage für die energetische Quartierssanierung in Städten und Gemeinden dienen. Forschungsvorhaben (u.a. Becker et al. 2018) arbeiten aktuell daran, Wärmekataster weiterzuentwickeln.

Energieversorgungskonzepte für Gebäude

Zukunftsfähig sind ebenso integrale nachhaltige Energieversorgungskonzepte für Gebäude, die neben der Wärmeversorgung auch den zukünftig steigenden Bedarf an Klimakomfort berücksichtigen.

Ein Beispiel ist die 2019 in Betrieb genommene Umweltstation der Stadt Würzburg. Hier wurde im Rahmen eines DBU-geförderten Projekts (DBU 2019) eine Kombination aus Solar-Luft-Kollektoren, Sole-Wasser-Wärmepumpe, PV-Anlage und zentralem Eisspeicher als Wärme- bzw. Kältereservoir installiert. Eine wesentliche Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb eines solchen Systems ist eine energieeffiziente Gebäudehülle.

Als ein Beispiel für eine Sanierung von Bestandsquartieren mit innovativen Lösungen kann der „Lagarde Campus“ in Bamberg dienen, wo eine Wärmeversorgungslösung u.a. mit einem Niedertemperaturnetz für Bestands- und Neubauten im Rahmen des Förderkonzepts Wärmenetzsysteme 4.0 realisiert wird (Kaiser und Loskam 2019).

Emissionsarme Einzelraumfeuerstätten (z.B. mit Blauem Engel) mit Wassertasche können des Weiteren – intelligent in die Gebäudewärmeversorgung mit Wärmepumpen integriert – dazu beitragen Strombedarfsspitzen im Winter (mehrere GW elektrischer Leistung) gezielt zu vermeiden und damit die die Stromnachfrage in einer Jahreszeit mit wenig PV-Einspeisung zu verringern.

In einem weiteren Beispiel wird auf dem Campus der Forschungszentrum Jülich GmbH im Zuge des „Living Lab Energy Campus“-Projektes ebenfalls ein Niedertemperaturnetz realisiert. In diesem Projekt wird Abwärme aus einem Supercomputer zu umliegenden Gebäuden verteilt und dort über Wärmepumpen zur Bereitstellung von Heizenergie genutzt. So soll ohne Renovierung der Primärenergiebedarf der Bestandsgebäude durch Abwärmeintegration gesenkt werden. (Hering et al. 2019)

Forschungsbedarfe

Neben diesen beispielhaften planerischen und technischen Lösungen müssen jedoch auch weitere Lösungen erarbeitet werden, da aus Sicht der Autoren die genannten Lösungen noch nicht ausreichen werden.

So sind derzeit 11,2 Mio. Holzeinzelfeuerungen in Wohnhäusern verbaut (ZIV 2018), die im Sinne des Klimaschutzes eigentlich nach und nach durch andere intelligentere Heizungsoptionen und -konzepte ersetzt werden müssten.

Eine andere Herausforderung stellt die Wohnungsgröße pro Einwohner dar, die vielfach aufgrund sich ändernder Lebensumstände zu hoch ist (z.B. Kinder ziehen aus). Somit gibt es v.a. auch in der Sozialforschung erheblichen weiteren Forschungsbedarf, der das Ziel hat, die Transformation zusammen mit den Bürgern zu gestalten.

Fazit

Der Anteil von erneuerbaren Energien im Wärmesektor stagniert seit Jahren auf einem niedrigen Niveau. Im Sinne der Ziele des Klimaschutzes sollten jedoch bis 2050 (fast) keine fossilen Energieträger mehr zur Wärmeversorgung eingesetzt werden. Dies stellt eine sehr hohe Herausforderung dar.

Technologische und planerische Lösungen wurden seitens der Wirtschaft und der Wissenschaft erarbeitet:

- Einige Quartiere könnten durch moderne „niederkalorische“ Wärmenetze z.B. mit Sonnenwärme versorgt werden.
- Bessere Wohnlagen mit jüngerer Bausubstanz könnten zu Passivhausquartieren entwickelt werden. Bei der Kombination einer schlechten Bausubstanz mit einer für Investoren unattraktiven Wohnlage ist dagegen nicht zu erwarten, dass in absehbarer Zeit in eine vollumfängliche energetische Sanierung investiert wird. Hier könnte ein Wärmenetz oder bei zu geringen Anwohnerzahlen ein punktueller Siedlungsrückbau angedacht werden.
- Ein weiterer wichtiger Punkt betrifft insbesondere in hochverdichteten urbanen Siedlungsräumen das Bereitstellen von Quellenergie für elektrische Wärmepumpen. Mit einer steigenden Durchdringung der Elektrifizierung in der Heizungstechnik wird sich in Zukunft hier nicht mehr die nur Frage nach den Möglichkeiten vor Ort stellen, sondern auch danach, wie dies z.B. mit einem niederkalorischen Fernwärmenetz realisiert werden kann.
- Ein Wärmekataster bietet eine gute Grundlage für die Planung künftiger Wärmeinfrastrukturen, von Schwerpunktgebieten der energetischen Sanierung oder für die Erarbeitung spezifischer Förderungen.
- Biomasse sollte im Wohngebäudebereich möglichst sparsam eingesetzt werden, da auch in anderen Bereichen (z.B. Systemstabilität im Stromsektor sowie Prozessenergie) Biomasse verstärkt nachgefragt werden wird. Dabei hat sie auch die Aufgabe, in der Nachbarschaft liegende Gewerbegebiete oder Industrieanlagen in Verbindung mit anderen erneuerbaren Energien mit hochkalorischer Wärme sicher zu versorgen. Gerade in diesem Industrie- oder Gewerbegebiet sind Arbeitsplätze für die Region vorhanden, die durch eine mit Biomasse abgesicherte Wärmeversorgung zukunftsfester werden.

Diese Lösungen werden jedoch noch nicht genügend eingesetzt. Es bedarf einer Forschung im Sinne einer kulturellen Transformation inklusive der notwendigen Methoden zur Überzeugung der Betroffenen, wie es z.B. Schneidewind (2018) fordert.

Eine wichtige Maßnahme zur Zielerreichung ist dabei u.a. die Suffizienz, d.h. Mehr vom Weniger. So sollte

z.B. die Wohnfläche pro Kopf wieder fallen, neue Wohnformen könnten etabliert werden und eine flexiblere Anpassung der Wohnungsgröße über die verschiedenen Lebenszyklen muss möglich werden.

Eine aktiv voran getriebene Wärmewende könnte eine Möglichkeit sein, die Attraktivität einer Kommune oder einer Region im Sinne der Vorreiterrolle für den Klimaschutz für Unternehmen und neue Mitbewohner zu stärken. Dabei ist eine langfristige interkommunale Planung und frühzeitige, glaubwürdige Einbindung der Einwohner unerlässlich.

Literaturverzeichnis

- Baur, F. Noll, F.; Vogler, C.; Wern, B.; Mees, M.; Steinert, M.; Wiedemeyer, N.; Beyer, S.; Hill, A.; Gebauer, M.; Bauschinger, T.; Kornmann, A.; Menke, C.; Barton, M. (2016): Wärmestudie Region Eifel und Trier. Endbericht im Auftrag des MWKEL Rheinland-Pfalz, Saarbrücken (IZES) und Mainz (MWKEL)
- Becker, D.; Noll, F.; Wern, B.; Ludwig, D.; Schörder, I. (2018): Dynamisierung von Wärmekatastern – Entwicklung und Erprobung technischer Ansätze zur Dynamisierung von kommunalen Wärmekatastern. Projektbericht zum Vorhaben Dynamika, FKZ 03ET1397A-B, gefördert vom BMWi, Saarbrücken und Hannover
- BMWi (2019): Energiedaten: Gesamtausgabe. Stand: Oktober 2019, erhältlich unter www.bmwi.de
- Bründlinger, T. et al. (2018): Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende—Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Veröffentlicht von Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), ewi Energy Research & Scenarios
- DBU (2019): Hell, luftig und umweltfreundlich: Neubau mit Recyclingbeton. DBU aktuell 06/2019. https://www.dbu.de/708artikel38373_2486.html, Stand 09.12.2019
- Fehrenbach, H.; Giegrich, J.; Köppen, S.; Wern, B.; Pertagnol, J.; Baur, F.; Hünecke, K.; Dehoust, G.; Bulach, W.; Wiegmann, K. (2019): BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall und Reststoffe im Energiesystem (Strom-, Wärme- und Verkehrssektor), Abschlussbericht, Herausgeber Umweltbundesamt, UBA 115/2019
- Gerbert et al. (2018): Klimapfade für Deutschland. Im Auftrag des BDI. BCG und prognos. Januar 2018
- Gerhardt, N. et al. (2019): Entwicklung der Gebäudewärme und Rückkopplung mit dem Energiesystem in -95% THG Klimazielszenarien. Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE). Februar 2019

- Henning, H.M. et al. (2019): Integriertes Energiekonzept 2050 – Strom Wärme Verkehr Industrie, Hrsg. NOW GmbH (2019)
- Hering, D., Xhonneux, A and Müller, D. 2019. (in press) Economic and Ecologic Evaluation of Low Temperature Waste Heat Integration into Existing District Heating. Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA
- IZES (2017): Wärmekataster Saarland. Endbericht, im Auftrag des MWAEV, Saarbrücken
- Jordan, M.; Lenz, V.; Millinger, M.; Oehmichen, K.; Thrän, D. (2019): Future competitive bioenergy technologies in the German heat sector: Findings from an economic optimization approach. Energy 189 (2019) 116194
- Kaiser, J. und Loskarn, S. (2019): Entwicklung eines Strom-, und Wärmekonzeptes auf Quartiersebene unter Berücksichtigung von Sektorenkopplung für den Lagarde Campus Bamberg. Vortrag, Berliner Energietage 2019. Berlin 20.05.2019
- Schlesinger et al. (2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose. Projekt Nr. 57/12. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Prognos AG, EWI, GWS.
- Schneidewind (2018): Die große Transformation. Eine Einführung in die Kunst des gesellschaftlichen Wandels. Herausgegeben von Klaus Wiegandt und Harald Welzer, Forum für Verantwortung
- ZIV (2018): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks. Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) 2018, Sankt Augustin