

Energiesystemanalyse

Wärmepumpen und ihr Beitrag zur Energiewende im Gebäudesektor

Beim Erreichen der Klimaneutralität im Gebäudesektor können Wärmepumpen eine tragende Rolle spielen. Hemmnisse für ihren Einsatz und Lösungsansätze für deren Beseitigung hat das Fraunhofer ISE analysiert.



Heizen und Warmwasserbereitung mit Erdwärme

Mit dem novellierten Klimaschutzgesetz soll Treibhausgasneutralität in Deutschland bis zum Jahr 2045 erreicht werden – dieses Ziel gilt auch für den Gebäudesektor. Raumwärme und Warmwasser werden jedoch noch immer zu einem Großteil auf der Basis fossiler Energieträger bereitgestellt (Bild ①).

Ergebnisse der Energiesystemanalyse für den Gebäudesektor

In der Studie „Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen (Update November 2021: Klimaneutralität bis 2045)“ untersucht das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE Pfade zum Erreichen eines klimaneu-

tralen Energiesystems /2/. Die Studie orientiert sich an den aktuellen Zielen der Bundesregierung von heute bis zum Jahr 2045 und den festgelegten Zwischenzielen für alle energiebedingten CO₂-Emissionen. Dazu werden mit dem Energiesystemmodell REMod vier Szenarien analysiert, bei denen jeweils unterschiedliche gesellschaftliche Verhaltensweisen und Einstellungen eine dominante Rolle spielen und somit den Rahmen für die weitere Entwicklung der Energiewende vorgeben:

- Szenario *Beharrung*: Starke Widerstände gegen den Einsatz neuer Techniken im privaten Bereich
- Szenario *Inakzeptanz*: Mangelnde Akzeptanz für den weiteren Ausbau großer Infrastrukturen wie Windenergieanlagen und Übertragungsnetze

- Szenario *Suffizienz*: Verhaltensänderungen in weiten Teilen der Gesellschaft, die zu einer merklichen Minderung des Energieverbrauchs führen
 - Szenario *Referenz*: Keine die Zielerreichung fördernden oder erschwerenden Randbedingungen.
- Nach den Ergebnissen dieser Szenarienanalyse erweist sich in allen Szenarien eine Erhöhung der Rate zur energetischen Sanierung von Gebäuden als ein wichtiges Element, um den Raumwärmebedarf abzusenken (Bild ②).

So werden in den Szenarien durchschnittlich über die Jahre zwischen 1,8 und 2,5 % aller Gebäude jährlich saniert. Während überwiegend eine Sanierung entsprechend KfW 70 bis KfW 55 umgesetzt wird, werden bei einem geringen Windenergieausbau (Szenario *Inakzeptanz*) auch hocheffiziente Sanierungen mit etwa KfW 40 durchgeführt. Die Gebäudesanierung geht einher mit einer Umstellung vieler Heizungssysteme auf ein niedrigeres Temperaturniveau (Heizkörpertausch, Einsatz von Flächenheizungen). Dies kommt zugleich dem Einsatz von Wärmepumpen und solarthermischen Anlagen entgegen.

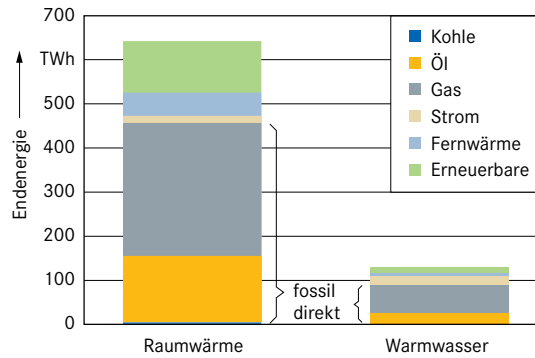
Zur Verdrängung fossiler Energieträger für die Wärmebereitstellung werden in allen Szenarien außer dem Szenario *Beharrung* Gas- und Ölkessel weitgehend durch Wärmepumpen und Wärmenetze ersetzt (Bild ③). Während Fernwärme derzeit überwiegend auf Gas und Kohle basiert, wird sie im Jahr 2045 durch Großwärmepumpen, Solarthermie und Abwärme bereitgestellt. Holzkessel spielen in diesen drei Szenarien keine Rolle für die Raumwärmebereitstellung, da die dafür nötige Biomasse für andere Anwendungsgebiete eingesetzt wird.

Im Szenario *Beharrung* kommt es entsprechend den Vorgaben zu einem geringeren Wechsel im Bereich der Heiztechniken: Im Jahr 2045 wird Raumwärme unverändert überwiegend durch Gaskessel bereitgestellt und bestehende Holzkessel werden weitergenutzt. Damit werden weniger Wärmepumpen zugebaut. Die Gaskessel werden mit Wasserstoff oder anderen erneuerbaren Gasen betrieben.

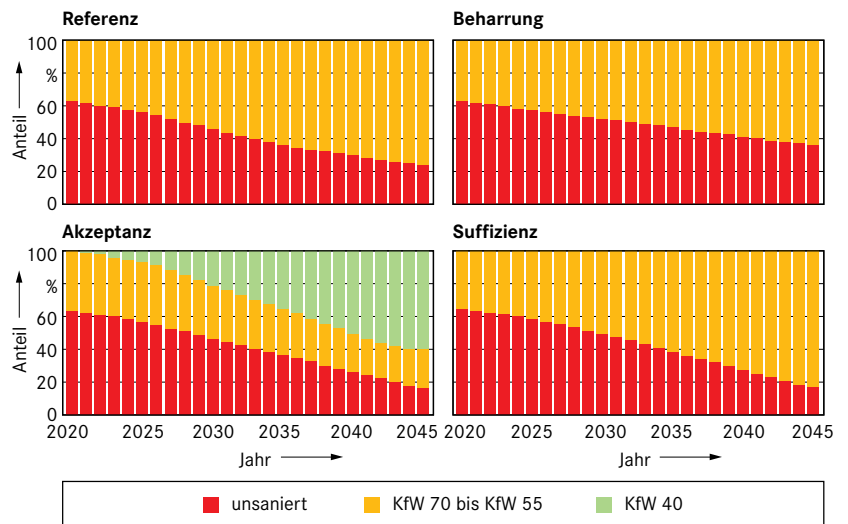
Zur Deckung der Spitzenlast werden sowohl in einzelnen Gebäuden als auch in Wärmenetzen weiterhin Gaskessel und gasbasierte KWK-Anlagen eingesetzt, die im Jahr 2045 auf Basis biogenen oder synthetischen Gases laufen.

Die indirekte Elektrifizierung über Brennstoffzellen oder Wasserstoffkessel spielt dagegen eine vergleichsweise kleine Rolle. Hauptgründe für die begrenzte Nutzung von wasserstoffbasierten Technologien sind wettbewerbsfähigere Alternativen wie Wärmenetze und Wärmepumpen sowie die begrenzte Verfügbarkeit und hohe Kostenintensität von grünem Wasserstoff, der in anderen Anwendungsgebieten effektiver zur Erreichung der Treibhausgasneutralität beitragen kann.

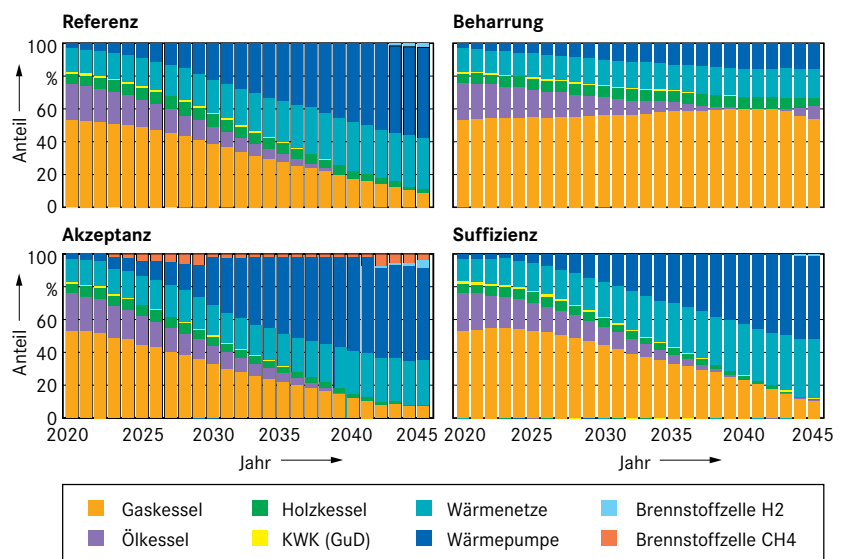
Eine Aufschlüsselung der Endenergie für Raumwärme und Warmwasser nach Energieträgern ist in Bild ④ dargestellt. Während im Jahr 2019 84 %



① Der Endenergiebedarf zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser lag 2020 bei 773 TWh. Das entspricht einem Anteil von über 30 % des deutschen Endenergiebedarfs. Heute dominieren Gas- und Ölkessel, mit einem geringeren Anteil folgen Wärmenetze und erneuerbare Energien /1/.



② Sanierungsstufen des Gebäudebestands



③ Zusammensetzung der Wärmetechnologien in Gebäuden. Solarthermie und Heizstäbe können zusätzlich genutzt werden und sind nicht mit dargestellt.

der Endenergie auf der Nutzung stofflicher Energieträger basiert, sinkt deren Anteil in allen untersuchten Szenarien außer Beharrung bis 2045 deutlich auf Werte von 14–23 %. Im Szenario *Beharrung* bleibt es bei einem hohen Gaskesselanteil von 64 %.

Zur Kompensation der stofflichen Energieträger steigt die Nutzung von Fern- und Umweltwärme merklich an. Während ihr Beitrag im Jahr 2019 bei 15 % der Endenergie lag, ergibt sich im Jahr 2045 eine Bandbreite von 30–68 % für die vier untersuchten Szenarien. Zugleich nimmt auch die direkte Elektrifizierung für die Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser zu. Während der Beitrag strombasierter Technologien im Jahr 2019 lediglich knapp 1 % der Endenergie betrug, ergibt sich für die Szenarien *Referenz*, *Inakzeptanz* und *Suffizienz* für das Jahr 2045 eine Bandbreite von 14–29 % – lediglich im Szenario *Beharrung* trägt Strom nur mit 6 % zur Endenergie des Gebäudesektors bei.

Diese systemanalytischen Optimierungsrechnungen zeigen, dass in der Mehrzahl der untersuchten Szenarien die Elektrifizierung des Wärmesektors deutlich an Bedeutung gewinnen wird.

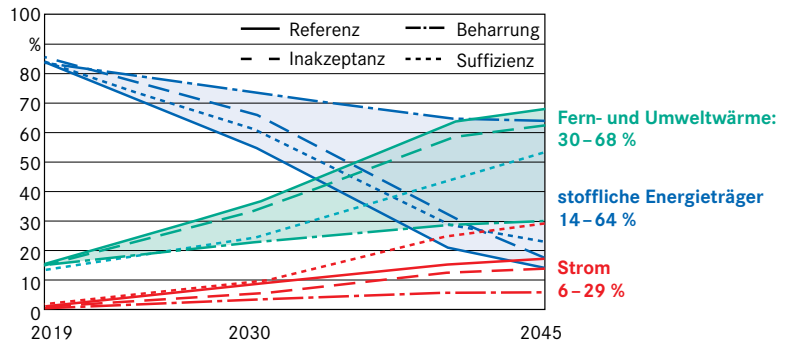
Allen Szenarien gemein ist ein Ansteigen der Bedeutung von Wärmepumpen. In drei der vier betrachteten Fälle stellen Wärmepumpen einen Großteil der Gebäudewärme bereit und entwickeln sich zu einer Schlüsseltechnologie der Wärmewende. In der „Eröffnungsbilanz Klimaschutz“ des BMWK wird für die Dekarbonisierung des Wärmesektors ein Ausbau auf 4,1 bis 6 Mio. Wärmepumpen bis zum Jahr 2030 genannt – dies deckt sich gut mit den Ergebnissen dieser wie auch weiterer Studien, wie beispielsweise dem Ariadne-Szenarienreport /3/.

Die Erwartungen an den zukünftigen Einsatz von Wärmepumpen sind somit sehr hoch. Zugleich gibt es vielfältige Herausforderungen für das Erreichen der erhofften Ausbauziele, denen sich die Wärmepumpen-Branche stellen muss. Das nächste Jahrzehnt wird entscheidend dafür sein, ob Wärmepumpen sich zur dominierenden, dezentralen Heizungstechnik für Einzelgebäude entwickeln werden.

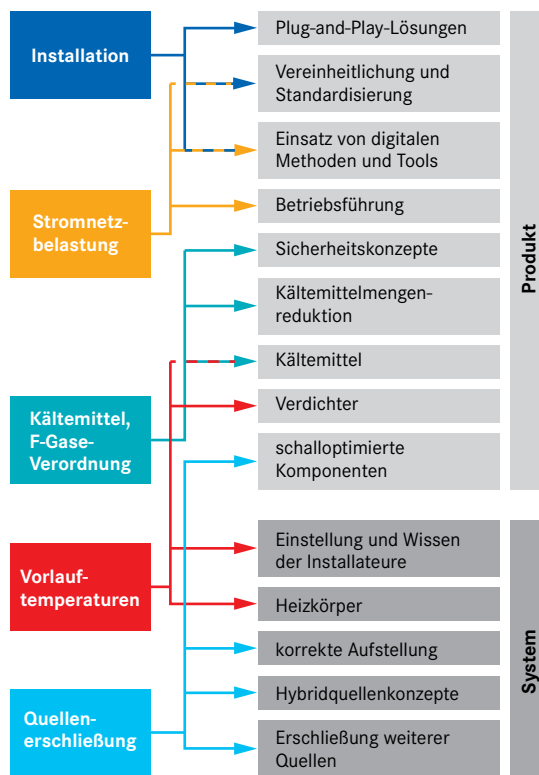
Herausforderungen und Lösungsansätze für den Einsatz von Wärmepumpen

Kältemittel: Zu den Herausforderungen im technischen Bereich zählt auf Geräteebene insbesondere die Notwendigkeit, auf neue, klimafreundlichere Kältemittel umzusteigen. Natürliche Kältemittel wie etwa Propan erfahren wegen ihrer vernachlässigbaren Treibhauswirkung wachsendes Interesse. Propan ist hoch brennbar; dieses Problem kann jedoch durch die Reduktion der Kältemittelmenge und die Entwicklung spezifischer Sicherheitskonzepte adressiert werden.

Vorlauftemperaturen: Der Einsatz von Wärmepumpen in teil- oder unsanierten Bestandsgebäuden erfordert in der Regel höhere **Vorlauftemperaturen**. Sie lassen sich mittels entsprechend angepasster Kälte-



④ Zusammensetzung der Endenergie für Raumwärme und Warmwasser. Bandbreiten der Endenergiezusammensetzung im Jahr 2045. Das Szenario *Beharrung* unterscheidet sich deutlich von den drei weiteren.



⑤ Herausforderungen für den Einsatz von Wärmepumpen und Lösungsansätze auf Produkt- und Systemebene.

mittel in Verbindung mit der Entwicklung passender Komponenten wie Verdichter oder Wärmeübertrager erzeugen. Der Markt stellt bereits mehrere Produkte bereit, die diese Anforderungen erfüllen.

Wärmequellen: Der Einsatz von Wärmepumpen erfordert die Erschließung geeigneter Wärmequellen. Für den verstärkten Einsatz von Luft/Wasser-Wärmepumpen etwa in engen Bebauungssituationen oder bei Mehrfamilienhäusern spielen schalloptimierte Komponenten eine äußerst wichtige Rolle. Eine korrekte und angepasste Aufstellung der Außeninheit unterstützt die Geräuschreduzierung. Für Anlagen größerer Leistungen können neben der Geothermie weitere Quellen wie etwa Abwasser-



Julian Brandes, Fraunhofer ISE, Gruppe Energiesysteme und Energiewirtschaft, Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter, Freiburg

kanäle erschlossen und Kalte Nahwärme-Konzepte angewendet werden.

Installationskapazität: Bei einem schnell wachsenden Markt kann die Installationskapazität schnell an ihre Grenzen gelangen. Schon jetzt sind die Auswirkungen des Fachkräftemangels in Form von steigenden Installationspreisen und längeren Wartezeiten deutlich zu spüren. Eine Lösung wäre die verstärkte Entwicklung von Plug-and-Play-Lösungen, die sich deutlich schneller und einfacher installieren und einstellen lassen. Zudem ließen sich Installationsprozesse durch eine stärkere Vereinheitlichung und Standardisierung der Wärmepumpenlösungen verkürzen. Der Einsatz digitaler Methoden bei Installation, Inbetriebnahme und Betrieb von Wärmepumpenanlagen ist bedeutsam und kann zur Reduktion des zeitlichen Aufwands beitragen.

Stromnetze: Eine verstärkte Elektrifizierung der Wärmeversorgung kann, gerade auch im Zusammenspiel mit dem Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, zu einer stärkeren Belastung der Stromnetze, speziell der Verteilnetze führen /4/. So liegen die voraussichtlich benötigten Mengen an zugebauten Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen über den derzeit in der Netzplanung vorgesehenen Werten /5/. Daher muss die Infrastrukturplanung rasch angepasst und umgesetzt und der Netzausbau vorangetrieben werden. Zugleich können Wärmepumpen aber durch gezielte Betriebsführung und Nutzung des Flexibilisierungspotenzials, z. B. in Verbindung mit Wärmespeichern helfen, die Verteilnetzbelastung zu begrenzen. Dafür ist allerdings die Entwicklung entsprechender Anreizsysteme notwendig.

Fazit

Die Ergebnisse der Energiesystemanalyse zeigen, dass für die Erreichung der Klimaschutzziele ein weitreichender Energieträgerwechsel für die Bereitstellung von Wärme in Gebäuden notwendig ist, unter anderem durch einen beschleunigten Aus-

tausch von Heizsystemen. Dies geht Hand in Hand mit der energetischen Sanierung des Gebäudebestands bei einer gesteigerten Sanierungsrate. Neben einem reduzierten Energiebedarf führt dies auch zu einer Absenkung von Heizungsvorlauftemperaturen, was sich günstig auf den Einsatz elektrischer Wärmepumpen auswirkt.

Während in der Vergangenheit einfache Heizsysteme – überwiegend basierend auf der Verbrennung importierter fossiler Brennstoffe – dominierten, werden in Zukunft effizientere, zugleich aber auch komplexere Systeme zur Erreichung der Klimaschutzziele erforderlich sein. Neben den damit verknüpften Herausforderungen bietet sich mit der Fertigung und Installation dieser Anlagen zugleich auch die Chance für eine erhöhte Wertschöpfung in Deutschland und Europa. Dafür gilt es Wärmepumpen in die Breite zu führen und verstärkt in Bestandsgebäuden, im Geschosswohnungsbau, in Wärmenetzen, aber auch in Gewerbe und Industrie einzusetzen.

Quellen

- /1/ BMWi Energiedaten für das Jahr 2020 <http://www.bmwi.de/Navigation/DE/Themen/energiedaten.html>, 27.09.2021
- /2/ Fraunhofer ISE: „Wege zu einem Klimaneutralen Energiesystem – Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen“, Update November 2021: Klimaneutralität 2045
- /3/ Kopernikus-Projekt Ariadne (2021): „Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 – Szenarien und Pfade im Modellvergleich.“, Oktober 2021. <https://doi.org/10.48485/pik.2021.006>
- /4/ ifeu, Fraunhofer IEE und Consentec: „Wert der Effizienz im Gebäudesektor in Zeiten der Sektorenkopplung“. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, November 2018, <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/wert-der-effizienz-im-gebuedesektor-in-zeiten-der-sektorenkopplung/>
- /5/ Bundesnetzagentur: „Bedarfsermittlung 2021–2035 – Bestätigung Netzentwicklungsplan Strom“, Januar 2022, <https://www.netzentwicklungsplan.de/de/netzentwicklungsplaene/netzentwicklungsplan-2035-2021>



Prof. Dr. Hans-Martin Henning,
Fraunhofer ISE, Institutsleiter Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Nachhaltige Technische Systeme INATECH, Professur Solare Energiesysteme, Freiburg



Dr.-Ing. Marek Miara,
Fraunhofer ISE, Business Developer Heat Pumps, Freiburg



NEU:
Das Feuer
ohne
Flamme

Feuer

neu erfunden



www.oekofen.de

Die sauberste ÖkoFEN Pelletheizung aller Zeiten

Lassen Sie sich von dieser innovativen Verfeuerungstechnologie mit Staubemissionen < 2,5 mg/m³ begeistern!

IFH Nürnberg 26.-29.04.2022 Halle 4A / Stand 100

