

Lösungsansätze für die schnelle Umstellung von 20 Mio. Einzelgebäudeheizungen von fossil auf erneuerbar

Einführung

Der Anteil erneuerbarer Energien bei der Wärme- (und Kälte-)versorgung lag 2021 in Deutschland bei 16,5% (knapp 200 TWh/a). Davon stammten 86% aus Biomasse und davon wiederum 47% allein aus Holzfeuerungen im häuslichen Bereich. Der Rest der erneuerbaren Wärme stammte aus oberflächennaher Geothermie und Umgebungswärme (Wärmepumpen) mit 9% und Solarthermie mit 4,2%. Bisher vergleichsweise kleine Beiträge stammten aus der tiefen Geothermie [1]. Im Jahr 2021 waren bezogen auf die rund 21 Millionen im Bestand befindlichen Einzelgebäudeheizanlagen (nicht Einzelraumfeuerstätten) 1,1 Mio. Wärmepumpen und 0,9 Mio. Biomassekessel im Betrieb. Hinzu kommen zusätzliche 2,5 Mio. solarthermische Anlagen mit einer Gesamtkollektorfläche von rund 21 Mio. m² [2]. Bei den neu installierten Wärmeerzeugern konnten Wärmepumpen und Biomassekessel auch 2021 einen deutlich steigenden Absatz verzeichnen, wobei ihr Anteil an den insgesamt rund 930.000 neu installierten Wärmeerzeugern bei knapp 25% lag [3].

Doch 2021 nutzten immer noch rund 19 Mio. Wärmeerzeuger Gas und Öl [2]. Darüber hinaus müssen in Wohngebäuden auch noch Etagenheizungen und veraltete Biomasseheizsysteme ausgetauscht werden. Für eine erfolgreiche Wärmewende bis 2045 im Gebäudewärmebereich müssen also weiterhin jedes Jahr rund eine Million neue komplett Erneuerbare-Heizanlagen installiert und in Betrieb genommen werden. Nach dem Anschluss an zumindest perspektivisch vollständig erneuerbar versorgte Wärmenetze sind für alle anderen Objekte Wärmepumpen, Wärmepumpen-Biomasse-Hybride und, nur wo es keine anderen Möglichkeiten gibt, reine Biomassekessel zu installieren. Alle Lösungen lassen sich zusätzlich mit Solarthermieanlagen ergänzen. Im Vergleich zu Erdgasthermen ist jedoch allein die Installation der deutlich komplexeren Systeme mit mindestens dem doppelten Zeitaufwand zu veranschlagen, während die Branche bereits heute über einen realen Fachkräftemangel klagt. Es braucht also wirksame Lösungsansätze der Forschung zur Überwindung dieser und vieler anderer Hemmnisse zur erfolgreichen Wärmewende bis 2045.

Notwendige Impulse für die erfolgreiche Wärmewende

Um einen angemessenen Beitrag zu einer Begrenzung des weltweiten Temperaturanstiegs auf 1,5 Grad Celsius zu leisten, müsste Deutschland und damit auch der Gebäudesektor schon bis 2035 treibhausgasneutral sein. Im Auftrag von Greenpeace hat daher das Wuppertal Institut ein auf dieses Ziel ausgerichtetes Sechs-Punkte-Sofortprogramm für erneuerbare Wärme und effiziente Gebäude erarbeitet. Dieses sieht vor, dass in drei zentralen Bereichen jeweils eine ordnungsrechtliche Maßnahme mit einer spezifischen, dazu passenden finanziellen Fördermaßnahme kombiniert wird (► *Abbildung 1*):

- Ausstiegsgesetz für fossile Heizungen und Förderung für elektrische Wärmepumpen und Solarthermie
- Pflicht und Förderung für die energetische Sanierung ineffizienter Gebäude mit ökologischen Kriterien
- Gesetz mit Zielen sowie förderlichen Bestimmungen und dazu passende Förderung für Erneuerbare-Wärmenetze: Ausbau und Umstieg auf grüne Wärmeerzeugung

So würde das Sofortprogramm die energetische Sanierungsrate auf drei bis vier Prozent pro Jahr erhöhen und dazu führen, dass schon 2035 fast zwei Drittel der Gebäude mit Wärmepumpen und etwa ein Viertel mit Nah- und Fernwärme aus erneuerbaren Energien beheizt werden und ein Drittel zusätzlich mit thermischen Solaranlagen ausgestattet wird. Die Studie hat gezeigt: Die beschleunigte Wärmewende ist für die Haushalte, Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen wirtschaftlich. Im Jahr 2035 sparen sie netto rund 11,5 Milliarden Euro ein. Zudem können rund 500.000 Arbeitsplätze für Fachkräfte gesichert oder neu geschaffen werden, davon etwa 260.000 in der Bauwirtschaft. Nach den Berechnungen für die Studie sind für die Umsetzung bis 2035 durchschnittlich pro Jahr rund 50 Milliarden Euro zusätzliche Investitionen und gut 20 Milliarden Euro staatliche Fördermittel erforderlich [4].



DBFZ

Dr. Volker Lenz
volker.lenz@dbfz.de

Prof. Dr. Ingo Hartmann
ingo.hartmann@dbfz.de

ISFH

Daniel Eggert
d.eggert@isfh.de

Fraunhofer ISE

Dr. Constanze Bongs

Jan Mattmüller

jan.mattmueller@ise.fraunhofer.de

Wuppertal Institut

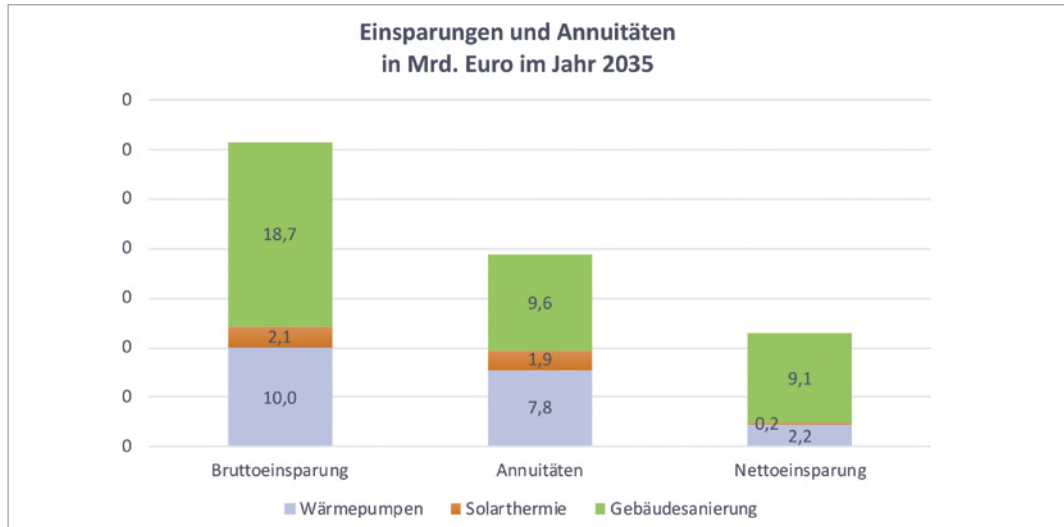
Dr. Stefan Thomas
stefan.thomas@wupperinst.org

Abbildung 1

Wirtschaftlichkeit des 6-Punkte-Sofortprogramms für die Verbraucher*innen [4]:

- Energiekosteneinsparungen (Bruttoeinsparung, links)
- Annuitäten der zusätzlichen Investitionen abzgl. Förderung (Mitte)
- resultierende Nettoeinsparungen (Bruttoeinsparung minus Annuitäten, rechts)

(Quelle: Wuppertal-Institut, [4])



Hemmnisse und digitale Lösungsansätze

Im Projekt OBEN – Ölersatz Biomasse Heizungen gefördert vom BMWK (03KB156) hat das DBFZ eine umfangreiche Hemmnisanalyse im Hinblick auf die Umsetzung der Wärmewende im Gebäudeheizbereich am Beispiel der Umstellung auf Biomassekessel durchgeführt und mit verschiedenen Akteursgruppen abgestimmt (► *Abbildung 2*).

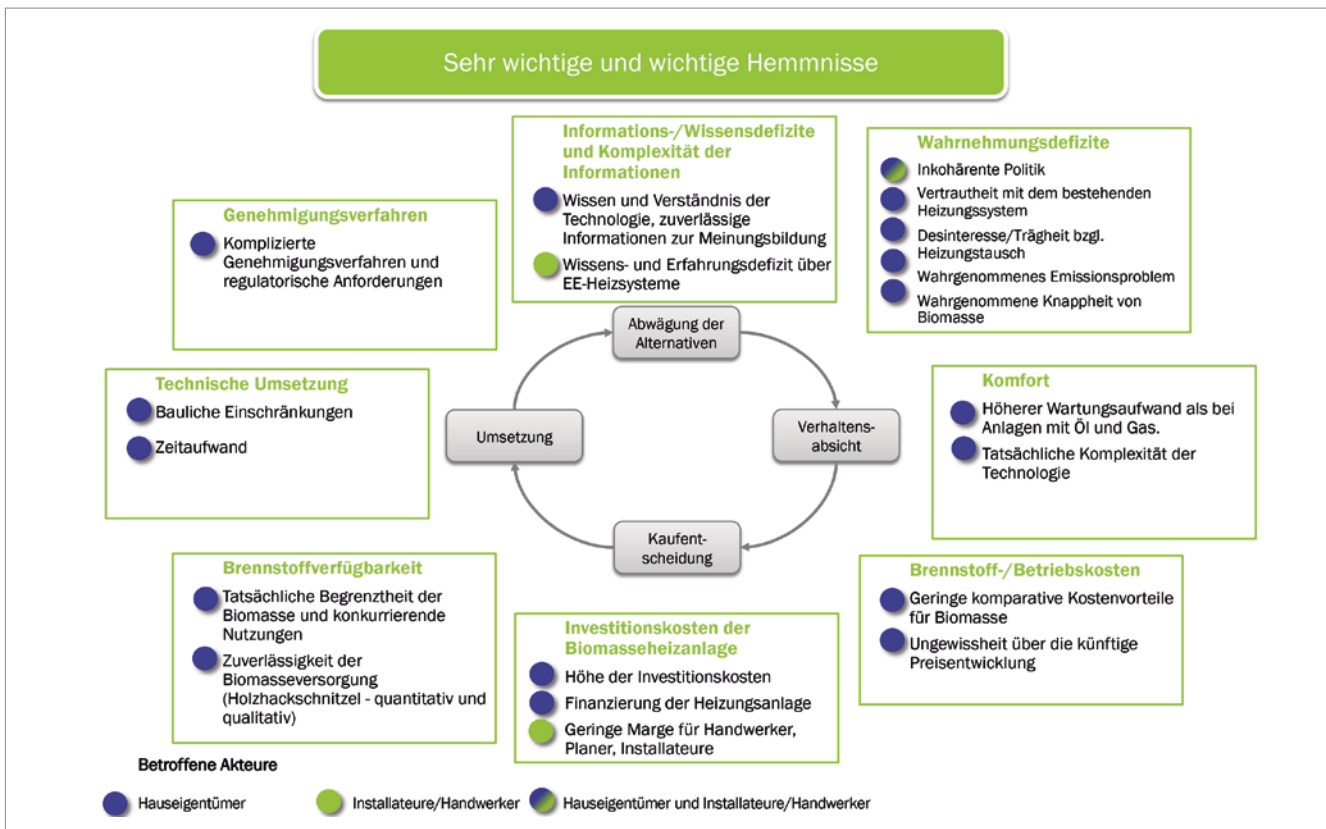
Dabei konnten fünf wesentliche Aspekte identifiziert werden: Im Grunde gibt es genügend Informationen zu erneuerbaren Wärmelösungen, jedoch besteht ein

Defizit in der Bereitstellung der passenden Informationen zur passenden Zeit mit der passenden Detailtiefe. Bevor die Informationssuche beginnen kann, gilt es ein Wahrnehmungsdefizit zu überwinden. Viele Bürger*innen haben zu allen erneuerbaren Wärmelösungen negative Aussagen gehört, so dass sie bezweifeln, dass es für ihre ganz persönliche Umstellung von Öl oder Gas auf erneuerbare Alternativen eine zufriedenstellende Lösung gibt. Sollten beide Hemmnisse überwunden werden, beginnt das Abwägen der Kosten und die Frage nach der Finanzierung. Hier kann es schnell zu einer realen

Abbildung 2

Hemmnisanalyse zur Umstellung von Gebäudeheizanlagen auf erneuerbare Energien am Beispiel Pelletfeuerungen

(Quelle: DBFZ, [5])



oder gefühlten Überforderung kommen. Sollte auch dieses Hemmnis gelöst werden, bleibt die Suche nach einem geeigneten Handwerksbetrieb, der die Installation in absehbarer Zeit umsetzen kann. Speziell für Biomassefeuerungen bleibt dann aber auch noch die Frage nach der Verfügbarkeit und Nachhaltigkeit der Brennstoffe. Dies wird durch die aktuelle Pelletspreisentwicklung unterstrichen [5].

Während die letzte Fragestellung durch hybride Lösungen aus Wärmepumpe und Biomasse entspannt werden kann, benötigen alle anderen Hemmnisse Zeit von Fachkräften für die Informationsaufbereitung – und -vermittlung, die Beratung, Planung, Bau und Inbetriebnahme von Anlagen und die Betriebsoptimierung. Aber menschliche Arbeitskraft wird nicht im benötigten Umfang zur Verfügung stehen, daher muss die Digitalisierung in allen Gebieten mit Nachdruck vorangetrieben werden. Am DBFZ wird als einer der nötigen Bausteine ein digitales Erstberatungstool erstellt, das mittels einer geführten Abfrage von Informationen eine niederschwellige Entscheidungshilfe für das im jeweiligen Fall zu präferierende erneuerbare Heizsystem im Endkundenbereich angibt.

Planungstool zur Produktivitätssteigerung in der Angebotsphase

Im vom BMBF geförderten Projekt DiBesAnSHK (FKZ 02K20D010) soll die Entwicklung digitaler Planungstools zu einer Produktivitätssteigerung in den Planungs- und Installationsprozessen führen und so das Handwerk stärken. Am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE wird zusammen mit Projektpartnern ein Lösungsansatz entwickelt, den Angebotsprozess für SHK-Betriebe zu vereinfachen, zu standardisieren und zu digitalisieren, mit dem Ziel, eine höhere Planungsqualität und die schnelle Umsetzung energieeffizienterer Anlagen zu erreichen.

Ein zentrales Forschungsfeld in diesem Zusammenhang ist die automatisierte Erfassung von Bestandsgebäuden. Für eine energetische Sanierung ist insbesondere die Identifikation der gebäudetechnischen Anlagen von Bedeutung. Hier wird ein Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, auf Grundlage eines Satzes von Hauptkomponenten (Quellen, Erzeuger, Speicher und Übergabesysteme) automatisiert valide Anlagenkonfigurationen inklusive eines Hydraulikschemas abzuleiten. In Zusammenhang mit einer automatisierten Objekterkennung, die ebenfalls im Projekt DiBesAnSHK entwickelt wird, kann somit die Bestandsanlage schnell ermittelt und digital repräsentiert werden. Das digitale Anlagenschema

kann dann als Basis für die Konfiguration eines Sanierungsvorschlages verwendet werden. Ziel ist es, auf Basis der ermittelten und digital repräsentierten Anlagenkonfigurationen eine detaillierte Planung, Dimensionierung und anschließend eine automatisierte Angebotserstellung erfolgen zu lassen oder sie im Nachhinein zur Dokumentation des Umbaus zu nutzen.

Dabei wird ein zweistufiger Ansatz verfolgt: Im ersten Schritt werden die erkannten Komponenten zu einem schlüssigen Energieflussschema verbunden. Dieses kann bereits zur Analyse und ggf. Simulation von Systemvarianten verwendet werden. Im zweiten Schritt werden die hydraulischen Komponenten (Ventile, Pumpen, Klappen) hinzugefügt und praxisrelevante Hydraulikschemas generiert. Das entwickelte Konzept berücksichtigt bei der Generierung der Anlagenkonfigurationen sowohl energetische und thermische Randbedingungen als auch hydraulische Grundsaltungen. Eine prototypische Implementierung des Ansatzes ist für die Identifizierung von Anlagen im Bestand ausgelegt. Als weiterer Anwendungsfall ist die automatisierte Analyse und Auswahl von Sanierungskonzepten geplant [6].

Verbrauchsminderung durch Wärmebedarfsanzeige und Anlagenregelung bei Kaminöfen

Die verfügbaren Biomassen – und hier zunehmend auch Holz aus dem Wald für die Verbrennung im häuslichen Bereich – sind begrenzt und dürfen daher nur in effizienten und effektiven Heizungsanlagen bei gleichzeitig minimierten Luftschadstoffemissionen genutzt werden.

Eine Verbrauchsminderung und damit auch eine daraus resultierende Schadstoffminderung kann zeitnah erreicht werden, wenn Kleinf Feuerungsanlagen in die Gebäudeversorgungssysteme integriert und automatisiert geregelt werden, um insbesondere das sehr subjektive Empfinden und darauf basierende Handeln der Bediener zu begrenzen [7]. Das bedeutet, dass die Holzfeuerung nur dann betrieben werden darf bzw. kann, wenn andere erneuerbare Wärmequellen nicht verfügbar sind und die Raumtemperatur eine zu definierende Temperaturgrenze unterschreitet. Über die sensorische Erfassung der Wohnbedingungen im Aufstellraum von Einzelraumfeuerungen können die Nutzenden über den Heizbedarf informiert werden und die Holzheizung geregelt werden. Heute verfügbare Verbrennungsluftregelungen lassen sich vergleichsweise einfach auf Heizbedarfsanzeigen und Heizungsregelungen erweitern. Blaue Engel-Kamin-

öfen sind mit elektronischen Regelungen ausgerüstet. Die anstehende Revision des Blauen Engels sollte die Effektivität und Effizienz der Feuerungen als wichtiges Kriterium stärker in den Vordergrund stellen. Dabei sind die Heizbedarfsanzeige und -regelung, die Systemintegration, die Effizienz und Effektivität und auch weitere Feuerungsarten wie Speicherfeuerstätten in den Blauen Engel als Kriterien aufzunehmen.

Automatisierte Analyse von Wärmeeentralen, Gebäudeinformationssysteme (BIM) und kostengünstige Solaranlagen

Das Erreichen der anspruchsvollen Klimaschutzziele im Gebäudebereich erfordert neue architektonische und anlagentechnische Lösungen. Fassadenintegrierte solare Technologien bieten dafür einen vielversprechenden Ansatz, konnten sich aber bisher am Markt noch nicht etablieren. Gründe dafür sind sowohl in den einzelnen Phasen ihres Lebenszyklus (LC) als auch bei den gewerkeübergreifenden Aspekten zu finden.

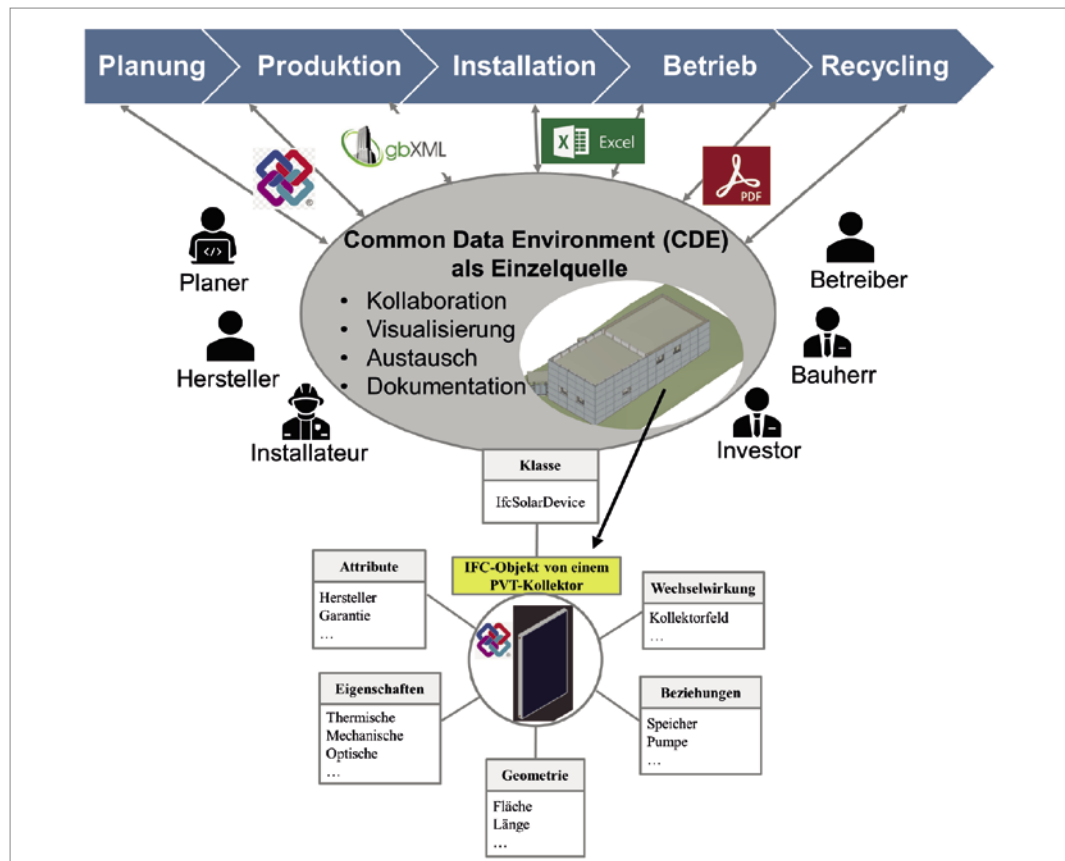
Im Rahmen des vom BMWK geförderten Verbundvorhaben „BIMPV – Retrospektiver BIM-Ansatz zur lebenszyklusorientierten Integration von BIPV-Systemen in der Gebäudehülle“ (FKZ 03EN1010B) wird

anhand eines Demonstrationsgebäudes der gesamte Lebenszyklus von gebäudeintegrierten photovoltaischen und photovoltaisch-thermischen Anlagen über Planung, Produktion, Montage, Betrieb bis zum Recycling betrachtet.

Für die gewerke- und phasenübergreifende Analyse und Optimierung kommt die digitale Methode Building Information Modeling (BIM) zum Einsatz. Alle lebenszyklusrelevanten Informationen eines Bauwerks können mit der BIM-Methode modellbasiert, digital und konsistent zentral erfasst, verwaltet und zur optimalen transparenten Kommunikation zwischen allen an den verschiedenen Bauprojektphasen beteiligten Akteuren ausgetauscht werden (► *Abbildung 3*).

Besonders im Bereich der Solarthermie ist die Anwendung der BIM-Methode aktuell noch ein Thema der Forschung, jedoch zeigt sich die BIM-Methode hierfür als vielversprechend. Das ISFH führt im Vorhaben daher schwerpunktmäßig Ertragssimulationen und -vorhersagen, sowie Betriebsanalysen an PV- und PVT-Systemen durch. Die am Demonstrationsobjekt gewonnenen Erkenntnisse werden durch den Aufbau eines PVT-Fassadenteststands am ISFH ergänzt. Anhand von Labor- und Feldmessungen am Teststand wird ein BIM-basiertes Modell für die PVT-Fassade entwickelt, das sowohl zur Betriebsanalyse als auch zur Energiesimulation verwendet wird.

Abbildung 3
BIM:
 Building Information Modeling-Schema mit Darstellung der Informationen eines zu entwickelnden PVT-Kollektormodells
 (Quelle: ISFH)



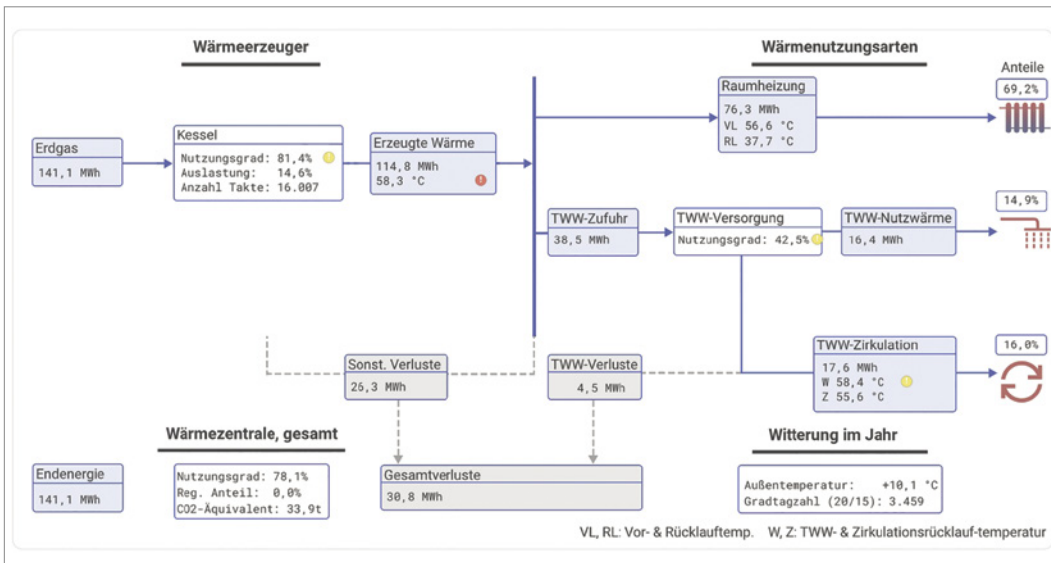


Abbildung 4
Grafische Kurzzusammenfassung eines Jahresberichtes
(Quelle: ISFH)

Automatisierte Analyse von Wärmeeinheiten

Das Projektziel im Forschungsprojekt „Feldanalyse zur Betriebs-Optimierung von Mehrfamilienhäusern“, kurz FeBOP-MFH, ist die Entwicklung eines praxistauglichen und in der Breite einfach anwendbarem Mess- und Analyseverfahren zur Effizienzbewertung und Optimierung von Wärmeeinheiten. In dem vom BMWK geförderten Projekt (FKZ: 03ET1573A) wurde dazu vom ISFH ein systemanlagenunabhängiges Messkonzept entwickelt und in über 30 Wärmeeinheiten von Mehrfamilienhäusern umgesetzt.

Mit dem FeBOP-Messsystem können Anlagenbetreiber, aber auch Planer und Handwerker einen ineffizienten Betrieb der Wärmeeinheit oder ihrer Komponenten schnell feststellen und lokalisieren. Eine anschließende Optimierungsmaßnahme kann mit den Informationen des Messsystems außerdem zielgerichtet umgesetzt werden. Die Auswertungen einer Wärmeeinheit erfolgen in FeBOP anhand von automatisierten Monats- und Jahresberichten (► **Abbildung 4**).

Für eine anstehende Modernisierung kann beispielsweise mit dem Jahresbericht eine Heizungsanlage auf ihre Wärmepumpentauglichkeit überprüft werden. Für den Fall, dass ein Wechsel des Wärmeeinheits auslegung eine wichtige Information zur Vordimensionierung. Ein Anlagenvergleich mit dem Gesamtbestand anhand von ausgesuchten Kennzahlen ist ein zusätzliches Werkzeug von FeBOP und kann unter anderem der Priorisierung von Maßnahmen im Bestand dienen (► **Abbildung 5**).

Ein Effizienzmonitoring in Wärmeversorgungsanlagen beschleunigt und sichert den Weg zu einer CO₂-minimierten Wärmeversorgung bei der Planung, Einrichtung und dem Betrieb. Das grundsätzliche Messkonzept ist auch in anderen Gebäuden wie Hotels, Schulen, Verwaltungs- und Gewerbegebäuden etc. anwendbar. Der Leitfaden zur Planung und Installation der Messtechnik [8] richten sich daher nicht nur an die Wohnungswirtschaft, sondern auch an Energieberater, das Heizungshandwerk, Planer und Mitarbeitende im Gebäudemanagement.

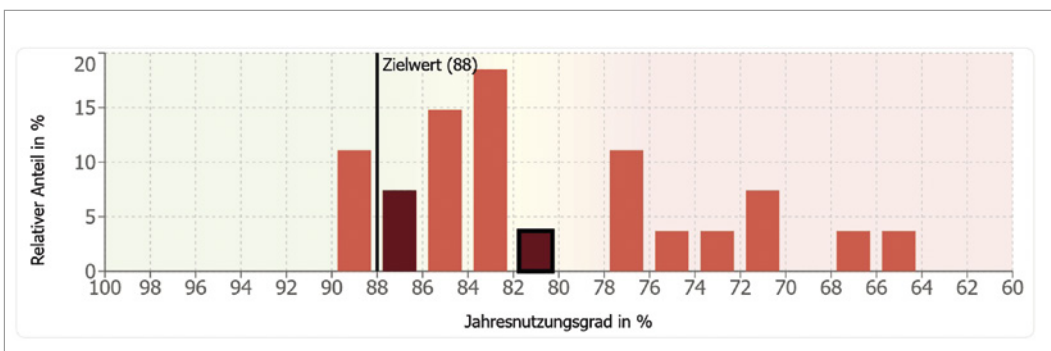
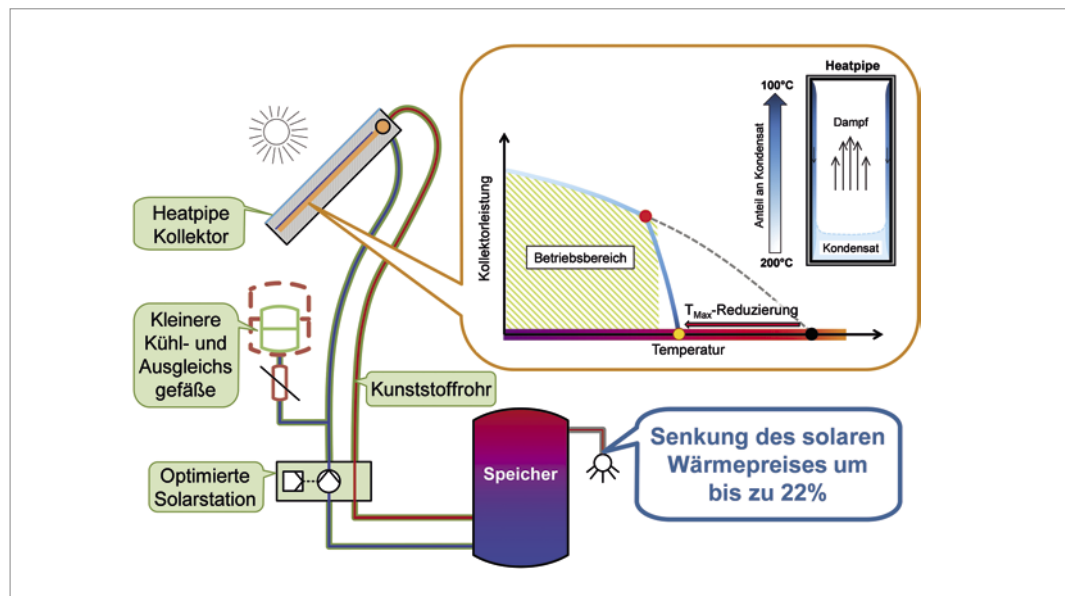


Abbildung 5
Anlagenvergleich von Wärmeeinheiten mit Gas als Endenergieträger
(Quelle: ISFH)

Abbildung 6
**Innovatives
 Systemkonzept für
 Wärmerohrkollektoren**
 (Quelle: ISFH)



Kostengünstige, zuverlässige und vereinfachte Solaranlagen

Kostensenkung, einfache Installation und ein zuverlässiger Betrieb von Solaranlagen sind entscheidende Voraussetzungen für eine beschleunigte Marktdurchdringung dieser erprobten Technologie. Wärmerohrkollektoren können die thermomechanischen Lasten in Solarkreisen bei Stagnation eigensicher begrenzen und bieten hierzu einen vielversprechenden Lösungsansatz. Im Forschungsvorhaben HP-SYS (FKZ: 03ETW 005A), gefördert vom BMWK, wurden sowohl Flach- als auch Vakuumröhrenkollektoren mit Wärmerohren (engl. Heatpipes) hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und der Maximaltemperatur optimiert und im Rahmen von Labor- sowie Feldtests untersucht. Im Stagnationsfall (Anlagenstillstand bei voller Sonneneinstrahlung), können kritische Temperaturen und Verdampfung im Solarkreis eigensicher vermieden werden. Darauf aufbauend ist ein neues Systemkonzept entwickelt worden, was beispielsweise auf polymerbasierten Komponenten im Bereich der Rohrleitung und Solarstation sowie einer deutlich einfacheren Druckhaltung beruht (► *Abbildung 6*).

Im Rahmen der zweiten Phase des Projekts wurden fünf Demonstrationsanlagen in der Praxis realisiert und deren Betrieb über insgesamt zwei Jahre wissenschaftlich begleitet. Es konnte nachgewiesen werden, dass das innovative Systemkonzept zu einer Senkung der Investitionskosten von bis zu 16% führte und zudem der Aufwand für Wartung und Instandsetzung deutlich reduziert werden konnte. Unter Berücksichtigung der im Lebenszyklus einer Anlage (25 Jahre) auftretenden Kosten ergibt sich eine Senkung des Wärmepreises von bis zu 22% (Levelized Cost of Heat) im Vergleich zum Stand der Technik.

Fazit und Ausblick

Die vorgestellten und weitere in der Forschung und Entwicklung befindlichen Lösungen sowie vor allem die digitalen Beratungsansätze und Expertensysteme können signifikant dazu beitragen den bestehenden Fachkräftemangel zu entschärfen. Die im Vergleich zu Gasthermen deutlich komplexeren Wärmelösungen lassen sich mittels Online-Hilfsangeboten sowohl in der Beratung als auch in der konkreten Umsetzung und Installation vereinfachen, so dass der vorbereitende Schulungsbedarf deutlich reduziert wird. Die FVEE-Einrichtungen bieten dafür vielfältige Lösungsansätze an und entwickeln diese kontinuierlich weiter. Für eine erfolgreiche Wärmewende muss die Politik u. a. für öffentliche, glaubwürdige Informations- und Unterstützungsplattformen sorgen, die öffentlich finanziert und ausreichend beworben werden. Das muss eine kontinuierliche Pflege der Plattformen und der Tools einschließen.

Alle diese Lösungen sollten eingebettet sein in die Umsetzung eines konsequenten Wärmewende-Fahrplans inklusive einer entsprechenden Weiterentwicklung der Politikinstrumente, z. B. gemäß 6-Punkte-Sofortprogramm des Wuppertal Instituts.

Literatur

- [1] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2022). Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: Februar 2022)
- [2] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (2021). Gesamtbestand zentrale Wärmeerzeuger 2020. https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Pressegrafiken/2021/Diagramm_Gesamtzahl_Waermeerzeuger_2020_DE.pdf (Zugriff: 18.05.2022)
- [3] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (2022). Marktentwicklung Wärmeerzeuger Deutschland 2012–2021. https://www.bdh-industrie.de/fileadmin/user_upload/Pressegrafiken/Marktstruktur_zehn_Jahre_2021_DE_022022.pdf (Zugriff: 06.04.2022)
- [4] Thomas, S., Schüwer, D., Vondung, F., Wagner, O. (2022). Heizen ohne Öl und Gas bis 2035 – ein Sofortprogramm für erneuerbare Wärme und effiziente Gebäude. Im Auftrag von Greenpeace e.V.
- [5] Schmidt-Baum, T., García Laverde, G., Pomsel, D., Szarka, N., Lenz, V. (2021). „Handwerkerschafts-Dilemma“ beim Umstieg auf Biomasseheizanlagen Ölersatz Biomasse Feuerung. In Tagungsband Rostocker Bioenergieforum 2021
- [6] Mattmüller, J., Preintner, P., Benndorf, G.A. (2022). Automatisierte Generierung von digitalen Anlagenschemata. BauSIM
- [7] Köhrer, M., Hennig, P., Yanev, D. co2online (2018). Die Zusatzheizung – Nutzung ergänzender Heizsysteme im Gebäudebereich. Berlin. <https://www.co2online.de/fileadmin/co2/research/zusatzheizung-studie.pdf>
- [8] Institut für Solarenergieforschung Hameln (2022). Leitfaden für Handwerker, Planer und Energiedienstleister: Monitoringsystem zur Effizienzbewertung von Wärmeeinheiten. https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/FeBOP-Broschue_2022_RL.pdf?m=1654854719&