

Wärmepumpen-Praxis im hessischen Wohngebäudebestand



Marc Großklos

Um den Einsatz von Wärmepumpenheizungen als zentralen Bestandteil der Wärmewende auch in ländlichen Räumen oder städtischen Gebieten ohne Anschlussmöglichkeit an ein Wärmenetz voranzutreiben, sind Erfahrungen mit ihrer Effizienz im realen Betrieb entscheidend. Das Forschungsprojekt des IWU untersuchte in einer Feldstudie bei 48 unsanierten oder teilsanierten Wohngebäuden in Hessen Effizienz, Kosten und Praxistauglichkeit von Wärmepumpen. Ergänzend wurden Simulationen zu Treibhausgasemissionen und Wirtschaftlichkeit durchgeführt.

Die Felduntersuchung folgte einem Citizen-Science-Ansatz, wobei Betreiber über zwei Jahre hinweg vierteljährlich Energie- und Verbrauchsdaten lieferten. Teilnehmen konnten alle Gebäude mit Baujahr bis 1994, 52 % der teilnehmenden Gebäude stammten aus der Zeit vor 1978. Der Sanierungsstand der Gebäude variierte stark: Viele verfügten über neue Fenster oder einzelne sanierte Bauteile, vollständig unsanierte Objekte waren selten und zählten zur Baualtersklasse 1984 bis 1994.

Ergebnisse der Feldphase

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) als wichtige Kenngröße für die Effizienz der Wärmepumpen im realen Betrieb zeigte eine große Bandbreite von 1,8 bis 6,0, je nach Anlage. Als Zielwert für eine gute Effizienz kann eine JAZ von über 3,0 angesehen werden. Im Mittel aller Luft-Wasser-Wärmepumpen lag die JAZ bei 3,16, für Erdreich-Wärmepumpen bei 4,66 und für bivalente Anlagen bei 3,29.

Wichtig für eine anstehende Modernisierungsentscheidung ist auch die nach Wärmeübergabesystem differenzierte JAZ. Die Mehrheit der Bestandsgebäude wurde mit Heizkörpern beheizt und auch hier schnitten die Wärmepumpen gut

ab. Luft-Wasser-Wärmepumpen mit reiner Heizkörperheizung erreichten eine mittlere JAZ von 3,05, gemischte Systeme mit Fußbodenheizung und Heizkörpern eine JAZ von 3,14 und Anlagen mit Flächenheizung 3,7. Bivalente Systeme, die mit einem zusätzlichen Wärmeerzeuger Spitzenlasten abdecken, erreichten ebenfalls JAZ über 3,0 bei Heizkörperbeheizung und erhöhen zugleich die Versorgungssicherheit und Netzstabilität. Erdreich-Wärmepumpen schnitten auch mit Heizkörpern oder gemischten Systemen sehr gut ab.

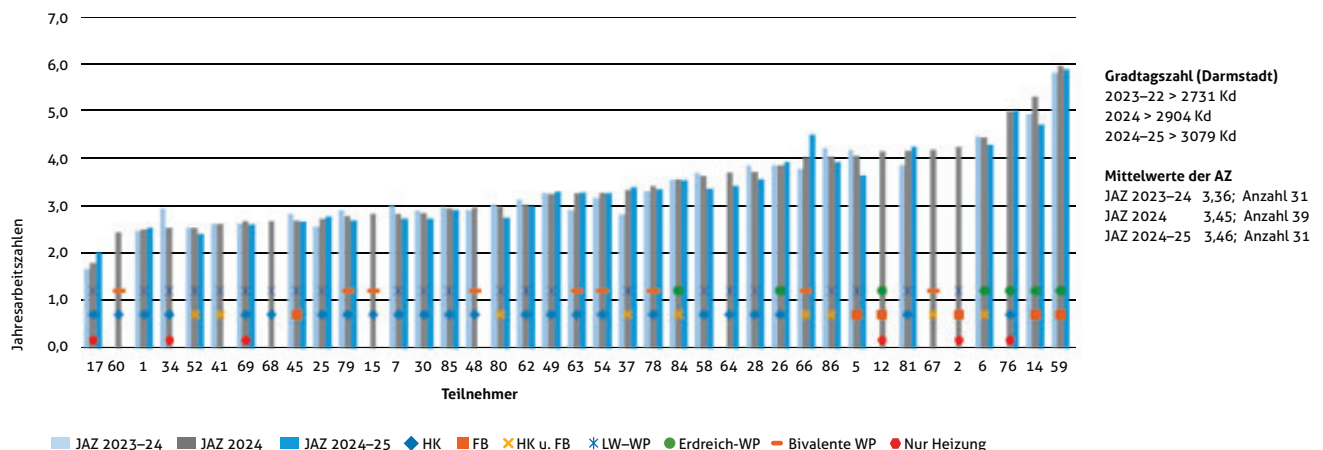
Zusätzlich zur Erhebung der technischen Daten wurden zwei Befragungen der Betreiber durchgeführt. Als wichtigste Gründe für den Einbau einer Wärmepumpenheizung nannten diese den Klimaschutz allgemein (94 %), die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern (78 %) sowie von Energieimporten (74 %). Mit 95 % am häufigsten angegeben wurde die Möglichkeit, durch Photovoltaik eigenen Strom für die Heizwärme zu erzeugen. Wirtschaftliche Aspekte wie die Heizkostenreduzierung oder die bessere Wirtschaftlichkeit der Heizungsanlage wurden mit 50 bzw. 41 % deutlich weniger genannt.

Trotz teilweise aufgetretener Probleme waren 90 % der Wärmepumpenbetreiber zum Ende der Studie nach zwei Jahren zufrieden mit ihren Anlagen, 71 % sogar sehr zufrieden. Mit dem Installationsablauf waren rückblickend 86 % zufrieden, lediglich 5 % waren damit überhaupt nicht zufrieden. Zu Funktion und Betrieb der Wärmepumpen äußerten sich 90 % als zufrieden, 52 % als sehr zufrieden. Mit der Bedienbarkeit war mit 88 % die überwiegende Mehrheit zufrieden.

Da die Geräuschentwicklung von Wärmepumpen häufig Gegenstand der öffentlichen Diskussion ist, wurde auch dieser Aspekt berücksichtigt. Es waren 83 % der Betreiber von Luft-Wasser-Wärmepumpen zufrieden, lediglich 6 % unzufrieden.

Insgesamt wurden 10 Gebäude der Feldstudie bei einem Vor-Ort-Termin Anfang 2025 zur Installation der jeweiligen Anlage und deren Optimierungsmöglichkeiten untersucht. Es zeigten sich in fast allen Fällen Optimierungspotentiale:

Abbildung 1: Gemessene Jahresarbeitszahlen



Häufig könnte die Heizkurve abgesenkt oder die Warmwasserbereitung in die Mittagsstunden verschoben werden, was jeweils die Effizienz weiter verbessern würde.

Fazit der Feldstudie

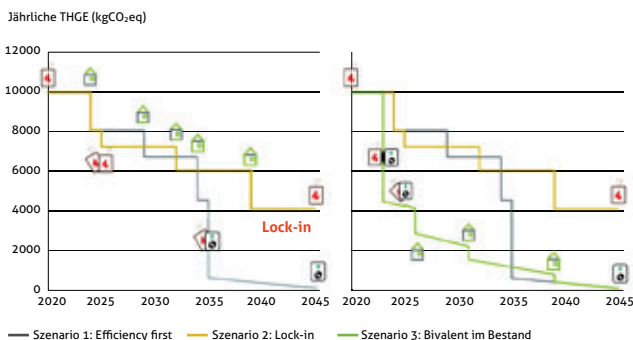
Die teilnehmenden Gebäude und ihr Sanierungsstand decken ein breites Spektrum hessischer Bestandsgebäude ab. Die Effizienz der Wärmepumpen ist im Mittel gut, auch bei teilsanierten Gebäuden (Baujahre vor 1984) und unsanierten Gebäuden ab Baujahr 1984. Wichtig ist die Dimensionierung des Wärmeübergabesystems.

Die Nutzerbefragungen haben eine hohe Zufriedenheit mit der neuen Technik ergeben, jedoch konnten Verbesserungspotenziale ermittelt werden. Große Potenziale liegen in der Anlagenoptimierung.

Kostenauswertung

Von insgesamt 39 Wärmepumpenanlagen konnten Kostendatensätze ausgewertet werden. Die durchschnittlichen realen Investitionskosten für Luft-Wasser-Wärmepumpen betragen rund 30.000 €, auf das Jahr 2023 normiert etwa 35.000 €. In den erhobenen Daten spiegelt sich ein deutlicher Kostensprung zwischen den Jahren 2022 und 2023 wider. Zudem konnten Kostenkennwerte für die maßgeblichen Kostenkategorien ermittelt werden. Diese umfassen insbesondere Kosten für Montage, Heizkörperaustausch, hydraulischen Abgleich, Geräteaufstellung, Elektroinstallation sowie Entsorgung der Altanlage. Für alle Kategorien wurden die jeweiligen Schwankungsbreiten ermittelt, um die Streuung der Investitionskosten und den Einfluss objektspezifischer Rahmenbedingungen quantifizierbar zu machen.

Abbildung 2: Wärmepumpen im Energiesystem



Szenarien zur Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Wärmeversorgungs-lösungen wurde für einen Zeitraum von 20 Jahren für zwei Szenarien zur Entwicklung der Energiekosten betrachtet: Einem, bei dem die Randbedingungen für den Einsatz von Wärmepumpen günstig ausfallen und einem zweiten, in dem der Einsatz klimaneutraler grüner Gase vorteilhafter ist.

Im ersten Szenario weisen durchweg monoenergetische Wärmepumpenlösungen die geringsten Wärmeversorgungs-kosten auf. Diese sollten allerdings nicht zu klein ausgelegt werden, d. h. der Heizstabanteil sollte zunächst nicht viel höher als 5 % liegen – auch wenn später eine Gebäudedämmung vorgesehen ist, die einen monovalenten Betrieb ermöglicht.

Im zweiten Szenario liegen die Kosten der verschiedenen Heizsysteme enger zusammen. Dabei erweist sich die bivalente Wärmepumpe zumeist als günstigste Lösung. Sie ist generell – unabhängig vom Energiepreisszenario – auch dann empfehlenswert, wenn der vorhandene Heizkessel nicht ausgetauscht werden muss, also dauerhaft weiterbetrieben werden kann.

Sanierungsstrategien mit Wärmepumpen

Basierend auf dynamischen Simulationen wurden unterschiedliche Sanierungsreihenfolgen untersucht. Es zeigt sich, dass durch einen frühzeitigen Einbau einer Wärmepumpe in eine bestehende Heizungsanlage (bivalenter Betrieb) frühzeitig Treibhausgas-Emissionen eingespart und Lock-in-Effekte vermieden werden – in der Modellrechnung bis zu 50 %. Lock-in-Effekte entstehen zum Beispiel, wenn zwischenzeitlich noch einmal ein neuer Heizkessel installiert werden muss, weil man mit dem Einbau einer Wärmepumpe abwartet, bis die Gebäudehülle vollständig saniert ist. Ein schneller Umstieg auf eine Wärmepumpe kann somit sinnvoll sein – die energetische Verbesserung der Gebäudehülle sollte danach aber weiterverfolgt werden.

Wärmepumpen im Energiesystem

Im Zuge der Energiewende müssen Wärmepumpen stärker auf das volatile Stromangebot aus Wind- und Solarenergie abgestimmt werden. Steht wenig regenerative Energie zur Verfügung, müssen z. B. erdgasbetriebene Spitzenlast-Kraftwerke diese Lücke schließen. Somit entstehen durch zusätzliche elektrische Verbraucher (z. B. Wärmepumpen, aber auch Ladestationen für E-Autos) zusätzliche Treibhausgas-Emissionen, die den entsprechenden Verursachern zugeordnet werden müssen. Statische Emissionsfaktoren, die unabhängig von der Wirkung der Verbraucher im Kraftwerkspark für alle gleich sind – auch wenn sie zeitlich hoch aufgelöst sind – erlauben dann keine realistische Bewertung mehr.

Mit einem detaillierten Simulationsmodell wurden die Erzeugungs- und Lastprofile im Gesamtenergiesystem modelliert und unterschiedliche Wärmeerzeuger miteinander verglichen. Wärmepumpen weisen im zukünftigen Energiesystem mit über 70 % Anteil an Erneuerbaren deutlich geringere Treibhausgasemissionen auf als fossile Heizsysteme (durchschnittlich 5 – 7 kg CO₂/m²a im betrachteten Gebäudebestand). Auch bivalente Wärmepumpen, die bei Spitzenlast durch einen Heizkessel unterstützt werden, erzielen sehr niedrige Emissionen, da sie Kraftwerklastspitzen im Stromsystem vermeiden. Monoenergetische Systeme mit Heizstab liegen bei 9 – 12 kg CO₂/m²a, direktelektrische Heizungen sogar bei 33 – 37 kg CO₂/m²a und damit in der gleichen Größenordnung wie fossile Kessel. Der Einsatz von Wärmespeichern verbessert zusätzlich die Nutzung von Überschussstrom und erhöht die Gesamteffizienz des Energiesystems.

Wärmepumpen-Praxis im hessischen Wohngebäudebestand

Laufzeit: Februar 2022 – Oktober 2025

Fördermittelgeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr, Wohnen und ländlichen Raum (HMWVV)

Projektteam: Marc Großklos, Dr. Nikolaus Diefenbach, Guillaume Behem, Stefan Swiderek

Kontakt: Marc Großklos (m.grossklos@iwu.de)