

Wärmepumpenlösungen für Bestandsgebäude



Marc Großklos

Für die Minimierung der Treibhausgas-Emissionen des Gebäudebestandes sind Wärmepumpen eine wichtige Schlüsseltechnologie, da sie mit regenerativem Strom sehr effizient Umweltwärme für die Wärmeversorgung von Gebäuden nutzen können. Im Neubau ist diese Technik besonders bei kleinen Gebäuden, wie z. B. Einfamilienhäusern, bereits etabliert. In Bestandsgebäuden ist der Anteil von Wärmepumpen noch gering und es ist zu klären, wie sie sinnvoll eingesetzt werden können, wenn das Gebäude nur teilweise oder überhaupt nicht saniert wurde. Außerdem stellt sich die Frage, wie die Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung von elektrischem Strom für Wärmepumpen zu bewerten sind. In einem Forschungsprojekt hat das IWU diese Fragen durch Modellrechnungen analysiert, darüber hinaus wird die Praxis des Wärmepumpeneinsatzes in Hessen in einem noch laufenden Feldtest untersucht.

Systeme für das Einfamilienhaus

Um verschiedene technische Ausführungen des Wärmepumpeneinsatzes bei unterschiedlichen energetischen Standards vergleichen zu können, wurde ein Modellgebäude in vier Ausführungen untersucht. Neben dem Originalzustand wurden zwei Teilsanierungen (Dach + Fenster sowie Dach + Fenster + Kellerdecke) und eine Komplettsanierung betrachtet. Für die Wärmeversorgung wurden monovalente (nur Strom als Energieträger) und bivalente (Wärmepumpe mit Ölkessel als Spitzenlast-Wärmeerzeuger) Anlagenkombinationen analysiert. Um eine spätere Überdimensionierung zu verhindern, wurde die Wärmepumpe auf den komplett sanierten Endzustand dimensioniert, auch wenn das Gebäude noch nicht vollständig gedämmt ist.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei einem monovalenten Betrieb der Wärmepumpe in der Regel Dach, Fenster und Kellerdecke saniert sein sollten, damit ein energieeffizienter Betrieb möglich ist. Eine Komplettsanierung ist in diesem Beispiel also nicht unbedingt erforderlich. Dennoch zeigt sich deutlich, dass eine Verbesserung beim Wärmeschutz immer die Treibhausgas-Emissionen senkt und die Effizienz der Wärmepumpe verbessert.

Wird die Wärmepumpe bivalent mit einem Öl-Spitzenlastkessel betrieben, so kann sie nahezu unabhängig vom Sanierungszustand des Gebäudes effizient betrieben werden. An den Tagen, an denen die Vorlauftemperatur im Heizsystem für die Wärmepumpe ungünstige Werte von über 55 °C annimmt, ergänzt der Spitzenlastkessel die Wärmeerzeugung, sodass die Effizienz der Wärmepumpe auf hohem Niveau bleibt. Damit sind dann auch bei unsanierten Gebäuden Einsparungen der Treibhausgas-Emissionen von über 50 % möglich.

Systeme für das Mehrfamilienhaus

Anders als beim Einfamilienhaus spielen im Mehrfamilienhaus auch die Trinkwasserbereitung und die damit verbundenen Temperaturanforderungen an die Wärmepumpe eine entscheidende Rolle für einen effizienten Betrieb. Eine zentrale Warm-

wasserbereitung erfordert für einen hygienisch einwandfreien Betrieb in der Regel Temperaturen von 60 °C, die sich jedoch negativ auf die Effizienz der Wärmepumpe auswirken.

Auch hier wurden unterschiedliche energetische Standards der Gebäudehülle und der Wärmeversorgung betrachtet. Bei der zentralen Warmwasserbereitung erreichte auch hier die bivalente Anlage mit Spitzenlastkessel bei un- oder teilsanierten Gebäuden eine deutlich bessere Effizienz als der monovalente Betrieb. Wird das Trinkwasser dezentral in den Wohnungen mit Frischwasserstationen erwärmt und die Wärmeversorgung erfolgt monovalent, so sollte das Gebäude für einen effizienten Betrieb zumindest beim Dach bzw. der obersten Geschossdecke, den Fenstern und der Kellerdecke energetisch verbessert worden sein. Bei monovalentem Betrieb und dezentraler Warmwasserbereitung mit Frischwasserstation liegen die Treibhausgas-Emissionen immer unter denen einer zentralen Warmwasserbereitung. Eine dezentrale direktelektrische Warmwasserbereitung führt bei den Beispielgebäuden zu den höchsten Treibhausgas-Emissionen und einer sehr niedrigen Gesamteffizienz der Anlage.

Solare Deckungsgrade für die Wärmeversorgung

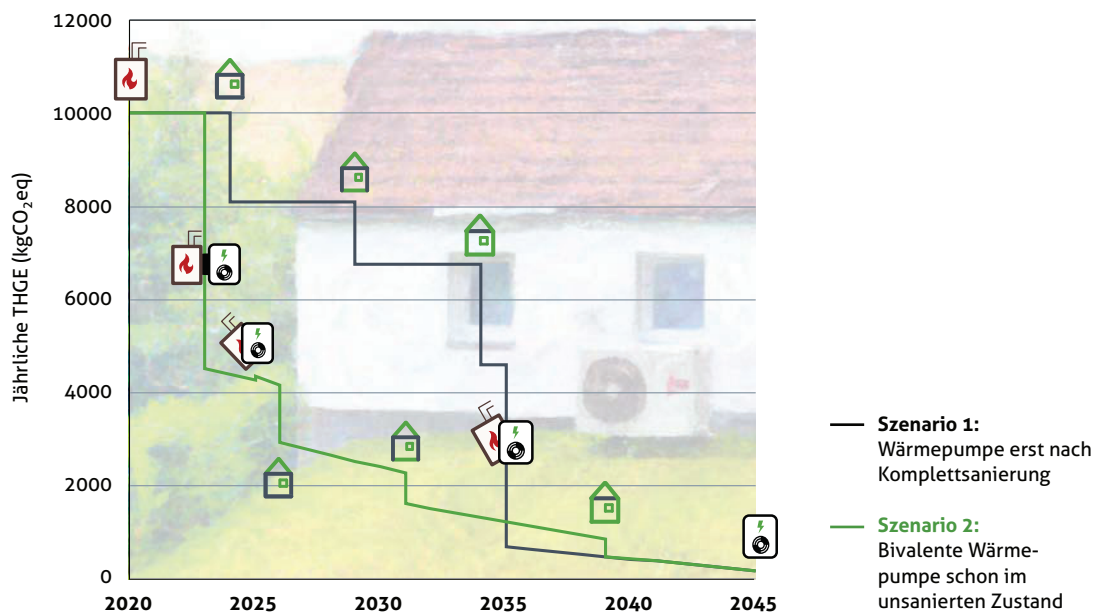
Der Umstieg auf eine Wärmepumpenheizung wird oft mit einer eigenen Photovoltaik (PV)-Anlage kombiniert. Aus diesem Grund wurde auch untersucht, welchen Anteil die PV-Anlage am Strombedarf der Wärmepumpe decken kann. Ist keine Optimierung der Regelung zur PV-Stromnutzung vorhanden, so können mit der angenommenen typischen Auslegung der Anlage von 8 kWp beim unsanierten Einfamilienhaus 14 % des Strombedarfs der Wärmepumpe gedeckt werden. Beim komplett sanierten Gebäude sind es 20 %, die durch eine optimierte Regelung bis auf 39 % gesteigert werden können.

Beim Mehrfamilienhaus ist die Fläche für eine optimal dimensionierte PV-Anlage in der Regel begrenzt. Wenn in dem betrachteten Gebäude mit 8 Wohnungen eine PV-Anlage mit 14 kWp installiert wird, dann kann sie ohne Optimierung nahezu unabhängig vom Sanierungszustand des Gebäudes nur etwa 7 % des Strombedarfs für die Wärmeerzeugung decken. Durch eine Optimierung der Regelung zur PV-Stromnutzung kann dieser Wert beim komplett sanierten Mehrfamilienhaus auf 13 % gesteigert werden. Erst durch eine deutliche Vergrößerung der PV-Anlage und eine optimierte Regelung sind wesentlich höhere Deckungsgrade erreichbar. Mit einer 36 kWp PV-Anlage werden maximal 32 % des Strombedarfs für die Wärmeversorgung gedeckt.

Bewertung der Treibhausgas-Emissionen

Bisher werden Treibhausgas-Emissionen mit einem einheitlichen und zeitlich konstanten Emissionsfaktor für die jeweiligen Energiesysteme berechnet. Besonders bei elektrischem Strom schwankt jedoch der Anteil der regenerativen Energien im Jahresverlauf. Außerdem wird mit dem Ausbau von Wärme-

Abbildung: Vergleich der jährlichen Treibhausgas-Emissionen zweier Sanierungsstrategien: zuerst schrittweise Sanierung der Gebäudehülle und danach Umstieg auf eine Wärmepumpe (schwarze Linie) bzw. sofortiger Einbau einer bivalenten Wärmepumpe mit anschließender schrittweiser Sanierung der Gebäudehülle (grüne Linie)



pumpen der Strombedarf in Deutschland erhöht. Wenn vor allem im Winter nicht genügend regenerativer Strom zur Verfügung steht, müssen fossile Spitzenlast-Kraftwerke die Lücke ausgleichen. Berücksichtigt man diese zusätzlichen Treibhausgas-Emissionen verursachergerecht bei der Bewertung von Wärmepumpen, dann bietet dieses Vorgehen die Möglichkeit, monovalente und bivalente Konzepte besser miteinander zu vergleichen.

Für das angestrebte elektrische Energiesystem im Jahr 2030 wurden mit einem detaillierten und zeitlich hoch aufgelösten Berechnungsmodell Wärmepumpen in unterschiedlichen Betriebsweisen mit Referenzsystemen (Erdgas/Heizöl) verglichen. Dabei zeigte sich, dass sich die Treibhausgas-Emissionen der Wärmepumpen durch die verursachergerechte Betrachtung gegenüber dem Ansatz konstanter Emissionsfaktoren verdoppeln können, die Emissionen lagen jedoch immer noch deutlich unter denen der fossilen Vergleichssysteme. Bivalente Wärmepumpen schnitten dabei nur geringfügig schlechter oder sogar gleichwertig mit dem monovalenten System ab. Dies liegt daran, dass der Spitzenlastkessel im Gebäude die verlustbehaftete zusätzliche Stromerzeugung eines fossilen Kraftwerks einspart.

Konzepte für die Sanierungsschritte im Zeitverlauf

Für den Fall eines unsanierten Gebäudes, bei dem der effiziente Betrieb einer monovalenten Wärmepumpe aktuell nicht möglich ist, sind zwei grundsätzliche Pfade denkbar. Entweder wird das Gebäude erst schrittweise saniert und dann erfolgt der Umstieg auf eine monovalente Wärmepumpe. Oder die Wärmepumpe wird sofort als bivalentes System mit einem fossilen Spitzenlastkessel (z. B. dem bestehenden) eingebaut und anschließend werden ebenfalls die anstehenden Teilsanierungen vorgenommen. Dabei wird unterstellt, dass die Teilsanierungsschritte dann durchgeführt werden, wenn sie an ohnehin notwendige Maßnahmen (z. B. Anstrich der Fassade) gekoppelt werden können, sodass die energiebedingten Mehrkosten am geringsten sind und die Schritte dadurch besonders wirtschaftlich ausgeführt werden können.

Durch den Einbau einer bivalenten Wärmepumpe können die Treibhausgas-Emissionen sehr deutlich und schnell reduziert werden. Wird zuerst die Gebäudehülle saniert, dauert es länger, bis die Emissionen deutlich sinken, dafür kann die Wärmepumpe optimal auf den zukünftigen Wärmebedarf ausgelegt werden. Am Ende des Sanierungsprozesses sind die Emissionen bei beiden Vorgehensweisen gleich hoch. Allerdings wurden zwischenzeitlich durch den schnellen bivalenten Wärmepumpeneinbau deutlich weniger Treibhausgas-Emissionen verursacht als bei der Variante, die die Gebäudehülle zuerst optimiert. Im Sinne eines Gesamtbudgets bei den Treibhausgas-Emissionen hat der bivalente Betrieb somit je nach Situation Vorteile. Wichtig ist, dass Wärmeschutz und Heizungstechnik immer zusammen gedacht werden.

Erfahrungen mit Wärmepumpen in Hessen

In einem weiteren Teil des Projekts wird der Wärmepumpeneinsatz in Hessen in der Praxis untersucht. Dazu wurde bei 85 Gebäuden, überwiegend Ein- bzw. Zweifamilienhäuser, eine Ortsbegehung durchgeführt. Die umgesetzten technischen Konzepte wurden dabei analysiert und die Motivation der Eigentümer für den Einbau einer Wärmepumpe abgefragt. Bei ca. 40 dieser Gebäude werden darüber hinaus über 2 Jahre hinweg die Verbräuche monatlich erfasst. Mit den Auswertungen, die bis zum Jahr 2025 vorliegen sollen, können Schlussfolgerungen über die tatsächliche Effizienz von Wärmepumpen gezogen werden und es sollen Systeme identifiziert werden, die sich in der Praxis besonders bewährt haben.

Wärmepumpen-Praxis im hessischen Wohngebäudebestand

Laufzeit: Februar 2022 – Juli 2025

Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW)

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

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