

Effizienter Wärmepumpenbetrieb im Bestand

Wärmepumpen gelten als Schlüsseltechnologie für die Dekarbonisierung des Gebäudebestands – besonders dort, wo keine Fernwärme verfügbar ist. Beim Heizungsaustausch in Mehrwohnhäusern erschweren jedoch hohe Vorlauftemperaturen, Platzmangel und Lärmbedenken ihren Einsatz. Der Beitrag zeigt, wie Wärmepumpen im Bestand dennoch effizient betrieben werden können und warum niedrige Systemtemperaturen dabei entscheidend sind.

Wärmepumpen ermöglichen die Nutzung von Umweltwärme und Abwärmequellen und bieten damit eine effiziente und langfristig wirtschaftliche Lösung zur Dekarbonisierung des Gebäudebestands abseits der Fernwärmenetze. In diesen Gebieten stellen sie oft die einzige realistische Option für eine lokal emissionsfreie und strombasierte Wärmeherzeugung dar.

Der Einsatz von Wärmepumpen im Mehrwohnungsbestand verläuft jedoch schleppend. Zu den häufig genannten technischen Hemmnissen zählen hohe notwendige Vorlauftemperaturen bei Bestandsgebäuden (mit entsprechender Effizienzmindernng), unzureichende Heizleistungen der Wärmepumpen, Lärmemissionen – insbesondere bei Luft-Wärmepumpen – sowie begrenzte Platzverhältnisse im Gebäude. In ungünstigen Fällen führen diese Einschränkungen dazu, dass weiterhin fossile Brennstoffe genutzt werden.

Optimale Betriebsbedingungen für Wärmepumpen

Um die Verbreitung von Wärmepumpen im Mehrwohnungsbestand zu befördern, müssen einige Herausforderungen bewältigt werden - unter anderem ihre korrekte Dimensionierung und ein effizienter Betrieb in Kombination mit bestehenden Wärmeabgabesystemen.

Eine überdimensionierte Wärmepumpe führt zu häufigen Ein- und Ausschaltzyklen, was ihre Effizienz verringert. Das gilt auch für zu groß dimensionierte modulierende Wärmepumpen, da deren geringste Modulationsstufe (ca. 25% der Maximalleistung) in der Übergangszeit oftmals zu groß ist und die Wärmepumpe zu takten beginnt. Eine korrekte Dimensionierung der Wärmepumpe trägt somit zur Steigerung der Systemleistung bei.

Neue Wärmepumpen mit angepassten Kältemitteln könnten dazu beitragen, die Leistung und Effizienz bei höheren Vorlauftemperaturen zu verbessern [1]. Dennoch sinkt die Leistungszahl drastisch, wenn die Vorlauftemperatur steigt [2]. Darüber hinaus ist die Leistung und Effizienz der Wärmepumpen unter realen Betriebsbedingungen in der Regel niedriger als vom Hersteller angegeben [3].

Auch wenn moderne Wärmepumpen Wärme auf einem hohen Temperaturniveau ($> 60\text{ °C}$) bereitstellen können, ist es dennoch sinnvoll, das gesamte Haustechniksystem – sowohl Raumheizung als auch Warmwasserbereitung – so zu optimieren, dass möglichst niedrige Temperaturen benötigt werden.

Dimensionierung von Wärmepumpen: Heizwärmebedarf und Heizlastberechnung

Um eine Wärmepumpe passend zu dimensionieren, bedarf es einer möglichst genauen Abschätzung des Heizwärmebedarfs und der Heizlast.

- **Der Heizwärmebedarf (HWB)** ist die energetische Gesamtmenge (kWh) an Wärme, die ein Gebäude über eine gesamte Heizperiode (z. B. ein Jahr) benötigt.
- **Die Heizlast** gibt die maximale Leistung (kW) an, die ein Heizsystem liefern muss, um das Gebäude am kältesten normierten Wintertag auf Solltemperatur zu halten.

Zur Ermittlung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes sowie der Heizlast der einzelnen Räume stehen unterschiedliche Berechnungsverfahren zur Verfügung. Ein Beispiel ist das Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP), das sich in der Praxis als verlässliches Werkzeug zur genauen Prognose des Heizwärmebedarfs erwiesen hat [4]. Darüber hinaus ermöglicht das PHPP auch die Berechnung der Heizlast, wobei es – im Unterschied zur Norm EN 12831-1 [5] – zusätzlich Wärmegewinne berücksichtigt und zwei verschiedene Wetterszenarien einbezieht: einen kalten, sonnigen Tag sowie einen mäßig kalten, bewölkten Tag.

Empfehlungen

- **Dimensionierung des Wärmeabgabesystems** nach raumweiser Heizlast auf Basis der Heizlastnorm EN 12831 [6]
- **Dimensionierung der Wärmepumpe**
 - Heizleistung Wärmepumpe = Heizlast aus dynamischer Simulation [6] oder PHPP inkl. notwendiger Leistung für die Warmwasserbereitung (abhängig von Warmwasserbedarf, Speicherkapazität und Betriebsmodus der Wärmepumpe)
 - Heizwärme Wärmepumpe = Heizwärmebedarf aus dynamischer Simulation oder PHPP inkl. notwendigem Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung

Die im Folgenden dargestellten Untersuchungen 1 und 2 zeigen, dass die PHPP-Ergebnisse gut mit dynamischen Simulationen übereinstimmen. Im Vergleich zur Norm EN 12831-1 liegen die PHPP-Werte durchschnittlich 40 % niedriger, da die Norm strengere Randbedingungen verwendet (Worst-Case-Szenario).

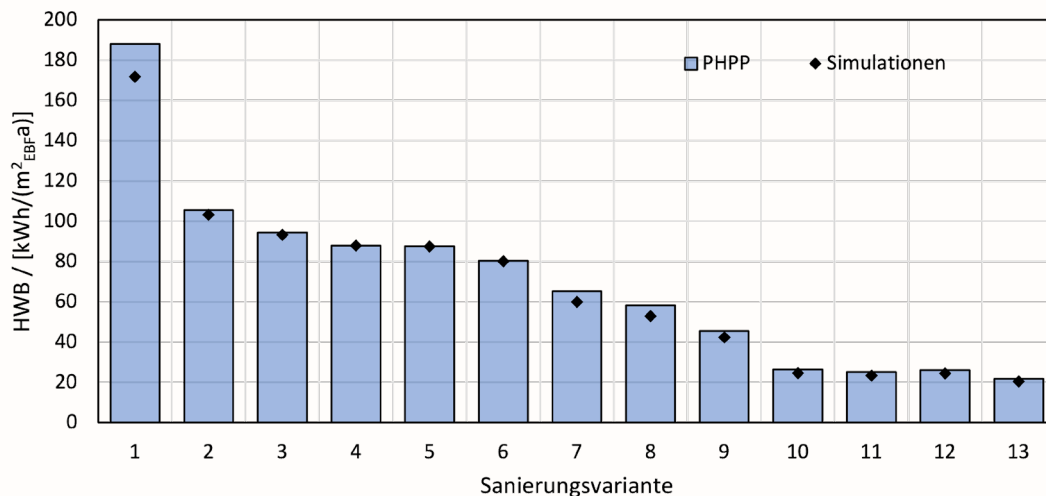
UNTERSUCHUNG 1

Heizwärmebedarf nach PHPP und Simulation

Die Untersuchung zeigt am Beispiel eines Mehrwohnhauses in Innsbruck (10 Wohnungen, 732 m² konditionierte Fläche) den Heizwärmebedarf für 13 Sanierungsvarianten nach PHPP und mit einer dynamischen Simulation im Vergleich [7].

- Sanierungsvariante 1: Unsaniertes Bestandsgebäude aus den 50er-Jahren mit einem Heizwärmebedarf > 180 kWh/(m²a)
- Sanierungsvariante 2: Typische Teilsanierung in den 90er-Jahren (Dämmung obersten Geschoßdecke, Wärmedämmverbundsystem mit ca. 5 cm Dämmstärke, Fenstertausch) mit einem Heizwärmebedarf von ca. 100 kWh/(m²a)
- Sanierungsvarianten 3 bis 12: Schrittweise Verbesserung der thermischen Gebäudehülle
- Sanierungsvariante 13: Energieeffiziente Gesamtsanierung der thermischen Gebäudehülle mit kontrollierter Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Der Vergleich zeigt, dass der Heizwärmebedarf nach PHPP sehr gut mit den Ergebnissen der dynamischen Simulation übereinstimmt.



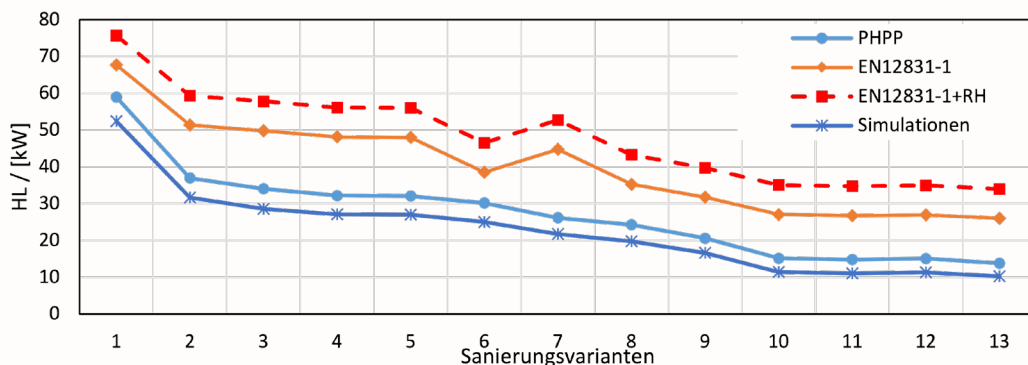
Heizwärmebedarf nach PHPP und nach dynamischer Simulation für unterschiedliche Sanierungsvarianten - von (1) unsaniert bis (13) energieeffiziente Gesamtsanierung

UNTERSUCHUNG 2

Vergleich von Heizlastberechnungen

Die Untersuchung zeigt für die 13 Sanierungsvarianten vier verschiedene Heizlastberechnungen im Vergleich.

- Heizlast nach PHPP
- Heizlast nach Norm EN 12831-1
- Heizlast nach Norm EN 12831-1 unter Berücksichtigung der zusätzlichen Nachheizleistung (RH)
- Heizlast nach dynamischer Simulation (Maximum der sortierten Heizlasten, das nur für wenige Stunden im Jahr benötigt wird)



Heizlast nach PHPP, Norm EN 12831-1 und dynamischer Simulation für verschiedene Sanierungsvarianten [7]

Die Heizlast nach PHPP stimmt gut mit der maximalen Heizlast aus der dynamischen Simulation überein. Sie ist im Durchschnitt 34% geringer als die Heizlast nach Norm EN 12831-1 (bzw. 46% bei Berücksichtigung der Nachheizleistung). Dies ist dadurch begründet, dass in der Norm strengere Bedingungen für die Berechnung gelten (d.h. keine internen Gewinne, nicht beheizte Nachbarwohnungen, hohe Lüftungsrate, niedrige Umgebungstemperatur). Diese Randbedingungen stellen ein Worst-Case-Szenario dar, was zumindest für lange Heizperioden ohnehin unwahrscheinlich ist.

Heizkörper und erforderliche Vorlauftemperatur

Die Effizienz einer Wärmepumpe und ihre Einsatzmöglichkeit in einem (teil-)sanierten Gebäude hängen in hohem Maße von der erforderlichen Vorlauftemperatur ab. Diese wird durch die Größe und Typologie der installierten Heizkörper sowie durch die Auslegungsheizlast bestimmt.

Für eine niedrige Vorlauftemperatur und damit einen effizienten Wärmepumpenbetrieb im Mehrwohnungsbestand gibt es die folgenden drei Optionen:

1. stark überdimensionierte Bestandsheizkörper
2. moderate thermische Sanierung mit Austausch der Bestandsheizkörper durch Niedertemperaturheizkörper
3. umfassende thermische Sanierung

Eine hochwertige thermische Sanierung ermöglicht nicht nur einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe, sondern erhöht zugleich die Robustheit des gesamten Haustechniksystems gegenüber suboptimalen Betriebsbedingungen.

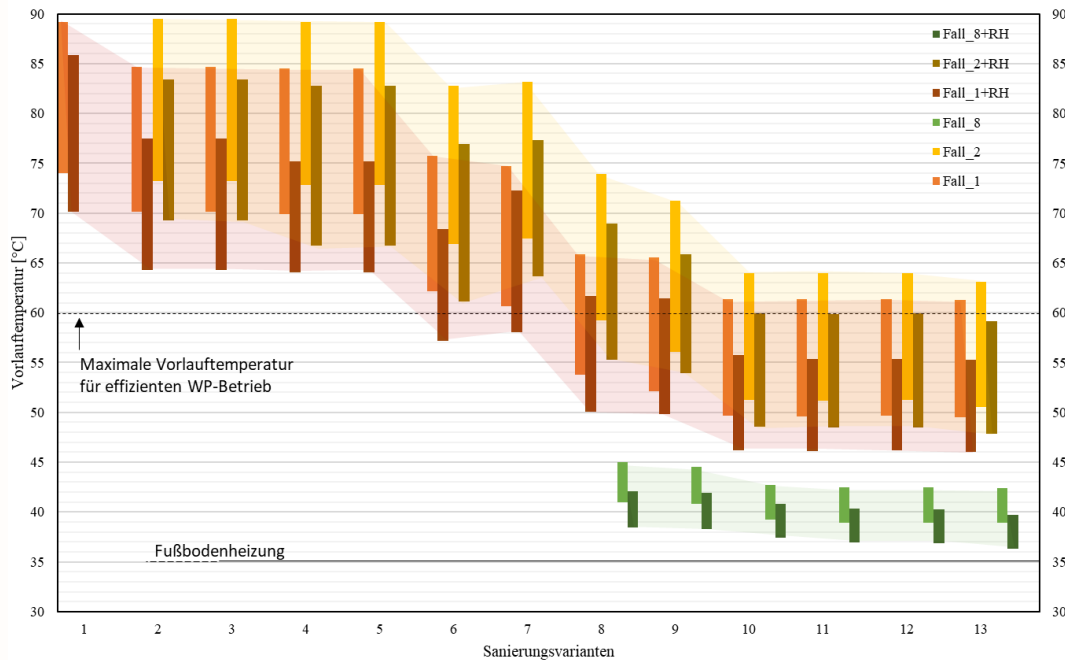
UNTERSUCHUNG 3

Vorlauftemperaturen bei unterschiedlichen Heizkörperszenarien

Die Untersuchung zeigt am Beispiel des Mehrwohnungshauses in Innsbruck (10 Wohnungen, 732 m² konditionierte Fläche), welchen „von-bis“-Bereich an erforderlichen Vorlauftemperaturen (Vorlauftemperaturspanne) die 13 Sanierungsvarianten in Kombination mit den drei nachfolgend beschriebenen Heizkörperszenarien aufweisen. Aufgrund unterschiedlicher Heizkörpertypen, Temperaturspreizungen und Massenströme ergibt sich eine mögliche Vorlauftemperaturspanne.

- **Szenario 1: Heizkörper im Bestand** (Roter Bereich, Sanierungsvarianten 1 bis 13)
Die Heizkörper sind für Sanierungsvariante 1 mit einer Gebäudeheizlast von 68 kW nach EN 12831-1 und damit groß dimensioniert und erfordern im unsanierten Bestandsgebäude eine Vorlauftemperaturspanne von 70 bis 89 °C. Für Sanierungsvariante 2 mit einer Gebäudeheizlast von 51 kWh nach EN 12831-1 ist deshalb eine niedrigere Vorlauftemperaturspanne von 64 bis 85 °C möglich.
- **Szenario 2: Heizkörper nachträglich installiert** (Gelber Bereich, Sanierungsvarianten 2 bis 13)
Die Heizkörper sind für Sanierungsvariante 2 (Teilsanierung in den 90er-Jahren) mit einer Gebäudeheizlast von 51 kW nach EN 12831-1 „schlanker“ dimensioniert und erfordern eine Vorlauftemperaturspanne von 69 bis 90 °C. In Sanierungsvariante 4 mit einer Gebäudeheizlast von 48 kW nach EN 12831-1 reduziert sich die Vorlauftemperaturspanne nur minimal auf 67 bis 89 °C.

- **Szenario 3: Niedertemperaturheizkörper** (Grüner Bereich, Sanierungsvarianten 8 bis 13)
Die Niedertemperaturheizkörper sind für Sanierungsvariante 8 mit einer Gebäudeheizlast von 35 kW nach EN 12831-1 dimensioniert



Vorlauftemperaturspanne für verschiedene Sanierungsvarianten und Heizkörperszenarien [7]

Bei den Sanierungsvarianten 8 bis 13 ist ein breiter Bereich möglicher Vorlauftemperaturen zu erwarten, abhängig vom gewählten Heizkörper-Szenario. Dieser reicht von niedrigen Vorlauftemperaturen von 36 bis 45 °C bei Niedertemperaturheizkörpern (Szenario 3) bis maximal 75 °C bei nachträglich installierten Heizkörpern (Szenario 2).

Die angegebenen Vorlauftemperaturen sind Auslegungstemperaturen, die unter den ungünstigsten Winterbedingungen erforderlich sind. Während der Heizsaison kann die Vorlauftemperatur abhängig von der Außentemperatur abgesenkt werden, wodurch die Heizleistung und Effizienz der Wärmepumpe steigen.

Eine Teilsanierung des Gebäudes (Sanierungsvariante 2 bis 5) führt zwar zu einer Verringerung des Heizwärmebedarfs und der Heizlast des gesamten Gebäudes, aber möglicherweise sinkt dadurch die Heizlast einzelner Räume nicht, die dann zum Engpass für die notwendige Vorlauftemperatur werden können.

Quellen

- [1] M. Lämmle et al., "Performance of air and ground source heat pumps retrofitted to radiator heating systems and measures to reduce space heating temperatures in existing buildings," *Energy*, vol. 242, p. 122952, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.ENERGY.2021.122952.
- [2] T. Cao and Y. Hwang, "HPT Annex 54: Heat Pump Systems with Low-GWP Refrigerants TASKS 1, 2 AND 3," 2022.
- [3] R. O'Hegarty, O. Kinnane, D. Lennon, and S. Colclough, "Air-to-water heat pumps: Review and analysis of the performance gap between in-use and product rated performance," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 155, p. 111887, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.RSER.2021.111887.
- [4] G. Dermentzis et al., "A comprehensive evaluation of a monthly-based energy auditing tool through dynamic simulations, and monitoring in a renovation case study," *Energy Build*, vol. 183, pp. 713–726, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.enbuild.2018.11.046.
- [5] EN 12831-1:2017, "Energy performance of buildings - Method for calculation of the design heat load - Part 1: Space heating load," 2017.
- [6] M. Grim-Schlink, A. Preisler, and A. Stipsits, "Heizlast optimieren," 2020.
- [7] M. Magni, F. Ochs, E. Venturi, G. Dermentzis, and W. Monteleone, "Impact of the European Building Energy Requirements on the Heat Pump Market," in 14th IEA Heat Pump Conference, 2023, pp. 1–12. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/372288194>

Impressum

Herausgeber

Energieinstitut Vorarlberg
Fachbereich Bauen und Sanieren
www.energieinstitut.at

Universität Innsbruck
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen
Dornbirn und Innsbruck, 2026

Graphik

studio altenried · bernd altenried, jonas altenried
www.almo.de

Die Planungsempfehlungen wurden von 2023 bis 2025 in den Forschungsprojekten SüdSan und PhaseOut erarbeitet, die im Rahmen der 8. Ausschreibung des Programms „Stadt der Zukunft“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur gefördert wurden. Darüber hinaus wurde das Projekt SüdSan auch vom Land Vorarlberg unterstützt.

herausgegeben von



gefördert von

