

Abluftanlage mit Nutzung der Abwärme mittels einer Wärmepumpe für Gründerzeitgebäude

Konstantin Holzmann¹, Rainer Kogler¹, Thomas Mach² & Michael Monsberger¹
¹TU Graz, Institut für Bauphysik, Gebäudetechnik und Hochbau (IBPSC), Österreich
²TU Graz, Institut für Wärmetechnik (IWT), Österreich

Einführung

Gründerzeithäuser haben einen beträchtlichen Anteil am Gebäudebestand von Innenstädten in Mitteleuropa. Die Belüftung von Gründerzeitgebäuden erfolgt typischerweise mittels Fensterlüftung. Im Zuge der Sanierung von Gründerzeitgebäuden stellt sich die Frage hinsichtlich einer Nachrüstung mit aktiver Lüftungssystemen, um Lüftungswärmeverluste zu verringern und das Raumklima zu verbessern. Im Rahmen des Forschungsprojekts COOL-KIT [1] wurde im Zuge einer Masterarbeit [2] für ein Gründerzeitgebäude in Graz eine Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung durch eine Wärmepumpe mittels Simulationen untersucht. Ausgewählte Ergebnisse dieser Untersuchung sind nachfolgend dargestellt.

Zielsetzung

Abluftsysteme mit einer Luftnachströmung mittels Außenbauteil-Luftdurchlässen (z.B. im Bereich von Fenstern) stellen eine Alternative zu klassischen Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft dar. Solche Systeme kommen im Neubau aber auch in der Sanierung immer wieder zur Anwendung. Von Vorteil sind deren einfacher Aufbau, was insbesondere auch für die Nachrüstung in Gründerzeitgebäuden interessant ist, und die kostengünstige Umsetzung. Ein wesentlicher Nachteil ist das Fehlen einer Wärmerückgewinnung. Ein Lösungsansatz dafür ist die Kombination mit einer Abluftwärmepumpe, welche der Fortluft Wärme zum Zweck der Warmwasserbereitung und/oder Raumheizungsunterstützung entzieht (Abb. 1). Die Anwendung eines solchen Abluftsystems mit Wärmerückgewinnung in Gründerzeitgebäuden ist bis dato kaum untersucht. Ziel dieser Arbeit ist daher eine erste Evaluierung und Beurteilung dieses Anwendungsszenarios mittels dynamischen Gebäudesimulationen. Den Untersuchungen sind folgende Forschungsfragen zugrunde gelegt:

1. Kann die Anlage dabei helfen, die Gefahr sommerlicher Überwärmung durch Nachtlüftung zu reduzieren?
2. Wie groß ist die Menge der zurückgewonnen Wärme aus der Abluft? Wie sieht das Verhältnis zur aufzuwendenden elektrischen Energie für die Rückgewinnung aus?
3. Welche (statische) Amortisationszeit ergibt sich aus der Gegenüberstellung der Anlagenkosten aus Errichtung und Betrieb und den erzielbaren Einsparungen bei den Gesamtenergiekosten? Amortisiert sich eine derartige Anlage?

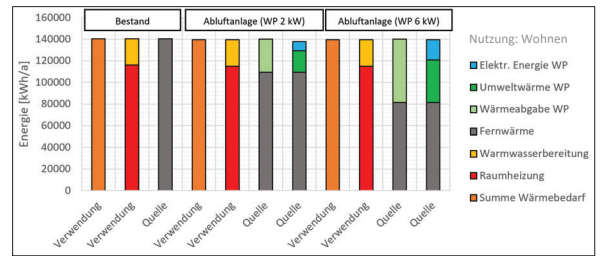


Abb. 3: Gegenüberstellung Energiemengen für Bestand (Fensterlüftung) und Abluftanlage mit WP

Die Werte im Basisfall lauten: Nennleistung WP (2 kW), Gesamtvolumenstrom (660 m³/h; entspricht einer effektiven Luftwechselzahl von 0,34 1/h; konstanter Betrieb), Jahresarbeitszahl JAZ (3,74), elektrisch Energie WP (8,2 MWh/a), Wärmeabgabe WP (30,7 MWh/a), Fernwärme Bezug (109,3 MWh), Fortlufttemperatur FOL – minimales Monatsmittel (9,6 °C). Erwartungsgemäß steigt die rückgewonnene Wärme bei höheren Wärmepumpenleistungen bei gleichzeitig sinkender Jahresarbeitszahl und Fortlufttemperatur. Eine Wärmepumpenleistung von 6 kW stellt für den untersuchten Anwendungsfall eine sinnvolle Wahl dar. Abb. 3 zeigt eine Gegenüberstellung der berechneten jährlichen Energiemengen für die Bestandssituation (Fensterlüftung – keine Abluftanlage) und Varianten Abluftanlage mit 2 kW Wärmepumpe (Basisvariante) und 6 kW Wärmepumpe. Abb. 4 zeigt statische Amortisationszeiten in Abhängigkeit von WP-Leistung, Investitionskosten (WP, Außenbauteil-Luftdurchlässe, Abluftleitungen, Ventilator, Pufferspeicher, Umrüstung Warmwasser), Strompreis und Fernwärmepreis. Zur Ermittlung der betrachteten Kostenbereiche wurde bei den Investitionskosten auf Daten des Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) zurückgegriffen, bei den Energiepreisen auf Daten österreichischer Energieversorgungsunternehmen. Die Amortisationszeit hängt signifikant von der Energiepreissituation ab. Für eine WP-Leistung von 6 kW sind im betrachteten Fall Amortisationszeiten im Bereich von 7 bis 15 Jahren erreichbar.

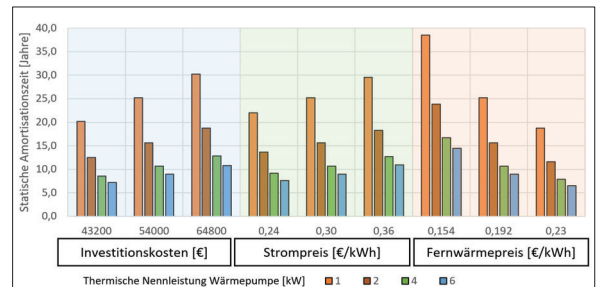


Abb. 4: Statische Amortisationszeit für das Nutzungsszenario „Wohnen“

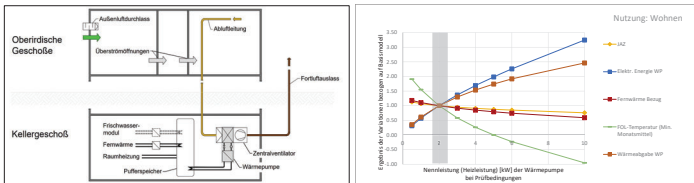


Abb. 1: Schema der Abluftanlage mit Wärmepumpe

Abb. 2: Änderungen bei Variation der WP-Leistung

Methodik

Die Untersuchungen erfolgten anhand eines dreigeschoßigen Gründerzeitgebäudes (Baujahr 1867) in Graz mit einer Nutzfläche von 745 m². Es ist mit Kastenfenstern ausgestattet und an ein Fernwärmenetz angeschlossen. Die Nutzung ist universitär (Büros, Zeichensäle), es befindet sich jedoch auch noch eine privat genutzte Wohneinheit im Gebäude. Für dieses Beispielgebäude wurde eine zentrale Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpe entworfen und ein Mehrzonen-Simulationsmodell (57 Zonen) in der Software IDA ICE (Version 5.0) erstellt. Untersucht wurden zwei Szenarien, die reine Nutzung als Wohn- sowie als Bürogebäude. Für beide Varianten wurden unterschiedliche statische und bedarfsorientierte Betriebsstrategien der Abluftanlage definiert. Als Bezug für Vergleiche wird der Ist-Zustand (Bestand) einer natürlichen Fensterlüftung herangezogen. Im Falle der Wohnnutzung wird das Warmwasser gebäudezentral erwärmt – die zurückgewonnene Wärme kann hier sowohl zur Warmwasserbereitung als auch zur Raumheizungsunterstützung verwendet werden. Bei der Büronutzung wird von einer rein dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung ausgegangen, sodass nur die Verwendung zur Raumheizungsunterstützung möglich ist.

Resultate

Hinsichtlich Forschungsfrage 1 kann festgehalten werden, dass auf Basis der durchgeführten Simulationen für die untersuchten Systemvarianten und Betriebsweisen kein substantieller Beitrag zur Minderung sommerlicher Überwärmung mittels Nachtlüftung nachgewiesen werden konnte. Die erreichbaren Luftvolumenströme durch die Außenbauteil-Luftdurchlässe in der Gebäudehülle sind dafür zu gering. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen energetische und ökonomische Untersuchungsergebnisse für die Nutzung als Wohngebäude. Ausgehend von einer grau hinterlegten Basisvariante ist in Abb. 2 die indexbasierte Änderung verschiedener Systemparameter für unterschiedliche Nennleistungen der Wärmepumpe (WP) dargestellt.

Schlussfolgerungen

- Das untersuchte System Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpe ist aufgrund der einfachen baulichen Integration eine interessante Option für die Nachrüstung von Gründerzeitgebäuden mit einem aktiven Lüftungssystem.
- Für die Nutzung als Wohngebäude, kann ein substantieller Teil (bis zu 40 % beim untersuchten Gebäude) des Gesamtwärmebedarfs durch die Abluftwärmepumpe abgedeckt werden.
- Bei Wohnnutzung können Amortisationszeiten zwischen 7 und 15 Jahren erreicht werden, womit eine Basis für eine wirtschaftlich sinnvolle Investitionsentscheidung gegeben ist.
- Für die Büronutzung zeigen die Ergebnisse, dass keine zufriedenstellende Amortisationszeit erreicht werden kann. Grund dafür ist unter anderem die fehlende Nutzbarkeit der Abwärme im Sommer, da die Nutzung zur Warmwasserbereitung nicht gegeben ist.
- Die Anlage trägt nicht zur Minderung des Risikos sommerlicher Überwärmung bei.

Zukünftige Forschung

- Vergleich des Systems Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpe mit einem klassischen Zu- und Abluftsystem als Referenz.
- Bewertung des Systems mittels LCA und Vergleich mit anderen Systemen.
- Praktische Umsetzung der Außenbauteil-Luftdurchlässe.
- Untersuchung der Strömungsverhältnisse im Gebäude (Einfluss von Infiltration durch die Gebäudehülle, Nachströmung zwischen Räumen).
- Optimierung der Wärmepumpe und der Betriebsstrategien.
- Experimentelle Untersuchung im Rahmen eines Pilotprojekts.