

Einfache Lüftungssysteme für Wohngebäude – Untersuchungen in einer Forschungswohnung

Thomas Strobl, Markus Wirnsberger, Harald Krause, Hochschule Rosenheim
Hochschulstraße 1, 83024 Rosenheim, Deutschland
Tel.: +49-8031/805-2687; harald.krause@fh-rosenheim.de

Einleitung

Effiziente Lüftungssysteme zur Sicherstellung guter Luftqualität sind für Passivhäuser essentiell. Ein Hemmnis für den Einsatz stellen insbesondere in der Sanierung die nach wie vor hohen Kosten dar. In mehreren Projekten [Schiantarelli 2015] [Sibille et al. 2013] wurde bisher versucht, vereinfachte Systeme zu entwickeln [Sibille, Pfluger 2016] [Huber 2013]. In diesem Forschungsprojekt wurde die Idee einer technisch einfachen und möglichst kanalfreien Belüftungsmöglichkeit mithilfe von aktiven Überströmern untersucht. Dabei wird die Zuluft nur zentral in der Mischzone der Wohnung (Flur, offenes Wohnzimmer) eingebracht. Die Abluft wird konventionell erfasst. Dadurch kann auf ein Zuluftkanalnetz verzichtet werden. Der aktive Überströmer ist dabei in die Zwischenwand bzw. im Türsturz des Anforderungsraumes (z.B. Schlafzimmer) eingebaut. Er besteht aus einem Axiallüfter mit einem Durchmesser von 120 mm, der (bei geschlossener Tür) die Luft aus der Mischzone in das angrenzende Schlafzimmer fördert.

Neue Forschungswohnung

In einer neuen Forschungswohnung an der HS Rosenheim (Abb. 1) besteht die Möglichkeit, solche Systeme im Detail im praxisnahen Einsatz zu untersuchen. Mit einer Bruttogrundfläche von 70 m² (7 x 10 m) und einer Raumhöhe von 2,8 m weist sie ein Volumen von 196 m³ auf.

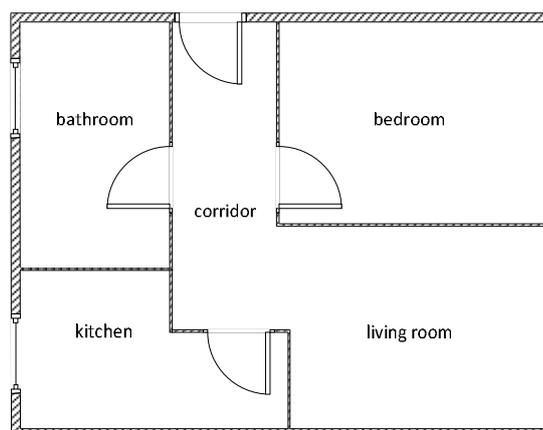


Abbildung 1: Floor plan of the research apartment

Zentrale Zuluft einbringung

Das hier untersuchte Belüftungskonzept mittels aktiven Überströmern und zentraler Zuluft einbringung unterscheidet sich maßgeblich von den bisherigen normativen Vorgaben

nach DIN 1946-6 zur Belüftung von Wohnungen [DIN EN 1946-6]. Die Leistungsfähigkeit wurde in Abhängigkeit der folgenden Parameter untersucht:

- Überströmer Fördervolumenstrom und Einblasrichtung
- Zuluftvolumenstrom und Position
- CO₂-Vorbelastung der Wohnung

Der zentrale Bewertungsparameter ist hierbei die Lüftungswirksamkeit ε_{AZ} . Sie beschreibt, wie gut die Raumlufte in der Aufenthaltszone (AZ) durchmischt ist [Raatschen 1988] und damit wie gut die Schadstoffe abtransportiert werden.

Die Lüftungswirksamkeit ε_{AZ} , auch als „Contaminat Removal Effectiveness“ (CRE) [Corgnati et. al. 2011] oder als Effektivität der Schadstoffabfuhr bezeichnet, berechnet sich aus der Schadstoffkonzentration in der Abluft, der Schadstoffkonzentration im Untersuchungsraum C_{ABL} und der Konzentration des Zuluftvolumenstroms C_{ZU} [Mundt 2004]:

$$\varepsilon_{AZ} = \frac{C_{ABL} - C_{ZU}}{C_{AZ} - C_{ZU}}$$

Je größer die Lüftungswirksamkeit ε_{AZ} ist desto wirkungsvoller werden die Schadstoffe abgeführt. Ein ε_{AZ} von 1 bedeutet dabei eine vollständige Durchmischung des Untersuchungsraumes. Sobald der Wert kleiner 1 ist und gegen 0 geht, bedeutet dies, dass Kurzschlussströmungen im Raum vorhanden sind und sich der Schadstoff in einem schlecht durchströmten Untersuchungsraum befindet. Bei einem Wert größer 1 nähern sich die Strömung einer Verdrängungsströmung an, die die effektivste Form des Luftaustausches darstellt [Fitzner 2008].

Messaufbau

Die Abbildung 2 zeigt den schematischen Aufbau der Forschungswohnung und die Positionen der Messstellen. Im Schnitt durch Bad, Flur und Schlafzimmer (Richtung Eingangstür) ist die vertikale Verteilung der Messstellen zu erkennen. Des Weiteren sind hier ebenso die Position der Zuluft und der Abluft ersichtlich. Der aktive (ventilatorgetriebene) Überströmer ist im Türsturz der Trennwand zwischen Schlafzimmer und Flur verbaut. Erkennbar sind auch die verschlossenen Zuluftleitungen in der Schlafzimmerdecke, sowie die passive Überströmung durch den (unteren) Türspalt der Schlafzimer- und Küchentür.

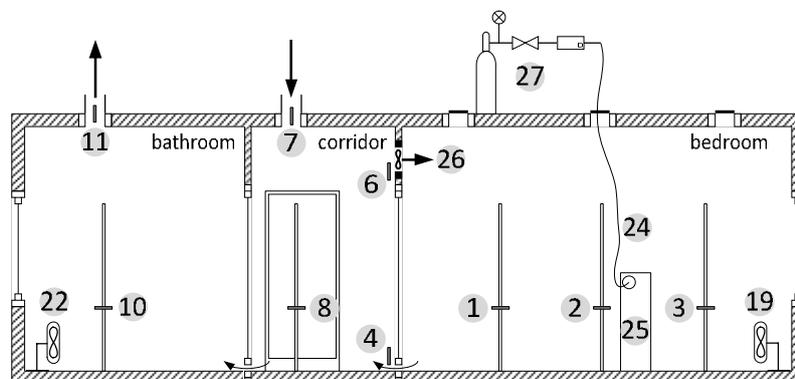


Abbildung 2: Sectional view through bathroom, hall and bedroom. This shows the vertical distribution of the measuring sensors (1, 2, 3, 6, 8, 10) and the active overflow element (26), the position of the supply and exhaust air (7, 11) and the passive overflow (4) through the (lower) door gap. The CO₂ pressure bottle and the flow regulator (27) are located on the roof of the research apartment.

Messvarianten

Um das System der kanalfreien Belüftung durch zentraler Zuluft einbringung und dem Einsatz von aktiven Überströmern zu untersuchen wurden eine Vielzahl an Messreihen zu je 8 Stunden durchgeführt.

Variante und Varianten Kürzel in Klammern
Referenz (Zu-/Abluftanlage nach DIN 1946-6, d.h. auch Zuluft im Schlafzimmer)
Aktiver Überströmer mit 35 m ³ /h, Zuluft im Flur 100 m ³ /h - (aÜ35_F100)
Aktiver Überströmer mit 50 m ³ /h, Zuluft im Flur 100 m ³ /h - (aÜ50_F100)
Aktiver Überströmer mit 65 m ³ /h, Zuluft im Flur 100 m ³ /h - (aÜ65_F100)
Aktiver Überströmer mit 50 m ³ /h, Einblasrichtung SZ Richtung Flur - (aÜ50_F100 SZrFL)
Aktiver Überströmer mit 50 m ³ /h, Zuluft im Flur 80 m ³ /h - (aÜ50_F80)
Aktiver Überströmer mit 50 m ³ /h, Zuluft im Flur 120 m ³ /h - (aÜ50_F120)
Aktiver Überströmer mit 50 m ³ /h, Zuluft im Wohnzimmer 80 m ³ /h - (aÜ50_WZ100)
Aktiver Überströmer mit 50 m ³ /h, Zuluft im Flur 100 m ³ /h, Vorbelastung 800 ppm - (aÜ50_F100_GW800)
Kein Aktiver Überströmer, Zuluft im Flur 100 m ³ /h, Schlafzimmertür zu - (F100_Tzu)
Kein Aktiver Überströmer, Zuluft im Flur 100 m ³ /h, Schlafzimmertür auf - (F100_Tauf)

Tabelle 5: Übersicht der ausgewerteten Varianten.

Das Schlafzimmer (SZ) stellt dabei den zentralen Untersuchungsraum dar. Insgesamt konnten daraus 11 unterschiedliche Varianten (Tabelle 5) ermittelt werden. Im Schlafzimmer wurde die CO₂ Abgabe zweier schlafender Personen mit 12 l/h simuliert.

Messergebnisse

Wie in Abbildung 3 dargestellt, kann nachgewiesen werden, dass alle untersuchten Varianten mit aktiven Überströmer mit einer Lüftungswirksamkeit von $\epsilon_{AZ} > 1,0$ im Bereich der optimalen Durchmischung liegen. Dies zeugt von einer ausreichenden Raumdurchströmung und einem effizienten Schadstoffabtransport. Im Vergleich zur Referenzvariante nach Norm werden durchwegs bessere Durchmischungsverhältnisse erzielt.

Neben der Beurteilung der Durchmischung und der Lüftungswirksamkeit ist die erreichte absolute Endkonzentration des Kohlendioxids im Schlafzimmer ein ebenso zentraler Bewertungsparameter.

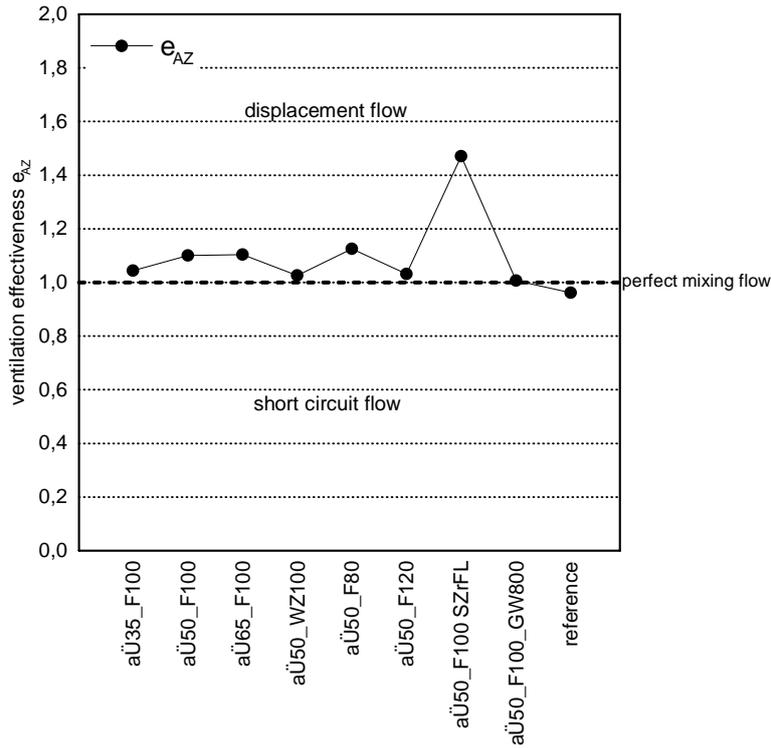


Abbildung 3: Ventilation effectiveness in the bedroom. The upper half represents the range of displacement ventilation. Below the optimum mixing, short-circuit flow prevails.

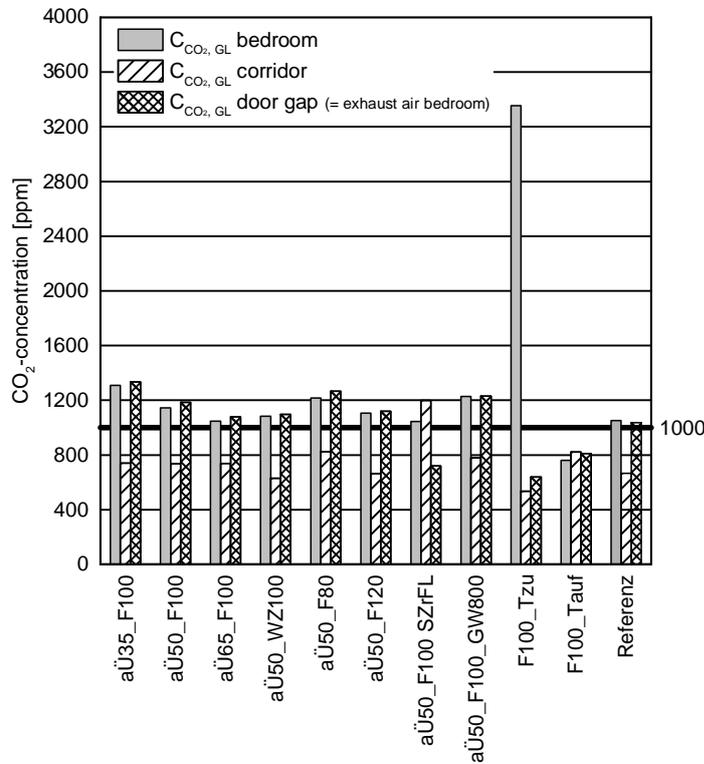


Abbildung 4: Result of the equilibrium concentrations in the bedroom, in the mixing zone and at the door gap. The 1000 ppm line shows the hygienic limit.

Hierzu zeigt Abbildung 4, dass bei der Mehrzahl der geprüften Varianten der CO₂-Gehalt im Schlafzimmer eine Gleichgewichtskonzentration $C_{CO_2, GL}$, zwischen 1000 und 1200 ppm erreicht. Auch bei minimalem Volumenstrom des aktiven Überströmers von 35 m³/h werden max. 1309 ppm erreicht. Somit liegen alle Varianten innerhalb der für den Wohnbau ausreichenden Luftqualitätsklasse IDA 3. Die geringfügige Überschreitung des hygienischen Grenzwerts von 1000 ppm stellt keine wesentlichen Einbußen hinsichtlich der Luftqualität dar.

Da beim Belüftungskonzept mit aktiven Überströmer keine direkte Zuluft in den Betrachtungsraum gefördert wird, sondern die Luft aus der Mischzone (z.B. Flur), konnte über die Massenbilanzgleichung der effektive Luftwechsel n_{eff} und damit der effektiv wirksame Volumenstrom $q_{v, wirk}$ berechnet werden. Er beschreibt den äquivalenten Außenluftvolumenstrom der gefördert werden müsste, um zum selben Konzentrationsgehalt im Untersuchungsraum zu gelangen. Für die Praxis und die alltäglichen Planungsaufgaben können damit wichtige Anhaltspunkte für die Dimensionierung des Auslegungsvolumenstroms bereitgestellt werden. Die effektive Luftwechselrate n_{eff} aus der Massenbilanzgleichung resultiert für alle Varianten kleiner als die aus dem gemessenen Luftvolumenstrom berechnete Luftwechselrate n .

Er ist im Mittel um ca. 70 % kleiner als der geförderte Volumenstrom. Für die Dimensionierung des Volumenstroms des aktiven Überströmers bedeutet dies, dass der zu fördernden Volumenstrom für den Untersuchungsraum im Mittel um den Faktor 1,3 zu erhöhen ist, gegenüber den konventionellen Volumenströmen (nach DIN 1946-6). Bei veränderter Einblasrichtung (Überströmer fördert Luft aus dem Schlafzimmer in den Flur) funktioniert das System besonders gut. Dort braucht der Volumenstrom nur um den Faktor 1,2 erhöht zu werden, um Wirkvolumenströme zu erzeugen, die sogar geringfügig höher sind als die notwendigen konventionellen Zuluftvolumenströme. Auch die Lüftungswirksamkeit ϵ_{AZ} erhöht sich signifikant und tendiert Richtung Verdrängungsströmung. Ebenso ist die Umsatzzeit um knapp die Hälfte gegenüber der Referenz kleiner geworden. Dies bedeutet, dass die Schadstoffe im Raum eine kürzere Verweilzeit haben bis sie abtransportiert werden.

Im Hinblick auf den Zuluftvolumenstrom, kann dieser im Bereich bis zu 20% des Auslegungsvolumenstroms verringert werden. Dabei erhöht sich aufgrund des höheren Schadstoffgehalts in den Mischzonen auch der maximal erreichte Schadstoffgehalt im Schlafzimmer, jedoch kann dabei immer noch die Luftqualitätsklasse IDA 3 eingehalten werden.

Schlussfolgerung

Die Messergebnisse zeigen, dass sich zentral und an einem Punkt (z.B. Flur), eingebrachte Zuluft sehr gut in mehreren Räumen verteilt, wenn die Zimmertüren offen sind. Für diese Raumkonfiguration sind sehr einfache Belüftungskonzepte völlig ausreichend. In Kombination mit aktiven Überströmern funktioniert dieses Konzept auch zuverlässig bei geschlossenen Zimmertüren, wie es beispielsweise nachts der Fall ist. Dadurch kann auf das Zuluftkanalnetz nahezu vollständig verzichtet werden. Die Luft kann über ein dezentrales Gerät, das beispielsweise in der Außenwand, im Bad oder im Flur integriert ist, direkt in den

Raumverbund eingebracht werden. Die Abluft wird über kurze Leitungen zum Gerät geführt. Durch die mögliche Verringerung des Zuluftvolumenstroms und den damit kleineren Geräten, können neben den finanziellen Aufwendungen für das Zuluftkanalnetz, auch die Anlagen- und Betriebskosten gesenkt werden. Auch die Einregulierung der Anlage vereinfacht sich, da keine Zuluftvolumenströme verteilt werden müssen. Diese anlagentechnische Verschlankeung schafft ebenso Vorteile während der Planung und der Ausführung auf der Baustelle. Die Abstimmung der Rohrleitungsführungen mit anderen Gewerken kann vollständig entfallen bzw. verringert sich merklich. Dadurch fehlende Durchbrüche und die Möglichkeit einer geringeren Geschosshöhe (aufgrund nicht benötigter Deckenabhängungen) bringen auch direkte statische Vorteile.

Quellenverzeichnis

- [Sibille, Pfluger 2016] E. Sibille, R. Pfluger *Anwendung aktiver Überströmer für die Verteilung der Zuluft in Wohnungen*, in Passivhaus Institut, Innsbruck, 2015 [DIN EN 1946-6] Smith, A.; Wesson, B.: *Passive House buildings in the Wild West*. J Am Passive House Soc. 2016, 136, 123-234. (11)
- [Raatschen 1988] W. Raatschen, *Was ist Lüftungseffektivität*, Teil 1-3, Sonderdruck in Klima-Kälte-Heizung-Energie, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe, 1988.
- [Mundt 2004] E. Mundt et. al., *Ventilation Effectiveness*, Federation of European Heating, Ventilation and Air-conditioning Associations, Finland, 2004.
- [Cognati 2011] S. Paolo Corgnati et. al., *Indoor Climate Quality Assessment - Guidebook REHVA*, Federation of European Heating, Ventilation and Air-conditioning Associations, Finland, 2011
- [Schiantarelli 2015] M. Schiantarelli, H. Huber, Schlussbericht - *Aktive Überströmer bei Komfortlüftungen*, Fachhochschule Nordwestschweiz, Zürich, 2015
- [Huber 2013] H. Huber, *Fachbeitrag - Neue Entwicklung in der Komfortlüftung in Neubau und Sanierung*, BauHolzEnergie Messe, Bern, 2013
- [Sibille et al. 2013] E. Sibille, G. Rojas-Kopeinig, M. Rothbacher, R. Pfluger, H.K. Malzer, *Komfort- und kostenoptimierte Luftführungskonzepte für einergieeffiziente Wohnbauten "Doppelnutzen"*, Innsbruck: Nachhaltig Wirtschaften - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2013
- [Fitzner 2008] K. Fitzner – *Raumklimatechnik Band 2: Raumluft- und Raumkühltechnik*, Springer, Berlin, 2008

Abstract

Besonders einfache Lüftungssysteme sind heute vor allem in der Sanierung wichtig. In einer Vielzahl von Messreihen hat sich gezeigt, dass das System der zentralen Zuluft einbringung mit Verteilung über aktive Überströmer im Hinblick auf den Schadstoffaufbau und der sich einstellenden Luftqualität ausreichend funktioniert.