



CURRICULUM VITAE

Prof. Dr. rer. nat.
HARALD KRAUSE

Hochschule Rosenheim
B.Tec Dr. Harald Krause

Sonnenfeld 9
D – 83122 Samerberg

krause@btec-rosenheim.de

geboren am 25. Dezember 1962 in München

bis 1991

Studium der Physik anschließende Promotion an der TU München

bis 1998

Leiter Forschung und Entwicklung am i.f.t. Rosenheim

seit 1998 Ingenieurbüro für energieeffizientes Bauen mit Schwerpunkt
Passivhäuser

1.3.2005

Ruf an die Hochschule Rosenheim für das Lehrgebiet Bauphysik und
Gebäudetechnik, Studiengangsleiter Masterstudiengang Holzbau für
Architekten und Bachelorstudiengang Energie- und Gebäudetechnologie



FrISCHE LUFT DURCH NEUE TECHNIK

Komfortlüftung im Wohnungsbau: Energieeffizienz, Behaglichkeit und Umsetzung

Prof. Dr. rer. nat. Harald Krause

Einleitung

In den letzten Jahren wird der Lufthygiene in Wohnungen sowie der energiesparenden Lüftung immer mehr Bedeutung zugemessen. Oftmals hört man das Argument „durch die dichte Bauweise, müsse man eine Zwangsbelüftung einplanen“. Diese Betrachtungsweise ist zum Teil falsch und wird den Möglichkeiten einer effizienten Lüftungstechnik nicht gerecht. Bereits bei relativ undichten Gebäuden im Gebäudebestand reicht der unkontrollierte Luftaustausch durch Undichtheiten oftmals nicht aus, eine angemessene Luftqualität sicherzustellen. Manuelles Eingreifen durch Fensteröffnen ist in den meisten Fällen nötig. Der manchmal geäußerte Wunsch zur Rückkehr nach undichteren Gebäuden widerspricht jeglichen Erwartungen an die Energieeffizienz und die Behaglichkeit innerhalb eines Gebäudes. Vielmehr führt der Anspruch an eine zugluftfreie und energiesparende Lüftung von alleine zum Einsatz von Lüftungstechnik auch im Wohnungsbau.

Die Vorteile von moderner Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung sind

- Gleichbleibend gute Luftqualität ohne Nutzereingriff
- Energieeinsparung durch hocheffiziente Wärmerückgewinnung
- Keine Zugerscheinungen beim Lüften
- Ggf. Reduzierung von Schallbelastungen
- Vermeidung von zu hohen Luftfeuchten

In diesem Beitrag sollen die Möglichkeiten und Eigenschaften von modernen Lüftungssystemen sowie einige aktuelle Entwicklungen dargestellt werden.

1. Was fordern die Normen?

Im deutschsprachigen Raum sind Anforderungen an die Wohnungslüftung länderspezifisch sehr unterschiedlich geregelt. In Deutschland führt die überarbeitete DIN 1946-6 (2009)¹ zu einem völlig neuen Umgang mit dem Thema Wohnungslüftung. Die Norm fordert bei jedem Neubau und bei jeder lüftungstechnisch relevanten Modernisierung eine Prüfung, ob eine „lüftungstechnische Maßnahme (LtM)“ nötig ist. Dabei wird davon ausgegangen, dass in einem Gebäude oder einer Wohneinheit ein nutzerunabhängiger Mindestluftwechsel zum Feuchteschutz, d.h. zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum gewährleistet sein muss. Nutzenabhängig bedeutet dabei, dass dieser Luftwechsel ohne das Öffnen von Fenstern stattfinden muss. Abhängig von der Gebäudelage, dem Wärmeschutzniveau und der Dichtheit wird rechnerisch ermittelt, ob der Infiltrationsluftwechsel (Leckageluftwechsel) für den Feuchteschutz ausreicht oder nicht. Das Ergebnis einer solchen Berechnung für eine Wohnung in einem Mehrfamilienhaus in einer windschwachen Gegend ist in

Abbildung 1 dargestellt. Unabhängig von der Wohnungsgröße in m² liegt die Kurve für den nötigen Luftvolumenstrom immer deutlich über dem, was durch Leckagen möglich ist. Somit wäre für diesen Fall eine lüftungstechnische Maßnahme nötig. Man kann davon ausgehen, dass für Etagenwohnungen sowohl bei der Sanierung als auch im Neubau eine lüftungstechnische Maßnahme nötig sein wird, bei Einfamilienhäusern mit Dichtheitswerten von $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ oder mehr, wird der Leckageluftwechsel für den Feuchteschutz meist ausreichen. Zur Prüfung der Notwendigkeit einer LtM stehen einige kostenlose Tools, u.a. vom i.f.t. Rosenheim zur Verfügung².

Ist eine lüftungstechnische Maßnahme nötig, findet man in der DIN 1946-6 Auslegungshinweise zu verschiedenen Varianten. Diese sind in Abbildung 2 dargestellt. Im vorliegenden Beitrag liegt der Schwerpunkt auf den ventilatorgestützten Zu- und Abluftsystemen. Diese werden grundsätzlich nicht nur für den Feuchteschutz ausgelegt, sondern für einen hygienisch nötigen Luftwechsel. Die Norm regelt unter anderem die nötigen raumweisen Volumenströme, stellt Anforderungen an die Lüftungsgeräte, das Leitungssystem, Überströmöffnungen und die Inbetriebnahme sowie Wartung.

In Österreich wird die ventilatorgestützte Wohnungslüftung in der ÖNÖRM H 6038³ geregelt. In der Schweiz ist die SIA 382/1 und das SIA Merkblatt 2023 relevant. Eine gute Darstellung der verschiedenen Situationen und nötigen Luftvolumenströme sowie der Lüftungstechnik allgemein findet man im Buch von Huber und Mosbacher⁴.

¹ DIN 1946 Teil 6: Lüftung von Wohnungen, Beuth Verlag (2009)

² Lüftungstool zur freien Lüftung: download unter www.ift-rosenheim.de

³ ÖNORM H 6038: 2006-05-01: Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen ...

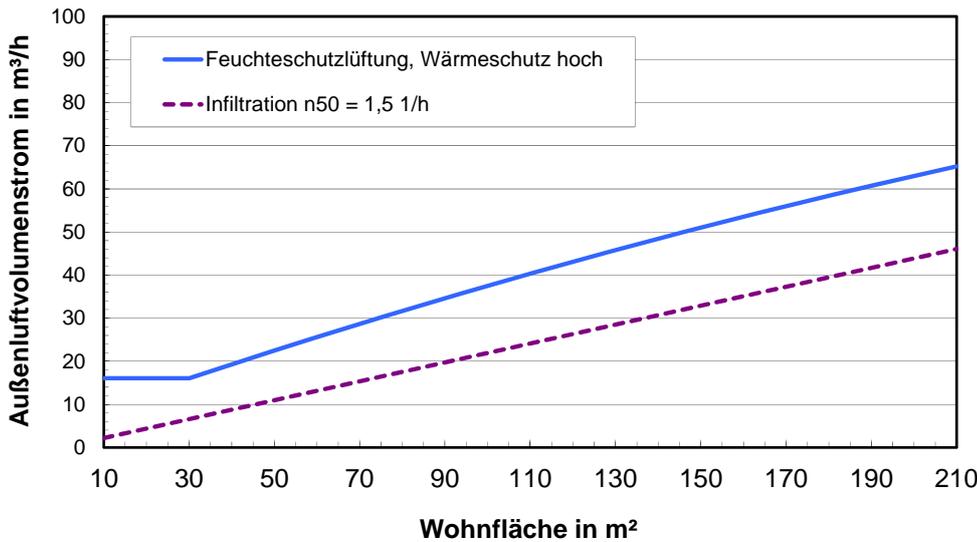


Abbildung 1: Diagramm zur Entscheidung, ob eine Lüftungstechnische Maßnahme gem. DIN 1946-6 nötig ist.

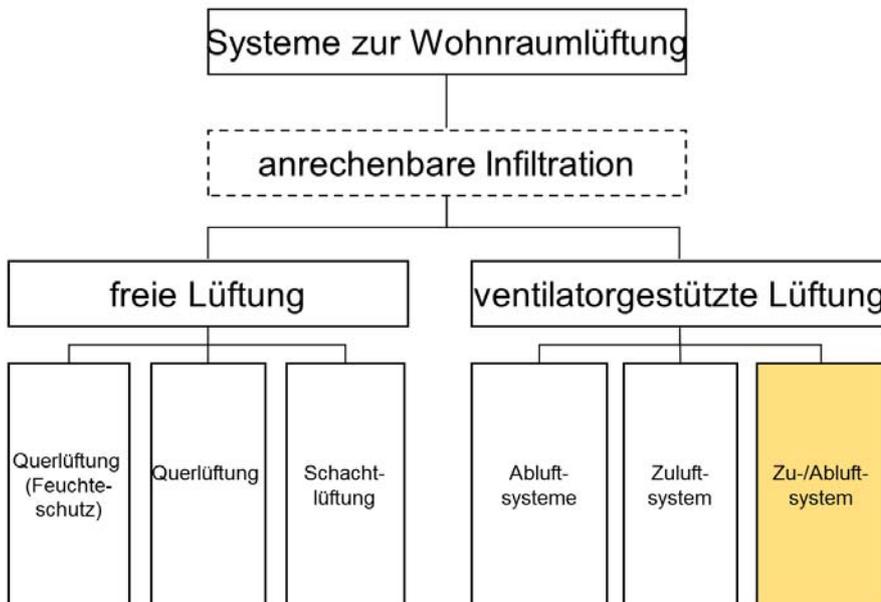
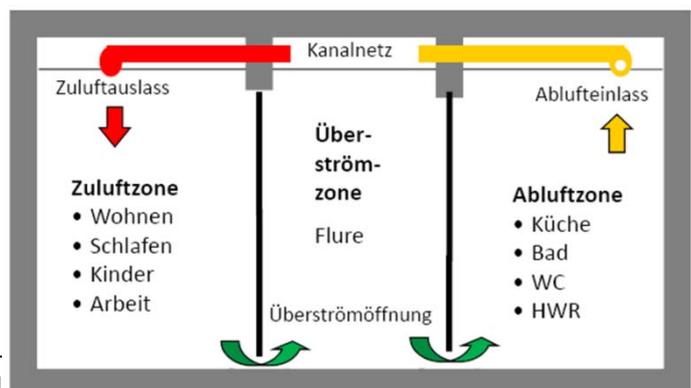


Abbildung 2: Lüftungssysteme in Wohnungen nach DIN 1946-6

2. Systeme zur Wohnungslüftung

Innerhalb der Gruppe der ventilatorgestützten Systeme kann man weitere Unterscheidungen treffen. Grundsätzlich wird ein Querlüftungsprinzip bevorzugt. Dabei teilt man die Wohneinheit in Zu- Abluft- und Überströmbereiche ein. Ein Schema zeigt Abbildung 3. Verunreinigte Luft wird aus den Ablufträumen abgesaugt, frische Luft strömt in die Aufenthaltsräume. Über geeignete Überströmdurchlässe kann die Luft von einer in die andere Zone gelangen.



⁴ Heinrich Huber, René Mosbacher: Wohnungslüftung, Faktor Verlag

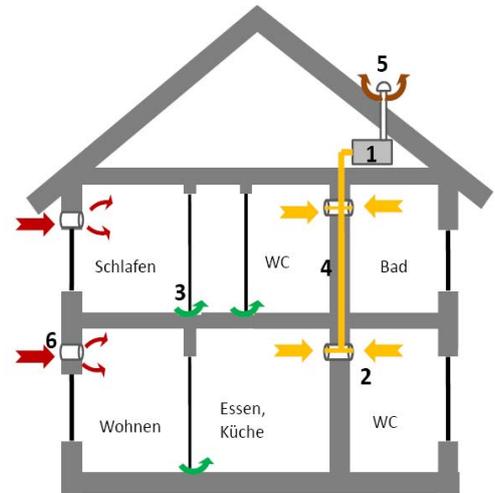


Abbildung 3 Lüftungstechnische Zonierung einer Wohneinheit

2.1. Abluftanlage

Das Prinzip der Abluftanlage ist in Abbildung 4 dargestellt. Ein Ventilator saugt die Luft aus den Abluftbereichen ab. Über Außenluftdurchlässe (ALD) kann die frische Luft in die Aufenthaltsräume nachströmen. Eine Luft-Luft-Wärmerückgewinnung ist hierbei nicht möglich. Das System wurde in Skandinavien sehr häufig eingesetzt und kommt auch in Deutschland in der Modernisierung vor. Nachteile neben der fehlenden Wärmerückgewinnung sind mögliche Zugerscheinungen bei ungünstiger Anordnung der ALDs. Vorteile liegen in den geringen Investitionskosten und im geringen Strombedarf. Eine bedarfsgeführte Volumenstromregelung ist zu empfehlen.

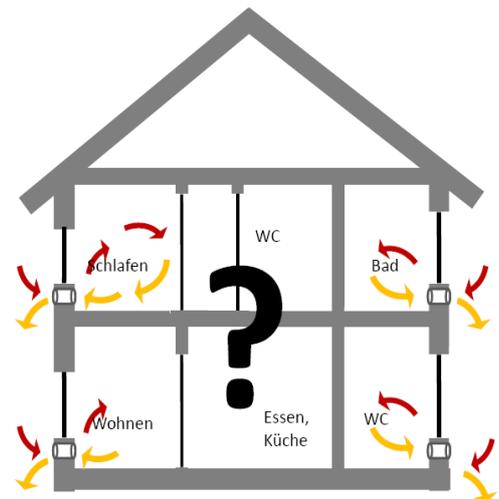
Abbildung 4 Abluftanlage: 1 Ventilator; 2 Abluftdurchlässe; 3: Überströmdurchlässe; 4: Kanalnetz; 5: Fortluftdurchlass; 6: Außenluftdurchlass



2.2. Raumweise Zu- Abluft

Bei der raumweisen Zu- Abluftanlage (nach DIN 1946-6 Einzelraumlüftungsgerät) wird je Raum ein Lüftungsgerät installiert. Dieses verfügt meist auch über eine Wärmerückgewinnung. Besonders geeignet sind solche Systeme bei teilweiser Belüftung von Wohnungen und im Rahmen einer Modernisierung. Ein weiterer Vorteil ist die mögliche raumweise Regelung des Volumenstroms. Nachteile sind die häufig geringe Wärmerückgewinnung und Ventilatorgeräusche. Bei einer vollständigen Ausstattung eines Gebäudes mit dieser Technik sind oftmals keine Kostenvorteile gegenüber einer zentralen Anlage realisierbar.

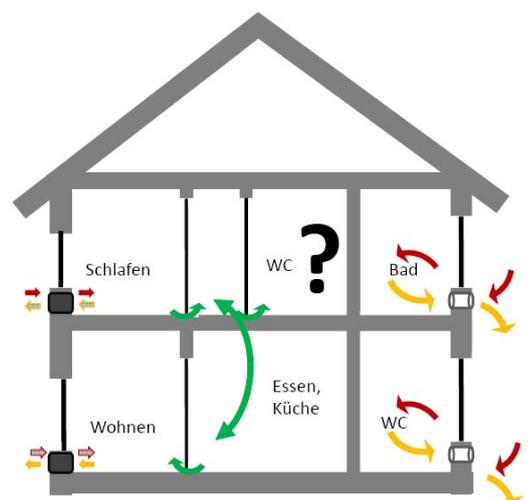
Abbildung 5 Einzelraumgeräte: pro Raum wird ein Gerät eingesetzt, bei innenliegenden Räumen muss eine andere Lösung gesucht werden.



2.3. Pendellüftung

Diese Geräte werden ebenfalls in jedem Raum installiert. Die Lüftrichtung wechselt in der Größenordnung von einer Minute zwischen Zu- und Abluft. Die Geräte sind dabei so gekoppelt, dass Zu- und Abluft ausgeglichen sind. Über einen regenerativen Wärmetauscher wird eine annehmbare Wärmerückgewinnung erzielt. Ein Problem stellen geruchsbelastete Ablufträume dar, da z.B. ein WC nicht als Zulufrum betrieben werden sollte. Hier ist eine Kombination mit Einzelraumgeräten möglich.

Abbildung 6 Pendellüfter: Geräte laufen im Gegenteil, Probleme gibt es bei Ablufträumen.



2.4. Zu- Abluftanlagen wohnungs- oder gebäudezentral

Die am häufigsten eingesetzte Technik ist die Zu- Abluftanlage mit einem zentralen Lüftungsgerät. Zentral kann dabei heißen, ein Gerät pro Wohnung oder ein Gerät pro Gebäude. Deshalb wurde der Begriff semizentral eingeführt. Zu- und Abluft werden dabei im mehrgeschossigen Wohnungsbau über ein Gerät transportiert. Dadurch kann im Lüftungsgerät ein effizienter Luft-Luft-Wärmetauscher eingesetzt werden. Mit heutigen Geräten werden Wärmerückgewinnungsgrade bis zu 95% realisiert. Das Prinzip einer zentralen Lüftungsanlage in einem Einfamilienhaus und einer semizentralen Anlage im Mehrgeschossbau ist in Abbildung 7 dargestellt. In beiden Fällen sorgt das Zentralgerät für eine effiziente Wärmerückgewinnung. Im rechten Bild wird der wohnungsweise Volumenstrom über zusätzliche Stützventilatoren geregelt. Erdreichwärmeübertrager zur Vorwärmung der Außenluft oder Kühlung im Sommer sind einsetzbar.

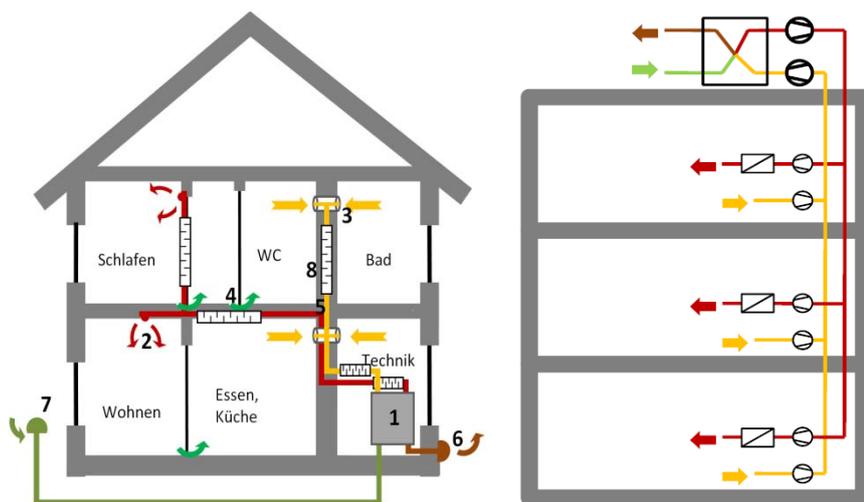


Abbildung 7 Zentrale Zu- Abluftanlage in einem Einfamilienhaus und semizentrale Anlage in einem Mehrgeschossbau (rechts)

Zu- und Abluft werden über ein Kanalnetz transportiert. Dafür werden klassisch Wickel-(Spiral-)falzrohre eingesetzt. Seit einiger Zeit werden jedoch vermehrt Kunststoffsysteme angeboten, die eine einfachere Verlegung ermöglichen.

Die zwei wesentlichen Prinzipien der Leitungsverlegung zeigt Abbildung 8. Bei der klassischen Verlegung meist mit Metallrohren wird im Idealfall von einer Zentralleitung in die jeweiligen Räume abgezweigt. Die Leitungslängen können und sollen dabei so kurz wie möglich gehalten werden. Zum Verhindern von Telefonieschallübertragung sind Schalldämpfer vorzusehen. Das Leitungsmaterial ist kostengünstig und hygienisch unbedenklich. Für Reinigungszwecke sind Revisionsöffnungen einzuplanen. Die Luftgeschwindigkeit sollt 2 m/s nicht wesentlich überschreiten. Daraus ergeben sich die nötigen Leitungsdurchmesser. Im üblichen Einfamilienhaus kommt man mit Leitungen von DN 100, DN125 und DN 160 aus. Der Abgleich der Volumenströme erfolgt am jeweiligen Luftein- oder auslass. Der Montageaufwand ist in dem meisten Fällen größer als beim System auf der rechten Seite.

Letzteres zeichnet sich durch Wohnungs- oder Geschossverteiler aus. Von diesen werden Leitungen direkt in den jeweiligen Raum verlegt. Es sind runde und ovale bzw. Flachkanäle ab Durchmessern von ca. 60mm verfügbar. Somit ist auch eine Verlegung im Bodenaufbau oder in der Betondecke, im Holzbau ggf. in Zwischenwänden möglich. Größere Räume müssen meist mit mindestens 2 Leitungen angefahren werden, um die nötigen Volumenströme zu gewährleisten. Schalldämpfer in den Leitungen sind nur in Ausnahmefällen nötig, Gerätschalldämpfer am Lüftungsgerät sind für beide Systeme erforderlich. Zur Reinigung müssen die Verteiler zugänglich sein, dann kann jede Leitung bis zum Auslass gereinigt werden.

In einer Diplomarbeit an der HS Rosenheim⁵ wurden für ein konkretes Projekt mehrere Leitungssysteme bzgl. Druckverlust, Schalldämpfung, Material- und Installationsaufwand verglichen. Der Autor kommt dabei zum Schluss, dass keines der Systeme einen wesentlichen Vorteil bietet. Je nach Grundriss und Installationsmöglichkeiten kann das eine oder andere System kostengünstiger sein. Bezüglich der Druckverluste und Schalldämmung sind die Systeme ebenfalls vergleichbar.

⁵ Wolfgang Kaiser, Diplomarbeit 2011, HS Rosenheim: Planung und Projektierung eines EFH im Passivhaus-Standard mit vergleichender Bewertung verschiedener raumlufttechnischer Anlagen und Komponenten

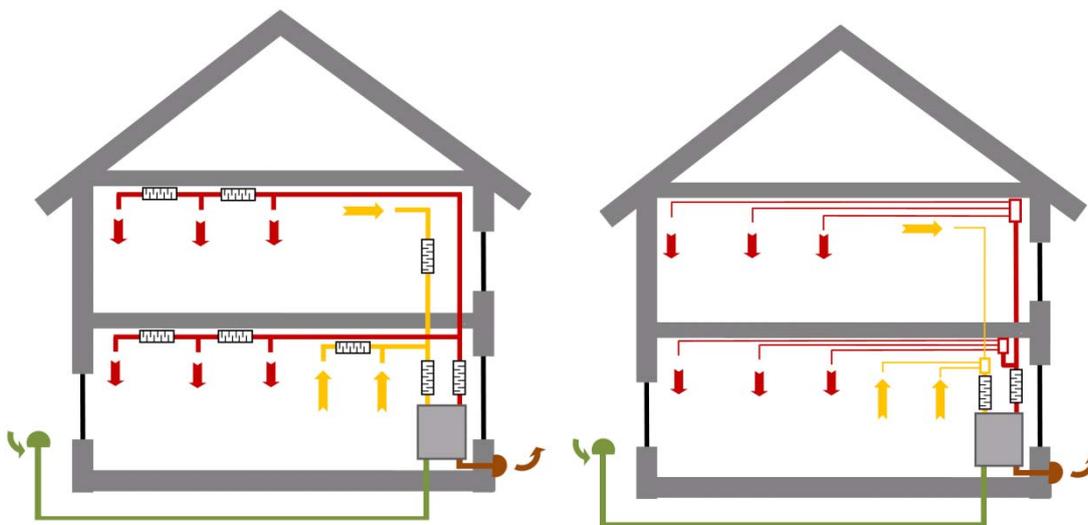


Abbildung 8 Varianten bei der Leitungsverlegung. Links: Klassische Installation mit Haupt- und Sticleitungen meist in Metall; rechts: zentrale Verteiler mit sternförmiger Verteilung meist in Kunststoff

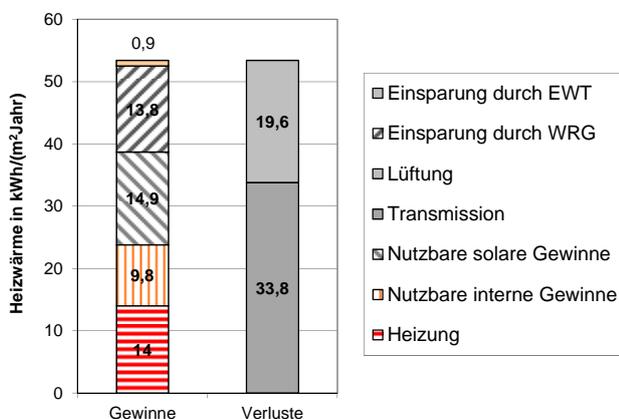
3. Stand der Technik und Neuigkeiten bei Zu- und Abluftanlagen

Die folgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Zentralanlagen. Für Einzelraumgeräte wird auf den Beitrag von Peter Rieß in diesem Band verwiesen.

3.1. Wärmebereitstellungsgrade und Stromeffizienz

Für eine energetische Projektierung ist der Wärmebereitstellungsgrad des Lüftungsgerätes eine entscheidende Größe. Dieser gibt im Wesentlichen an, wie viel Energie man mit dem Lüftungsgerät im Vergleich zur unconditionierten Außenluft einsparen kann. Leider gibt es verschiedene Verfahren zur Ermittlung des Wertes. Der physikalisch richtige Wert wird mit dem Verfahren nach Passivhaus-Institut Darmstadt ermittelt. Diese Werte liegen um bis 12 %-Punkte niedriger als z.B. das bauaufsichtlich vorgeschriebene Verfahren in Deutschland. Prospektwerte von Herstellern sind meist unbrauchbar, da sie sich oft auf die günstigsten möglichen Bedingungen beziehen. Bei Angaben „bis zu“ sollte man deshalb sehr vorsichtig sein. Der derzeit höchste vom Passivhaus-Institut bestätigte Wert liegt bei 94%. Eine Liste aller zertifizierten Geräte findet man auf der Homepage des Passivhaus Institutes⁶. Ebenso wichtig ist die Stromaufnahme der Ventilatoren. Mit aktueller Technologie sind Werte für beide Ventilatoren von 0,30 Wh/m³ erzielbar. Für ein Einfamilienhaus mit einem typischen mittleren Volumenstrom von 120 m³/h ergibt sich für den Jahresbetrieb somit ein Stromverbrauch von ca. 300 kWh.

In der Energiebilanz für die Heizwärme eines Gebäudes schlägt sich die Wärmerückgewinnung deutlich nieder. Abbildung 9 zeigt eine Heizwärmebilanz eines Passivhauses in etwas ungewöhnlicher Darstellung. Rechts findet man die Transmissions- und Lüftungsverluste für den Fall der Lüftung ohne



Wärmerückgewinnung. Links werden die „Energiegewinne“ gegenübergestellt, um eine ausgeglichene Bilanz zu erhalten. Die Wärmerückgewinnung trägt mit ca. 14 kWh/(m²a) einen Großteil dazu bei, den Passivhaus-Standard von 15 kWh/(m²a) Heizwärme erreichen zu können. Anders formuliert: Ohne Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung wäre ein Passivhaus unter mitteleuropäischen Bedingungen nicht machbar. Dem o.g. Jahresstromverbrauch von 300 kWh steht typisch eine Wärmeersparnis von über 2.000 kWh in der Heizperiode gegenüber. Somit ist die Lüftung auch primärenergetisch bewertet eine sinnvolle Technik.

Abbildung 9 Energiebilanz eines Passivhauses: Die Energieersparnis durch die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ist mit 13,8 kWh/(m²a) hier explizit ausgewiesen. Weiteres siehe Text.

⁶ www.passiv.de Zertifizierung

3.2. Bedarfsgerechte Volumenströme

Ein derzeitiger Entwicklungsschwerpunkt ist die bedarfsgerechte Volumenstromregelung. Die Raumluftqualität kann über die CO₂-Konzentration als Maßstab auch für andere vom Bewohner verursachten Emissionen gut beurteilt werden. Der Pettenkofergrenzwert von 1000ppm CO₂ in der Raumluft gilt immer noch als Richtgröße für gute Luftqualität. Inzwischen gibt es sehr kostengünstige und langzeitstabile CO₂-Sensoren. Diese werden z.B. in der zentralen Abluftleitung eingebaut. Sind die Bewohner anwesend steigt die CO₂ Konzentration in der Abluft und die Anlage reagiert mit höherem Volumenstrom. Die führenden Hersteller bieten derartige Systeme an, wobei die Mehrkosten bei ca. € 200,- liegen. Damit lässt sich zum einen der Strombedarf und Heizwärmebedarf nochmals reduzieren, zum anderen wird der Gefahr von zu trockener Luft im Winter vorgebeugt.

3.3. Feuchterückgewinnung

Einige Hersteller bieten sogenannte Enthalpiewärmetauscher für Ihre Geräte an. Eine Bauart sind Rotationswärmetauscher, eine andere Kreuzgegenstromwärmetauscher mit wasserdampfdurchlässigen Membranen. Lässt sich im Winter ein für den Feuchthaushalt des Gebäudes zu hoher Luftwechsel nicht reduzieren, können diese Wärmetauscher⁷ bei üblich dimensionierten Anlagen zu einer Erhöhung der Raumluftfeuchte von ca. 3 bis 7% r.F. beitragen⁸. Zusätzlich stellen Enthalpiewärmetauscher einen guten Vereisungsschutz dar, so dass evtl. auf ein elektrisches Frostschutzregister verzichtet werden kann.

3.4. Vereinfachung der Anlagentechnik

Es gibt einige interessante Ansätze, um die Anlagentechnik weiter zu vereinfachen und damit die Kosten zu senken. Zwei Ansätze aus der Schweiz seien hier kurz erwähnt.

Kaskadenlüftung in Wohnungen: Dabei wird ausgenutzt, dass in einer Wohnung nicht alle Räume gleichzeitig genutzt werden. Es ist somit denkbar, z.B. die Frischluft nur in ein Wohnzimmer einzubringen und eine Überströmung ins Schlafzimmer zu gewährleisten. Da entweder das Wohn- oder Schlafzimmer genutzt wird (Ausnahmen möglich) ist somit die Luftqualität in beiden Räumen sichergestellt. Das Konzept ist so in der deutschen Normung nicht vorgesehen. Untersuchungen zur Umsetzbarkeit wurden bereits 2009⁹ und aktuell auf der Passivhaustagung 2011 vorgestellt¹⁰.

Noch einen Schritt weiter geht ein Konzept, beim dem die Frischluft nur noch in den Flur oder einen anderen geeigneten Raum eingeblasen wird. Bei geöffneten Zimmertüren konnte eine ausreichend gute Luftdurchmischung nachgewiesen werden. Bei geschlossenen Türen treten z.B. in die Türen integrierte Kleinstventilatoren in Betrieb, welche die Luft vom Flur in den jeweiligen Raum transportieren. Erste Ansätze zu diesem Konzept wurden im Rahmen eines Wettbewerbes der Stadt Zürich vorgestellt¹¹.

4. Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wurden verschiedene Systeme zur Wohnungslüftung vorgestellt. Es wurde gezeigt, dass Lüftungsanlagen einen Beitrag zur Energieeffizienz leisten können. Daneben ist mit den Techniken ein merklicher Komfortgewinn durch bessere Luftqualität erzielbar. Im Vortrag werden zudem Messergebnisse und Beispiele gezeigt. Die Vortragsfolien können nach der Tagung unter www.btec-rosenheim heruntergeladen werden.

⁷ Die korrekte Bezeichnung ist eigentlich Wärmeübertrager, dennoch wird hier der umgangssprachlich übliche Begriff Wärmetauscher verwendet

⁸ Heinrich Huber, Wohnungslüftung mit Feuchterückgewinnung für Komfort und Energieeffizienz, Tagungsbeitrag EBH Köln 2011

⁹ Barp, S., Fraefel R., Huber H.: Luftbewegung in frei durchströmten Wohnräumen, Schlussbericht, Zürich, pp 23 (2009)

¹⁰ Rainer Pfluger: Greater Comfort and Lower Costs with Zoned Passive House Ventilation (Cascade Ventilation), Tagungsband Passivhaustagung 2011, www.passiv.de

¹¹ Download z.B. unter: http://www.minergie.ch/tl_files/download/Artikel_Lueftungstechnik_HK-GT_7-2011.pdf