

LÜFTUNGSTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN IN UNBEWOHNTE VERSUCHSHÄUSERN

Ventilation Experiments in Unoccupied Testhouses

Dr. H. Werner

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, D-8150 Holzkirchen

Abstract In the course of r&d programme "Air Infiltration and Ventilation in Buildings", different ventilation systems have been examined in unoccupied testhouses under natural climatic conditions. The test objects were two identical testhouses, which enabled us to compare the effects of different ventilating systems on the air-change-rate and the heat consumption. The examined ventilation systems were "non-motorized ventilating devices" which are decentrally placed in the area of windows and "motorized ventilating apparatuses", which are either centrally or decentrally installed. With the decentrally ventilating systems draught phenomena are mostly not avoidable. The measured saving of heat consumption with heat recovery from foul air by an air-change rate of $1,0 \text{ h}^{-1}$ was in this case about 16%.

Zielsetzung der Untersuchung

Im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprogrammes "Lüftung im Wohnungsbau" wurden in der Freilandversuchsstelle Holzkirchen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik verschiedene Lüftungssysteme in unbewohnten Versuchshäusern in Einfamilienhausgröße unter natürlichen Klimabedingungen untersucht.

Als Versuchsobjekt standen zwei in Größe, Bauart und Ausstattung gleiche Experimentierhäuser (Bild 1) zur Verfügung, um direkte Vergleiche im Hinblick auf Luftaustausch und Heizenergieverbrauch zu ziehen. Durch die relativ aufwendige meßtechnische Ausstattung der beiden Gebäude war es möglich, nicht nur qualitative, sondern auch quantitative Ergebnisse unter bekannten definierten Randbedingungen zu erhalten.

Die untersuchten Lüftungssysteme lassen sich einteilen (Bild 2): in sog. nicht motorische "Lüftungseinrichtungen" (Bild 3) oder "Freie Lüftungssysteme" und in sog. motorisch betriebene "Lüftungsanlagen", die entweder zentral (Bild 4) oder dezentral (Bild 5) eingesetzt werden. Bei den Lüftungsanlagen bietet sich zusätzlich die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung an. Die Lüftungseinrichtungen werden ausschließlich dezentral als kleinere Einheiten meist im Bereich der Fenster eingebaut und werden als sog. "Fenster-

lüfter" bezeichnet. Die über Schieber oder Walzen kontrollierbare Luftzu- oder -abfuhr erfolgt über natürlich erzeugte Druckdifferenzen infolge Wind oder Temperaturunterschiede. Bei eingeschobigen Einfamilienhäusern ist allerdings letzterer Einfluß von wesentlich geringerer Bedeutung auf den Luftaustausch von Gebäuden, zumal dann, wenn die freien Lüftungssysteme auf gleicher Höhe angebracht sind.

Vor Durchführung der Versuche in den Experimentierhäusern wurden die dezentralen Systeme auf einem Prüfstand zur Bestimmung der Luftdurchsätze unter konstanten Druckbedingungen eingebaut. Dabei stellte sich heraus, daß bei einigen Lüftern die Kennlinien relativ steil verlaufen, also der Luftdurchsatz bei Druckunterschieden bis 20 Pa sehr stark vom anliegenden Differenzdruck abhängt (Bild 6 und Bild 7). Aufgrund dieser Voruntersuchungen wurden einige typische Lüfter für die Untersuchungen in den Experimentierhäusern ausgewählt. Dabei standen folgende Messungen im Vordergrund: Luftwechsel, Strömungsgeschwindigkeiten und Heizenergieverbräuche. Die verschiedenen Lüftungssysteme wurden zeitlich nacheinander in das sog. "Testhaus" eingebaut und die Meßergebnisse mit denen des zweiten Hauses - dem sog. "Referenzhaus" verglichen, das herkömmlich durch heute übliche Fugenundichtheiten ohne spezielle Systeme belüftet war.

Luftwechsel und Strömungsgeschwindigkeiten

Die Luftwechsellmessungen wurden mit Hilfe der Indikator-gasmethode durchgeführt. Bild 8 zeigt beispielartig, welche Luftwechsel sich bei zwei verschiedenen regulierbaren Lüftungseinrichtungen (RLE) im Vergleich zur herkömmlichen Fensterlüftung (Fenster gekippt) einstellen. Zusammenfassend sind die Ergebnisse der Luftwechsellmessungen für Benutzung verschiedener Lüftungssysteme in Bild 9 dargestellt. Die Untersuchung zeigte, daß mit heute üblichen Fenstern mit Lippendichtungen im geschlossenen Zustand nur sehr geringe Luftwechsel auftreten, die nicht hygienischen Anforderungen entsprechen. Bei gekippten Fenstern hingegen können sich Luftwechsel ergeben, die weit über das hygienisch notwendige Maß hinausgehen. Der Vorteil der Lüftungseinrichtungen liegt darin, daß der Luftwechsel grundsätzlich regulierbar ist. Dies erfordert aber die Mitwirkung der Bewohner, welche die Lüftungseinrichtungen entsprechend dem Bedarf und den Windverhältnissen betätigen müssen.

Bleiben die Lüftungseinrichtungen ständig offen, ergeben sich vor allem bei Wind ähnlich hohe Luftwechsel wie bei leicht gekippten Fenstern. Ein weiterer Vorteil dieser Lüftungseinrichtungen gegenüber gekippten Fenstern ist, daß derartige Systeme schallgedämmt ausgeführt werden

Können und einen besseren Einbruchschutz bieten als offene Fenster.

Motorisch betriebene Lüftungsanlagen gewährleisten im Gegensatz zu den Lüftungseinrichtungen auch eine ausreichende Be- bzw. Entlüftung bei Windstille. Auch ist die Abhängigkeit des Luftdurchsatzes von der Windgeschwindigkeit und Windrichtung weniger abhängig als bei den nicht motorischen Systemen (siehe Diagramm links unten Bild 9).

Bei der zentralen Be- und Entlüftungsanlage bietet sich das Vorteil einer problemlosen Wärmerückgewinnung aus der Abluft. Die Wärmeaustausch Gütegrade liegen optimal zwischen 60% und 70%. Kennzeichnend für die untersuchte zentrale Anlage war, daß der durch sie aufrechterhaltene Luftwechsel nahezu unabhängig von den äußeren Windverhältnissen sind. Die Anlage erlaubte auch über eine Zeitschaltuhr eine Bedarfslüftung. Während tagsüber verstärkt das Wohnzimmer mit Luftwechsel von ca. $1,0 \text{ h}^{-1}$ belüftet wurde, war es möglich, während der Nachtzeit die Luftzufuhr im Wohnzimmer herabzusetzen und dafür verstärkt die Schlafzimmer zu belüften. Aufgrund der vorhandenen Wärmerückgewinnung waren selbst noch zu Beginn der Heizperiode die Temperaturen an den Zuluftdüsen in der Decke so hoch, daß zusammen mit den relativ niedrigen Strömungsgeschwindigkeiten an den Austrittsöffnungen im Aufenthaltsbereich keine Zugerscheinungen zu beklagen waren.

Bei den dezentralen Systemen sind Zugerscheinungen bei Wind oder höheren Gebläsestufen meist nicht zu vermeiden. Vor allem bei den motorischen Lüftern ergeben sich, wie aus Bild 10 hervorgeht, noch in einem Meter Abstand Strömungsgeschwindigkeiten von mehr als 40 cm/s.

Heizenergieverbrauch

Erkannlich wird der Heizenergieverbrauch beim heute üblichen Wärmeschutzniveau zu einem wesentlichen Teil vom Lüftungswärmeverlust bestimmt. Bei den hier vorliegenden Gebäuden liegt bei einem Luftwechsel von $1,0 \text{ h}^{-1}$ der Anteil bei ca. 25%. Es ist klar, daß bei Lüftungssystemen ohne Wärmerückgewinnung eine Heizenergieeinsparung nur dann möglich ist, wenn es mit ihnen gelingt, auf Dauer einen niedrigeren mittleren Luftwechsel zu erzielen als mit herkömmlicher Fensterlüftung (zeitweises Öffnen der Fenster).

Da Undichtheiten in der Gebäudehülle durch Lüftungssysteme nur wenig beeinflußt werden, können diese nur mit einer am Wetter und Nutzungsgrad angepaßter Inbetriebnahme zur Energieeinsparung beitragen, was eine aktive Bedienung durch den Benutzer voraussetzt. Da aufgrund der Unkontrollierbarkeit bei üblicher Fensterlüftung Luftwechsel

im Mittel von $1,5 \text{ h}^{-1}$ zu erwarten sind, ist es durchaus möglich, daß man mit speziellen Lüftungssystemen ohne Wärmerückgewinnung den durchschnittlichen Luftwechsel reduzieren kann. Eine Abnahme des Luftwechsels um $0,5 \text{ h}^{-1}$ brachte bei den hier vorliegenden Häusern eine Heizenergieeinsparung von ca. 12% (Bild 11). Noch etwas höhere Einsparungen sind natürlich bei zentralen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung möglich. Ohne den Luftwechsel zu reduzieren ($1,0 \text{ h}^{-1}$) ergab sich mit Wärmerückgewinnung eine Einsparung von ca. 16% (vergl. in Bild 11, im rechten Histogramm die rechten Säulen).

Wirtschaftlichkeit

Legt man Meßwerte für eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung zugrunde, ergibt sich, daß bei einem Haus mit einem jährlichen Heizenergiebedarf von 20 MWh man jährlich ca. 330 DM an Heizenergie einsparen kann. Dabei liegen folgende Werte zugrunde: Heizung mit leichtem Heizöl, Wirkungsgrad 75%, Wärmerückgewinnungsgrad 65%, Lüftungswärmeanteil 25% bei Luftwechsel $1,0 \text{ h}^{-1}$ und Heizölpreis $0,75 \text{ DM/l}$. Soll die Anlage sich durch Energieeinsparung in weniger als 10 Jahren amortisieren, dürfte sie für ein übliches eingeschobiges Einfamilienhaus nicht teurer als ca. DM 3.000,-- sein.

Obwohl Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung einen deutlichen Anteil an den heute noch möglichen Energieeinsparungsmaßnahmen haben können, ist aufgrund derzeitiger Preise (Stand 1983), die im wesentlichen durch die relativ kleinen Stückzahlen bedingt sind, eine Wirtschaftlichkeit (Amortisationszeiten weniger als 10 Jahre) durch Heizkosteneinsparung kaum noch gegeben.

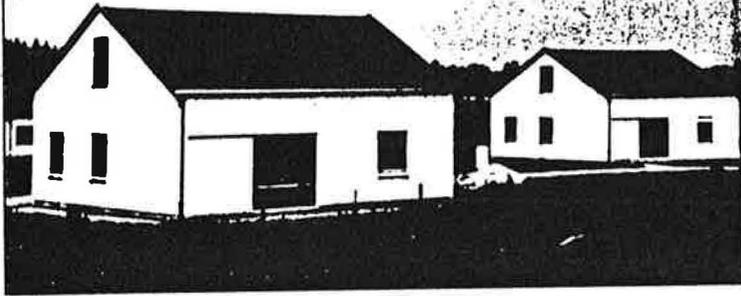


Bild 1: Süd-West-Ansicht der beiden Experimentierhäuser auf dem Versuchsgelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen.

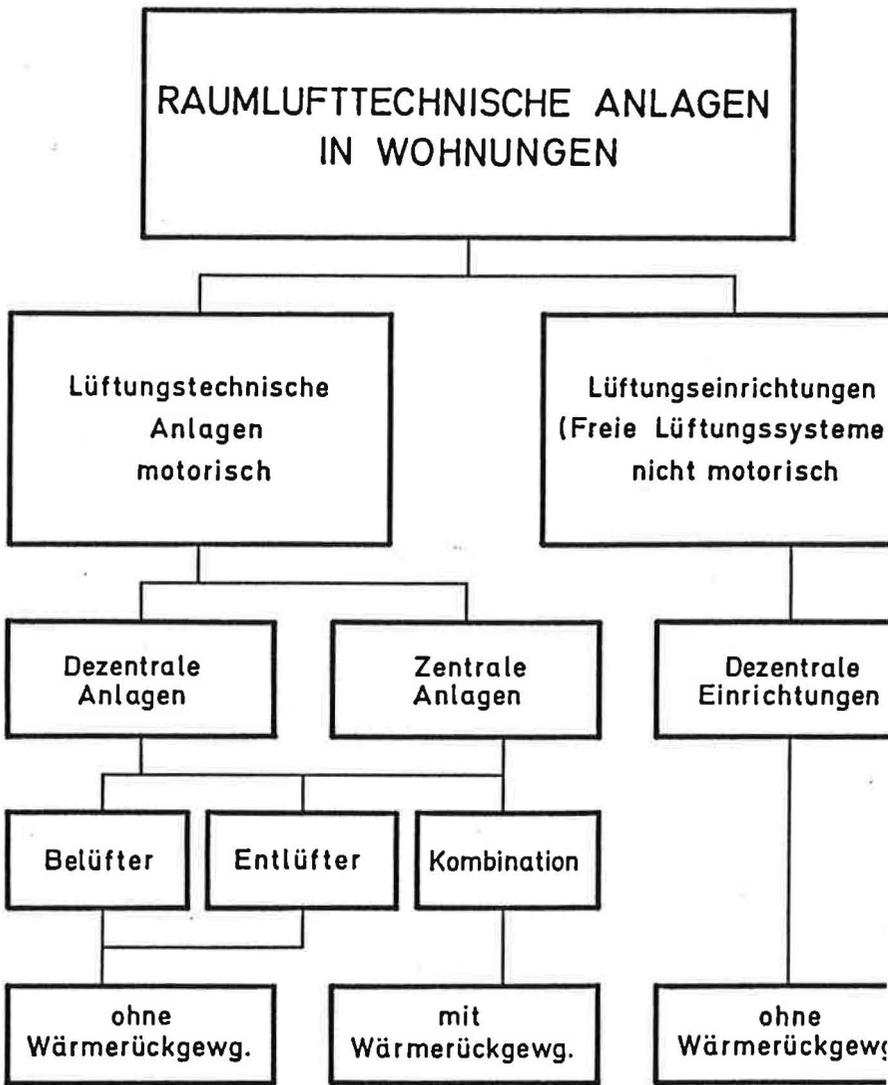


Bild 2: Einteilung motorischer und nicht motorischer und Entlüftungssysteme für den Wohnungsbau

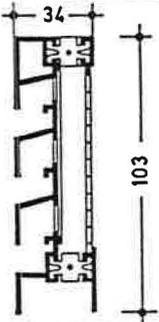
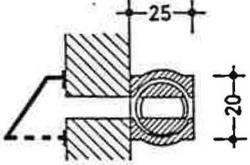
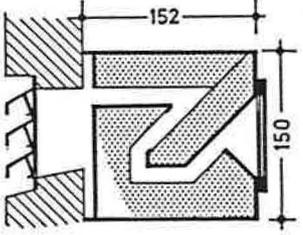
<p>Regulierbare Lüftungs- einrichtungen (RLE)</p>				<p>+</p> <p>[</p> <p>[</p> <p>[</p>
<p>Lieferbare Einbaulänge [mm]</p>	<p>400 - 3000</p>	<p>400</p>	<p>410 - 2600</p>	
<p>Länge des Prüflings [mm]</p>	<p>1115</p>	<p>400</p>	<p>1115</p>	
<p>max. Öffnungs- querschnitt Innenseite [dm²]</p>	<p>11,5</p>	<p>34,2</p>	<p>10,7</p>	
<p>Kurzbezeichnung</p>	<p>RLE 1</p>	<p>RLE 2</p>	<p>RLE 3</p>	

Bild 3: Typische Lüftungseinrichtungen.

Testhaus

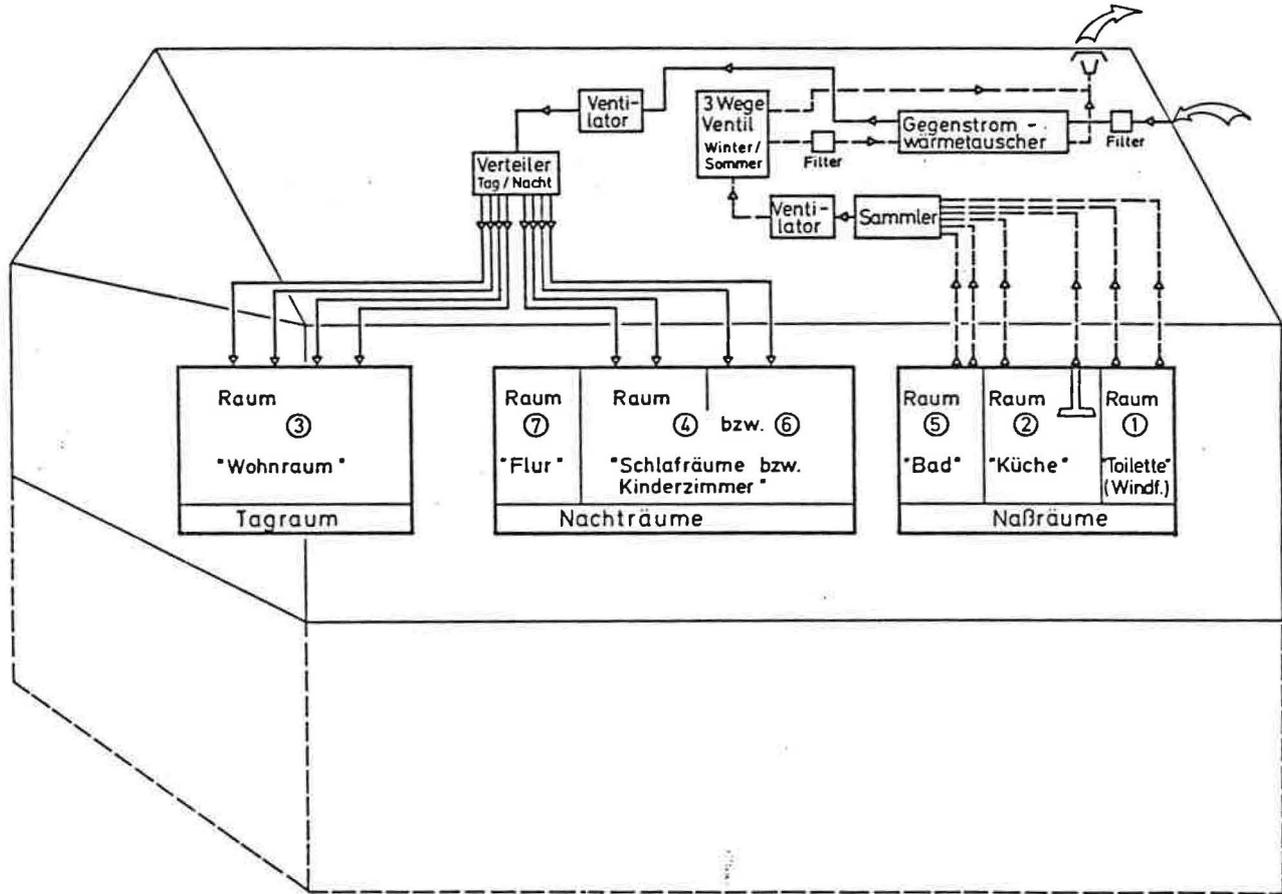


Bild 4: Schematische Darstellung des Lüftungssystems im Testhaus.

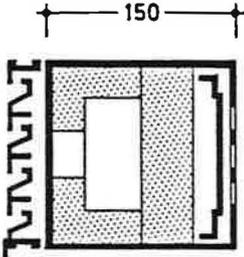
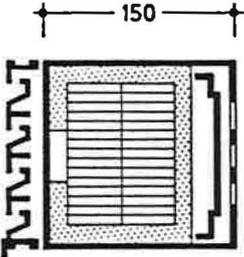
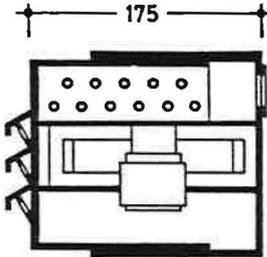
<p>Dezentrale Lüftungsanlagen (DLA)</p>			
<p>Lieferbare Einbaulänge [mm]</p>	<p>600 - 3000</p>	<p>800</p>	<p>765 - 3000</p>
<p>Regulierungsmöglichkeit</p>	<p>be- oder entlüften ohne Wärmerückgewinnung zwei Gebläsestufen</p>	<p>gleichzeitig be- und entlüften mit Wärmerückgewinnung zwei Gebläsestufen</p>	<p>gleichzeitig be- und entlüften mit Wärmerückgewinnung stufenlos regulierbares Gebläse</p>
<p>Kurzbezeichnung</p>	<p>DLA 1</p>	<p>DLA 2</p>	<p>DLA 3</p>

Bild 5: Motorisch betriebene dezentrale Lüftungsanlagen ohne und mit Wärmerückgewinnung.

Regulierbare Lüftungseinrichtungen

Betriebscharakteristiken im Prüfstand

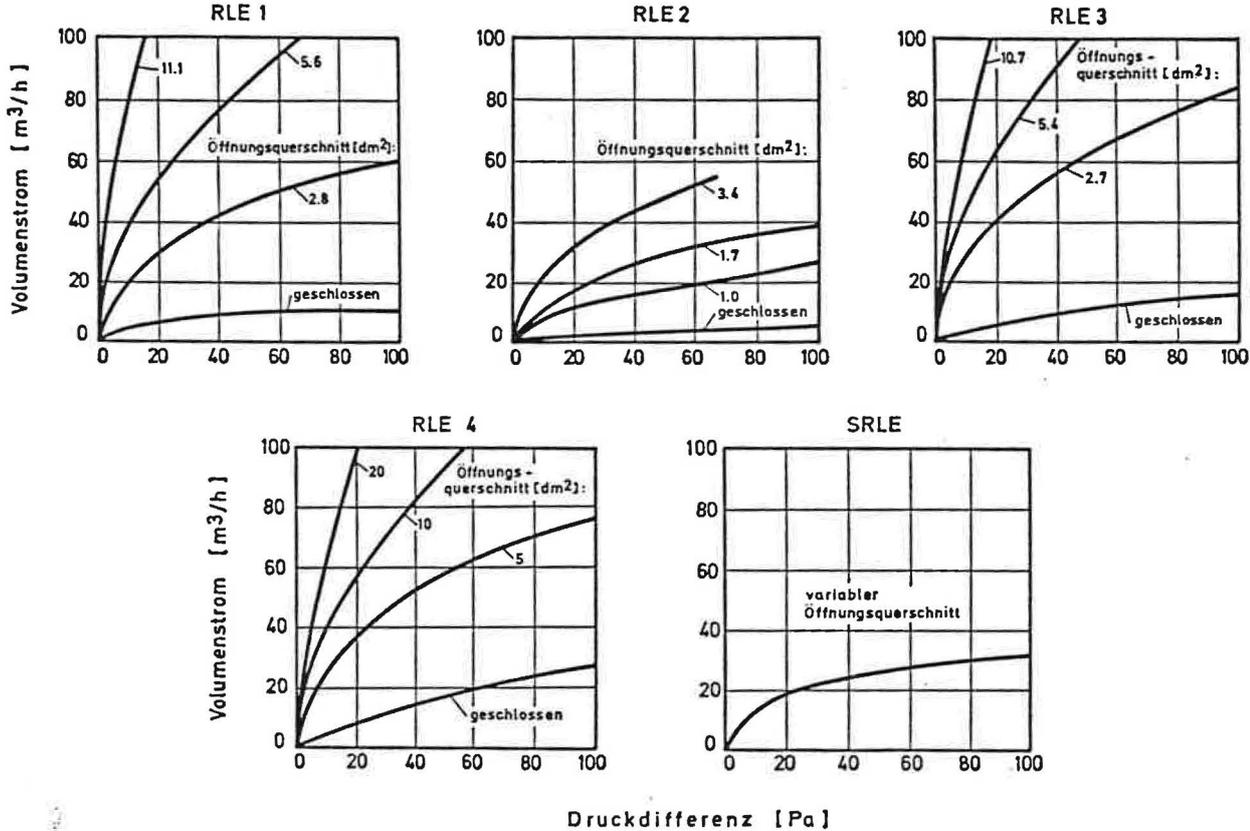


Bild 6:

In einem Versuchsstand gemessene Volumenströme bei stationären Druckdifferenzen von vier regulierbaren Lüftungseinrichtungen (RLE) bei unterschiedlichem Öffnungsquerschnitt und einem selbstregulierendem System (SRLE).

Dezentrale Lüftungsanlagen

Betriebscharakteristik Im Prüfstand

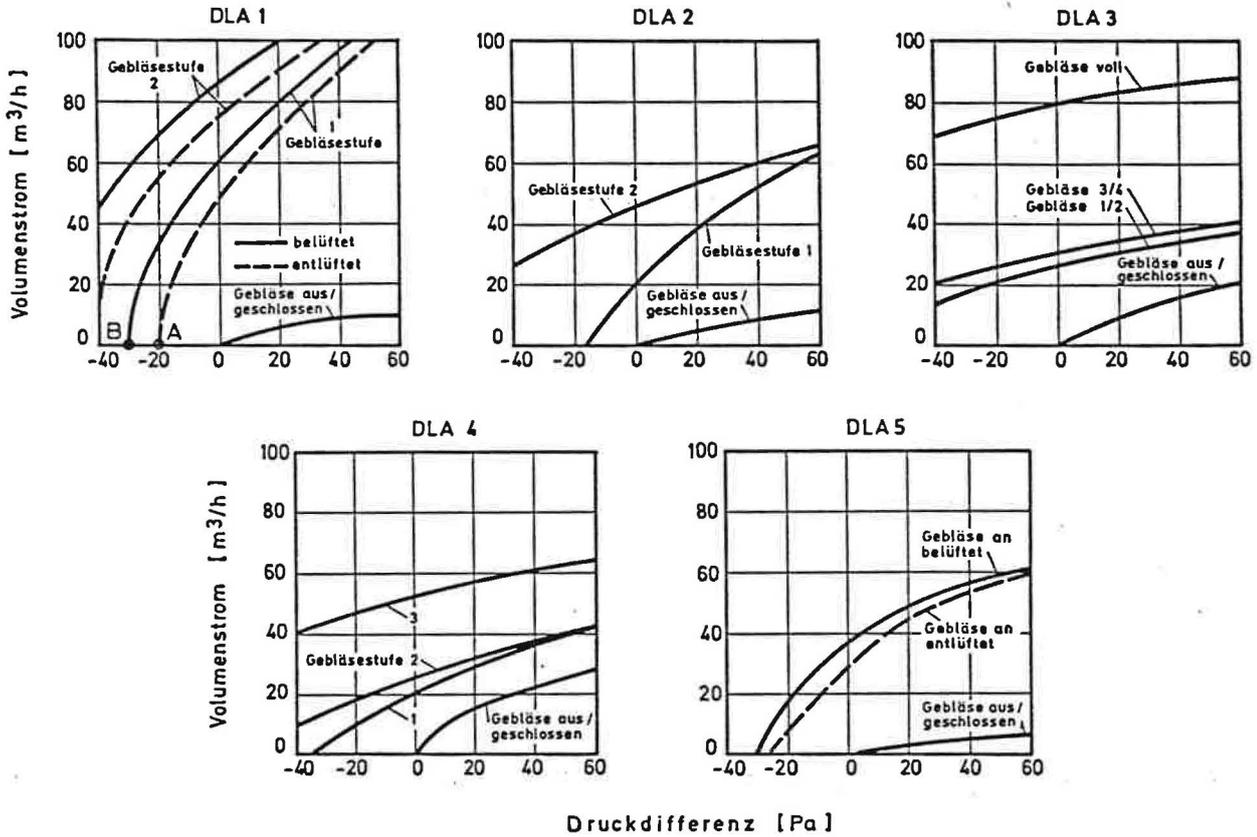
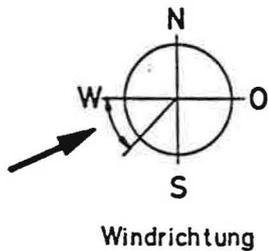
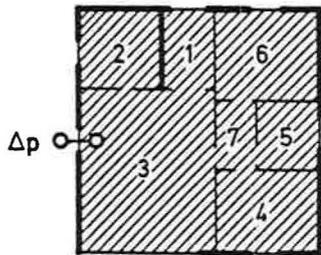
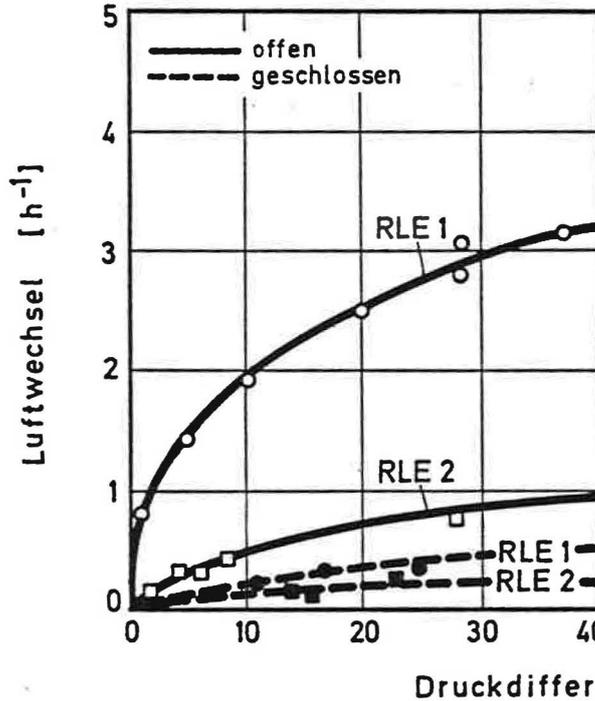


Bild 7: Gebläsekennlinien und Dichtigkeitsprüfungen von dezentralen, motorischen Lüftungsanlagen (DLA) unter stationären Druckbedingungen auf einem Prüfstand.



Testhaus



Referenzhaus

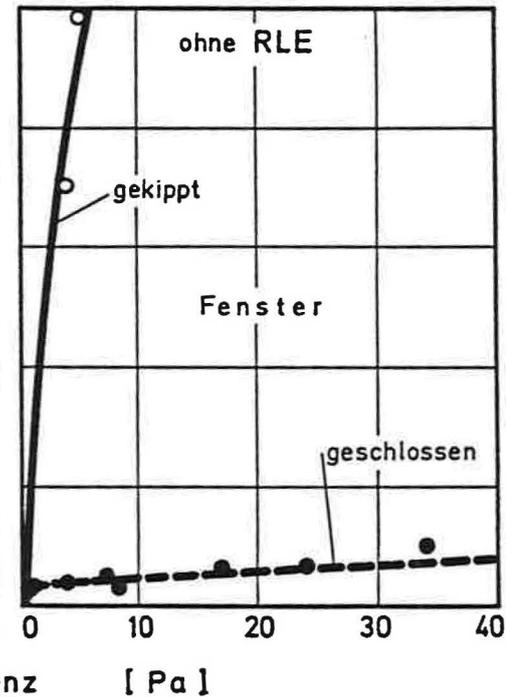


Bild 8: Vergleich der gemessenen Luftwechsel des gesamten Hauses mit eingebauten RLE im Testhaus und geschlossenen bzw. gekippten Fenstern im Referenzhaus in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen Luvseite des Hauses und Außenluft.

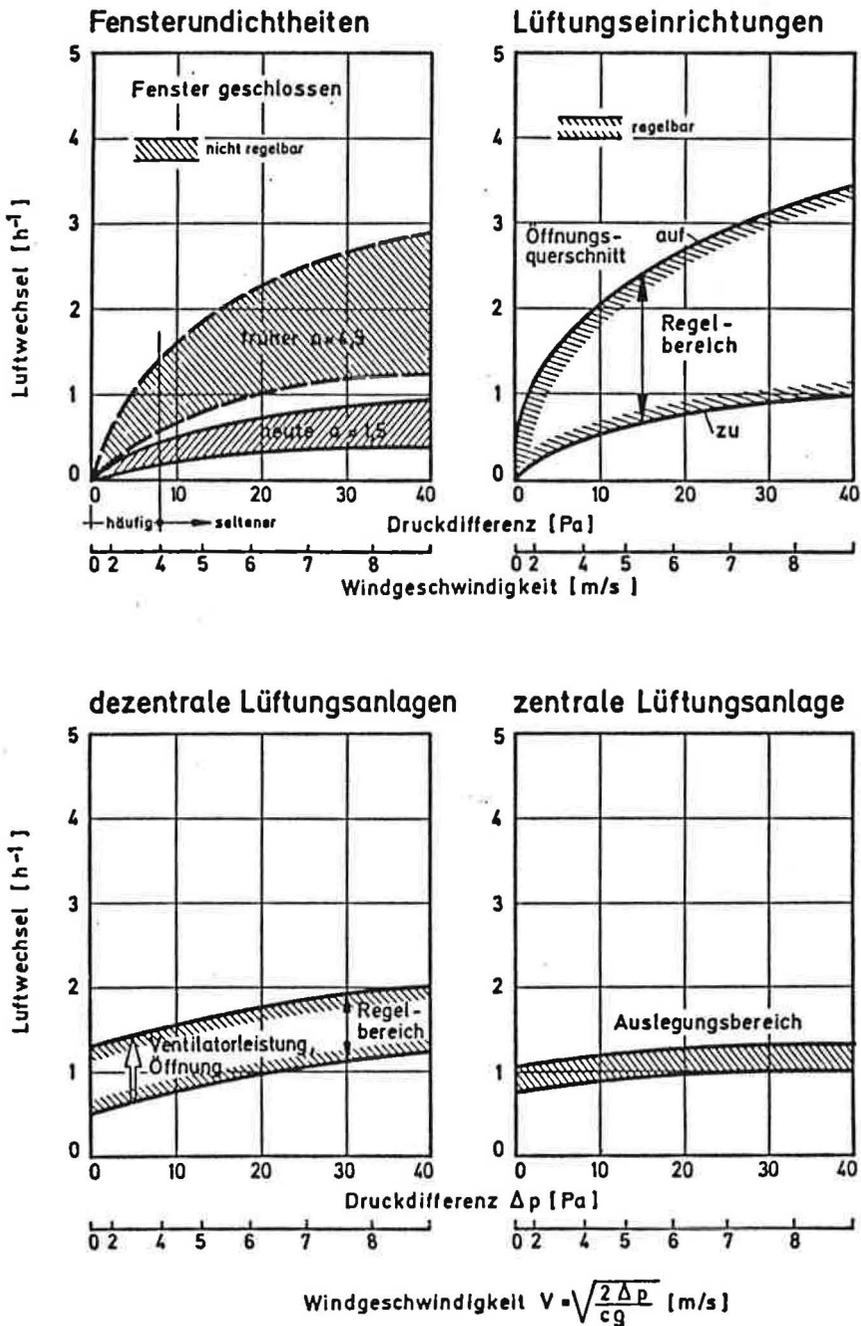


Bild 9: Typische Luftwechsel in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit (Staudruck) für unterschiedliche Lüftungsmöglichkeiten.

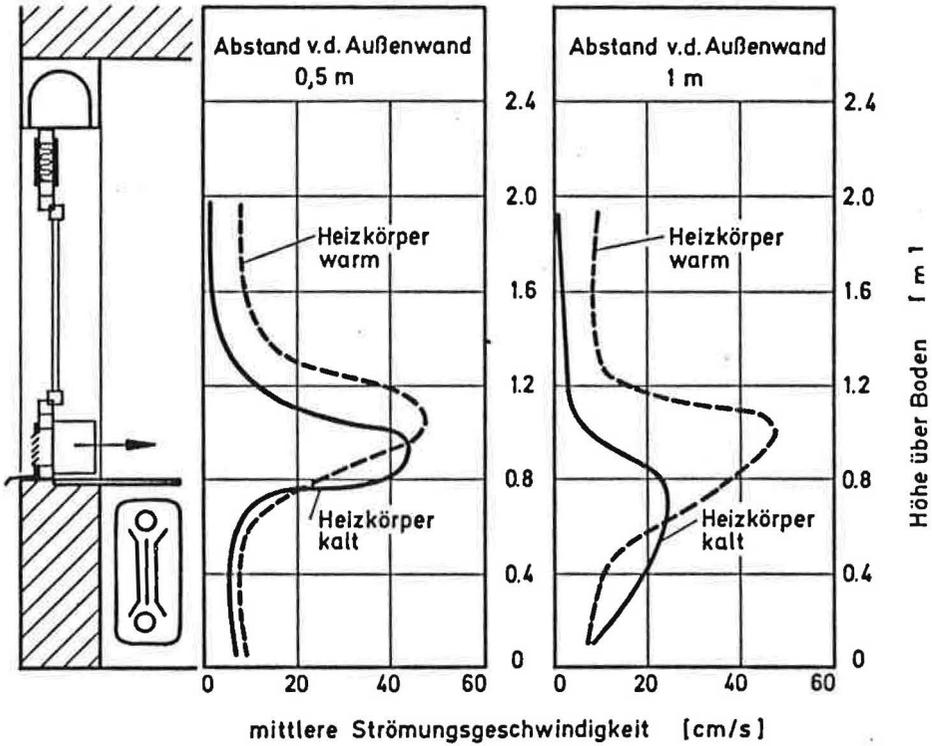
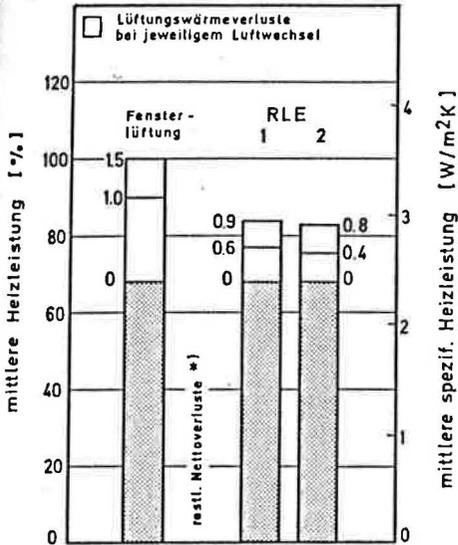


Bild 10: Verlauf der mittleren Strömungsgeschwindigkeit bei DLA1 in verschiedenen Höhen und Abständen von der Außenwand im Belüftungsfall, Gebläsestufe 1.

Regulierbare Lüftungseinrichtungen

Vergleich unter normierten Bedingungen

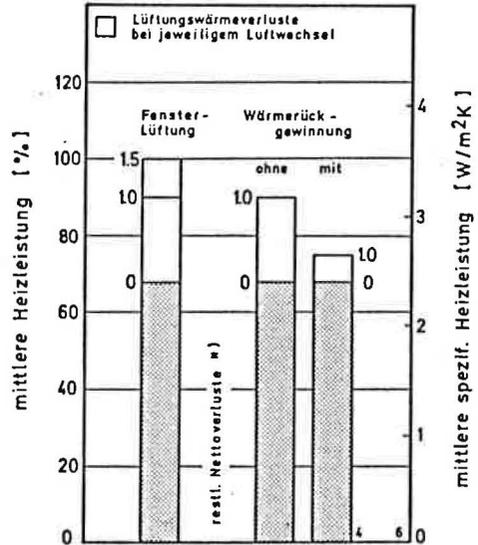


Normierte Strahlung		Wh m ² d
Global	2000	
Süd	2900	
West / Ost	1800	
Nord	550	

*) Transmissionsverluste - Gewinne

Zentrale Lüftungsanlage

Vergleich unter normierten Bedingungen



Normierte Strahlung		Wh m ² d
Global	2000	
Süd	2900	
West / Ost	1800	
Nord	550	

*) Transmissionsverluste - Gewinne

Bild 11: Gegenüberstellung der ermittelten Heizenergieverbräuche bei Fensterlüftung, bei Lüftung mit regulierbaren Lüftungseinrichtungen (RLE) und zentraler Be- und Entlüftung ohne und mit Wärmerückgewinnung.