

Lüftung - Wohnungsbau

1711

301

RAUHLUFTFEUCHTE UND WOHNUNGSLÜFTUNG*

Humidity and Ventilation in Dwellings

Karl Gertis

Institut für Bauphysik und Baustofflehre

Universität Essen

Abstract

In the last years energy conservation in dwellings has been realized mainly by tight windows and by improving heat insulation. On the other side an increasing damage to the building fabric by humidity and mould fungus could be noticed. But there is no correlation between these damages and the improved insulation. The damages to the building fabric are rather caused by too low ventilation rates. The paper deals with the problems in detail. Ventilation rates in the order of 0.5 to 0.8 p.h. are assumed to be sufficient to avoid detrimental effects for the building and the inhabitants. Efficient measures against heat losses by ventilation which simultaneously could ensure adequate ventilation rates consist in the realization of controlled ventilation with heat recovery.

* modifizierte Fassung des Referats "Bauphysikalische Grundlagen der Wohnungslüftung", Kolloquium "Wohnungslüftung/-heizung in Zukunft", Bonn, 30.06.1983, Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

AUSGANGSSITUATION

1. Seit der drastischen Verteuerung der Energie in den letzten zehn Jahren ist der Wärmeschutz unserer Bauten in geradezu erstaunlichem Maße verbessert worden. Die Bau- und Dämmstoffindustrie hat - unterstützt durch flankierende Maßnahmen des Gesetz- und Normungsgebers - Baukonstruktionen mit erheblich höherer Wärmedämmfähigkeit entwickelt. Die Fensterindustrie bietet thermisch verbesserte Fensterkonstruktionen serienmäßig auf dem Markt an, die in der Regel auch im geschlossenen Zustand luftdichter sind als früher.

Diese dichten Fenster und die dadurch bewirkte Reduzierung des Luftaustausches werden häufig verantwortlich gemacht für Feuchteschäden und Schimmelpilzbildung, die in jüngster Zeit an der Innenoberfläche von Wohnungsaußenbauteilen relativ oft zu beobachten sind [1]. Hierdurch entsteht der Eindruck, als ob die Heizenergiesparmaßnahmen und der verbesserte Wärmeschutz dem Nutzer von Wohnungen Stockflecken, abgelöste Tapeten, Modergeruch und äußerst ungesunde Wohnverhältnisse bescheren würde.

Eine solchermaßen aufgebaute und einseitige Darstellung wird den tatsächlichen bauphysikalischen Zusammenhängen zwischen Energieeinsparung und Wohnungslüftung nicht gerecht. Man muß vielmehr die wirklichen bauphysikalischen Funktionen der Wohnungslüftung betrachten und prüfen, ob und welche Funktionen durch die jüngsten Entwicklungen nachteilig beeinflusst worden sind. Eine bauphysikalisch richtige Wohnungslüftung muß folgende Kriterien erfüllen:

1. Sicherstellung des hygienisch erforderlichen Mindestluftwechsels bei natürlicher Lüftung auch im geschlossenen Zustand der Fenster. Der hygienische Mindestluftwechsel liegt bei $0,5 \text{ bis } 0,8 \text{ h}^{-1}$ bzw. bei ca. $10 \text{ bis } 25 \text{ m}^3/\text{h Person}$ [2], [3]. Der natürliche Luftwechsel wird durch Windanströmung des Gebäudes und durch Thermik bewirkt.

2. Abfuhr der in der Wohnung entstehenden Feuchte. Es darf nicht zu Tauwasserbildung an den Innenoberflächen der Außenbauteile kommen, auch nicht an Wärmebrückenstellen. Die Feuchteabfuhr aus dem Inneren der Räume hat via Lüftung zu erfolgen. Sog. "Baubiologen" behaupten häufig, die Wasserdampfabfuhr aus den Innenräumen müsse per Diffusion durch die Außenbauteile vonstatten gehen, welche zu diesem Zweck "atmungsaktiv" sein müßten [4]. Diese Ansicht ist falsch [5]. Die Wasserdampfdiffusion wird in der Bauphysik nur deshalb genauer verfolgt, weil sich innerhalb der Bauteile zu deren eigenem Schutze keine Tauwasseranreicherung einstellen darf. Die Wasserdampfdiffusion durch Außenbauteile hat aber niemals die Aufgabe, den Feuchtehaushalt der Räume zu regulieren; dies geschieht über die Raumlüftung und nicht über die Diffusion durch Bauteile.

3. Während das Kriterium 2 zu einer Begrenzung des Luftwechsels nach unten führt, ist neuerdings aus Gründen der Energieeinsparung auch eine Begrenzung der Lüftung nach oben erforderlich. Mit dem Luftwechsel sind nämlich zwangsläufig auch Lüftungswärmeverluste verbunden, die möglichst klein gehalten werden müssen.

Die bauphysikalischen Grundanforderungen an die Wohnungslüftung bestehen also darin, mit natürlichen baulichen Mitteln dafür zu sorgen, daß einerseits der hygienisch erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist, andererseits aber auch zu große Lüftungswärmeverluste vermieden werden. Wie später noch erläutert wird, führt die nötige Energieeinsparung künftig auf mechanische Lüftungsanlagen, weil nur diese eine Rückgewinnung der Wärmeenergie aus der Abluft gestatten.

2. GRUNDLAGEN DER NATÜRLICHEN LÜFTUNG

Um auf natürliche Weise den erforderlichen Mindestluftwechsel in Wohnungen sicherzustellen, müssen die Wohnungsgrundrisse so gewählt werden, daß eine Querlüftung bzw. eine überdecklüftung möglich ist. Bild 1 zeigt einen im Mehrfamilienhausbau häufig verwendeten Grundriß. Wenn Grundrisse eine Quer- oder überdecklüftung nicht gestatten, müssen die Wohnungen Entlüftungsanlagen mit Schwerkraft- oder Gebläselüftung erhalten, die in Normen [7], [8] bzw. in der Fachliteratur, z.B. in [9], präzisiert werden.

Als Antrieb für den natürlichen Luftwechsel kommen Dichteunterschiede (Temperaturunterschiede) und Winddruckunterschiede in Betracht. Bild 2 erläutert schematisch die Schwerkraftlüftung eines Raumes infolge Thermik. Auf Grund der über die Raumhöhe unterschiedlichen Lufttemperatur entstehen Dichte- und Druckunterschiede ähnlich wie in einem Schornstein. Eine Durchlüftung des Raumes tritt erst dann ein, wenn mindestens zwei Öffnungen in der Fassade vorhanden sind (Bild 2 unten), eine Öffnung (Bild 2 oben) führt zwar zum Aufbau eines Druckprofils, nicht aber zur Durchlüftung. Über größere Gebäudehöhen, z.B. im Treppenhaus eines mehrstöckigen Wohngebäudes, können sich allein auf Grund der Thermik relativ beachtliche Druckunterschiede aufbauen (vgl. Bild 3).

Bei Windanströmung entstehen zwischen der Luv- und Leeseite der Wohnung Druckunterschiede. Allerdings verläuft die Windan- und Windumströmung eines Gebäudes in der Regel wesentlich komplizierter, als es einer simplen Betrachtung entspricht (Bild 4). Auf der Luvseite bilden sich entlang der Fassade ein abwärtsgerichteter, auf der Leeseite ein aufwärtsgerichteter und mehrere seitliche Wirbel. Diese Wirbel erzeugen lokale Unter- und Überdruckzonen, so daß man in der Praxis meist nicht die üblichen Staudruckdifferenzen zugrunde legen kann und - entsprechend den Schwankungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung - von relativ weiten Streuungen beim natürlichen Luftwechsel ausgehen

muß. Die Größenordnung von Luftwechselzahlen, die mit natürlicher Lüftung bei geschlossenen Fenstern und bei verschiedener Fenster- bzw. Rollladenstellung in der Praxis erreichbar sind, veranschaulicht Bild 5. Man erkennt aus den relativ weiten Bereichen, daß - je nach Wind- und Auftriebsverhältnissen - erhebliche Streuungen möglich sind. Trotz dieser Streuungen zeigt Bild 5, daß durch unterschiedliche Fenster- und Rollladenstellungen aber doch gewisse "Grobveränderungen" des Luftwechsels vorgenommen werden können, Feindosierungen sind allerdings mit derartigen bauphysikalischen Mitteln nicht erreichbar. Bemerkenswert erscheint, daß, wie aus Zeile 1 von Bild 5 hervorgeht, bei geschlossenen Fenstern der Bereich des Mindestluftwechsels von $0,5$ bis $0,8 \text{ h}^{-1}$ nicht sichergestellt werden kann und auch in der Vergangenheit nicht sichergestellt werden konnte. Ein geringfügiges Fensteröffnen war also auch früher schon für den Mindestluftwechsel erforderlich.

3. WOHNUNGSLÜFTUNG UND WOHNFEUCHTE

Im Wohnungsinnen entsteht eine gewisse Wohnfeuchte. Die Feuchteproduktion erfolgt physiologisch durch die Feuchteabgabe der Personen, sowie durch spezifische Wohnprozesse (Kochen, Waschen, Baden etc.). Eine Grundregel der Wohnhygiene, die leider in letzter Zeit in Vergessenheit zu geraten schien, ist, daß einem stoßartigen Feuchteanfall auch durch kurzzeitige Stoßlüftung begegnet werden muß. Überprüft man hingegen den (stationären) Dauerzustand, so stellt sich, wie Bild 6 verdeutlicht, abhängig von der Stärke des Luftwechsels, der Feuchteproduktion und der Raumlufttemperatur, in der Wohnung eine bestimmte relative Luftfeuchte ein. Wenn der erforderliche Mindestluftwechsel von $0,5$ bis $0,8 \text{ h}^{-1}$ eingehalten wird, erhält man, falls nur die physiologische Feuchteabgabe vorhanden ist, Feuchtezustände um ca. 20% r.F. Die bei winterlicher Beheizung relativ trockene Raumluft ist allgemein bekannt. Auch bei erhöhter Feuchteproduktion mit zusätzlich 500 g/h ergibt sich - selbst bei auf 16°C gedrosselter Beheizung - nicht mehr als 60% r.F. in der Wohnung, wenn der Mindestluftwechsel eingehalten wird (oberer schraffierter Bereich in Bild 6). Wenn die Mindestluftfeuchte hingegen nicht eingehalten wird (Luftwechsel: $< 0,5 \text{ h}^{-1}$) steigt die relative Feuchte steil an.

Höhere Raumluftfeuchten können insbesondere bei tiefen Außenlufttemperaturen im Winter an den Innenoberflächen von Außenbauteilen zu Tauwasser führen, nämlich dann, wenn sich diese unter die Taupunktstemperatur abkühlen. Um dies zu vermeiden, ist für jede Ebene Außenbauteile ein bestimmter k -Wert erforderlich, der nicht überschritten werden darf. Bild 7 verdeutlicht den höchstzulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten in Abhängigkeit von der relativen Raumluftfeuchte. Man erkennt, daß unter ungünstiger Voraussetzung stagnierender Luftbewegung in unmittelbarer Wandnähe bei Mindestwärmeschutz mit $k = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ noch eine relative Raumluftfeuchte von ca. 60% zulässig ist, ohne daß Tauwasserbildung in den ebenen, ungestörten Wandbereichen eintritt. Gemäß Bild 6 wird

dieser Wert praktisch immer eingehalten, wenn der Mindestluftwechsel garantiert wird. Insofern ist der in DIN 4108 [17] vorgeschriebene Mindestwärmeschutz von $1/\lambda = 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$ bzw. $k = 1,38 \text{ W/m}^2\text{K}$ richtig bemessen.

Werden nunmehr die Wärmebrücke durch Wärmebrücken (wie Ecken und dgl.) gestört, so erniedrigt sich die Temperatur an der Innenoberfläche. Bild 8 veranschaulicht, in welchem Maße die Innenoberflächentemperatur einer Außenwand bei Annäherung an die Ecke abnimmt. Wegen der in Ecken grundsätzlich etwas stagnierenden Luftbewegung geht auch die konvektive Wärmeübertragung mit Annäherung an die Ecke zurück. Dies tritt besonders stark dann ein, wenn die Ecke mit einem Schrank, Sofa oder dgl. möbliert ist. In Bild 8 sind zwei schraffierte Bereiche und eine gestrichelte gekennzeichnete Kurve eingetragen. Der obere Bereich entspricht einer Außenwand mit durchschnittlicher Wärmedämmung ($1/\lambda = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$; $k \approx 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$); der untere schraffierte Bereich gilt für eine Außenwand mit Mindestwärmeschutz ($1/\lambda = 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$; $k \approx 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$). In beiden Fällen ist eine freie bzw. eine möblierte Ecke und eine Raumlufttemperatur von 20°C zugrunde gelegt worden. Den bezüglich Abkühlung ungünstigsten Fall verkörpert eine möblierte Wand mit Mindestwärmeschutz und reduzierter Beheizung auf 16°C Lufttemperatur (gestrichelte Kurve). Die rechten Ordinatenmaßstäbe zeigen jene relativen Raumluftfeuchten, bei denen die links wiedergegebenen Oberflächentemperaturen zu Tauwasserbildung führen. Bei einer Oberflächentemperatur von 16°C müßten z.B. in einer ebenfalls 16°C warmen Raumluft 100% r.F. vorhanden sein, um Tauwasser hervorzurufen (vgl. das obere Ende der rechten Maßstabskala). Geht man nunmehr vom ungünstigsten Fall einer möblierten Ecke aus, so ergeben sich aus Bild 8 die in den Zeilen 2, 4 und 5 der Tabelle 1 aufgeführten Kombinationen von Oberflächentemperatur und zulässiger relativer Feuchte der Raumluft. Man ersieht aus den Zeilen 4 und 5, daß zur Vermeidung von Tauwasser in möblierten Ecken mit Mindestwärmeschutz Raumluftfeuchten von 43% bzw. 48% nicht überschritten werden dürfen. Bemerkenswert er-

scheint, daß - entgegen vorschneller Erwartungen - nicht der Fall "Heizungsdrosselung auf 16°C " (Zeile 5 von Tabelle 1), sondern der Fall " 20°C Raumlufttemperatur" in Zeile 4 der kritischere ist; der Unterschied zwischen den Raumluftfeuchten 43 % und 48 % ist aber praktisch belanglos. Geht man mit diesen beiden Werten zurück in Bild 6, so erkennt man aus den dort markierten Pfeilen, daß diese Werte selbst bei erhöhter interner Feuchteproduktion dann eingehalten werden, wenn der Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Bei Sicherstellung des Mindestluftwechsels kann deshalb - auch wenn die Bauteile nur Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108 aufweisen - in Ecken keine Tauwasserbildung auftreten. Wenn somit insbesondere bei den heutzutage üblichen höheren Dämmwerten Feuchteschäden an Wärmehücken auftreten, so ist dies im allgemeinen auf ungenügende Wohnungslüftung, in Verbindung mit ungenügender Beheizung zurückzuführen. Gravierend bei ungenügender Beheizung ist primär der Abfall der innerseitigen Oberflächentemperaturen; ihre Auswirkungen auf den Luftfeuchtezustand sind sekundär.

4. ZUSAMMENFASSUNG UND PRAKTISCHE KONSEQUENZEN

Im Zuge der Energieeinsparung sind in letzter Zeit relativ dicht schließende Fenster in Neubauten und bei der Modernisierung von Altbauten eingesetzt worden. Ferner wurde insbesondere im Neubaubereich der bauliche Wärmeschutz wesentlich verbessert. Si-multan mit diesen Maßnahmen ist ein starkes Anwachsen von Feuchteschäden an den Innenoberflächen der Außenbauteile (vor allem im Bereich von Wärmehücken) mit z.T. Schimmelpilzbefall festzustellen. Derartige Erscheinungen sind von bauphysikalisch Unkundigen mit dem verbesserten Wärmeschutz in Verbindung gebracht worden: er sei an diesen Schäden schuld!

Diese Ansicht ist falsch. Ein verbesserter baulicher Wärmeschutz kann niemals Feuchteschäden verursachen. Im Gegenteil: er reduziert oder vermindert sie. Die Feuchteschäden sind vielmehr eindeutig auf einen zu geringen Luftwechsel zurückzuführen. Die aus Energieeinspargründen gedrosselte Beheizung der Räume kann sich ebenfalls negativ auswirken, weil bei minderer Beheizung die Temperaturen an den Innenoberflächen der Außenbauteile, namentlich an Wärmehückenstellen, absinken. Der hygienisch erforderliche Mindestluftwechsel muß sichergestellt werden; $0,8\text{ h}^{-1}$ bzw. bei ca. $25\text{ m}^3/\text{h}$ Person. "Hermetisch" schließende Fenster, die heutzutage serienmäßig auf dem Markt angeboten werden, sind ohne zusätzliche Lüftungsöffnungen verfrüht. Der Mindestluftwechsel in obiger Größenordnung muß nämlich auch im geschlossenen Zustand der Fenster auf natürliche Weise sichergestellt sein; die Windanströmung der Gebäude und der thermische Auftrieb liefern bei zweckmäßigen Wohnungsgrundrissen hierzu ausreichende Druckdifferenzen. Wenn der Mindestluftwechsel sichergestellt ist, treten selbst bei höheren Feuchteproduktionen innerhalb der Wohnungen im Winter keine höheren Luftfeuchten als 45 bis 50 % auf. Diese führen auch bei Ecken von Außenbauteilen mit Mindestwärmeschutz in der Regel nicht zu Tauwassererscheinungen. Wenn umkehrt in der Praxis Tauwasser und Pilzschäden zu beobachten sind, so ist dies ein eindeutiges Indiz dafür, daß der erforderliche

Mindestluftwechsel von 0,5 bis 0,8 h⁻¹ und die übliche Beheizung längerfristig nicht eingehalten worden sind. Der Wohnungsnutzer muß eindringlich darüber aufgeklärt werden, daß er sich falsche Lüftungs- und Heizgepflogenheiten angeeignet hat und "unnormal" wohnt. Er muß wieder zur Normalität erzogen werden.

Die Lüftungswärmeverluste werden künftig immer bedeutsamer, weil die Transmissionswärmeverluste wegen der verbesserten Wärmedämmung wesentlich zurückgegangen sind. Zur Reduzierung der Lüftungswärmeverluste müssen auch im Wohnungsbau mechanische Wärmerückgewinnungsanlagen eingesetzt werden. Wenn künftig mechanische Lüftungsanlagen den erforderlichen Mindestluftwechsel sicherstellen, sind dicht schließende Fenster sinnvoll; gegenwärtig erscheinen sie, wenn keine zusätzlichen Lüftungsöffnungen vorgesehen sind, verfrüht.

5. LITERATUR

- [1] Diverse Autoren
SHR-Diskussion: Lüftung und Schvärzepilz
San.- u. Heitz. 48 (1983), H. 1, S. 3-15
- [2] Wegner, J.
Untersuchungen des natürlichen Luftwechsels in
ausgeführten Wohnungen, die mit sehr fugendich-
ten Fenstern ausgestattet sind.
Bericht BMBau B15-80 01 77-177 (1981)
- [3] Presser, G.S.
Die neue ASHRAE-Lüftungsnorm 62-1981
KI 11 (1983), H. 4, S. 179-182
- [4] Schneider, A.
Baubiologische Aspekte des Isorast-Systems
Selbst ist der Mann (1982), H. 5, S. 3
- [5] Künzel, H.
Die "atmende" Außenwand. Ein Irrtum in der Ver-
gangenheit und seine Folgen.
Ges.-ing. 99 (1978), H. 1/2, S. 20 und 29-32
- [6] Hausladen, G.
Wohnungslüftung. Untersuchung der verschiedenen
Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygie-
nischen, bauphysikalischen und energetischen Ge-
sichtspunkten
Diss. Techn. Univ. München (1980),
VDI-Fort.-Ber. 6 (1980), Nr. 73

- [7] DIN 18017: Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster
Bl. 1 (März 1960), Bl. 2 (Aug. 1961),
Bl. 3 (Aug. 1970), Bl. 4 (Juni 1974)
- [8] VDI 2088: Lüftungsanlagen für Wohnungen (1976)
- [9] Mürmann, H.
Wohnungslüftung, 2. Auflage, Verlag C.F. Müller,
Karlsruhe (1982)
- [10] Tamura, G.T. und Wilson, A.G.
Pressure differences for a nine-storey building
as a result of chimney effort and ventilation
system operation
ASHRAE-Trans. (1966), Nr. 1973
- [11] Wolfseher, U. und Gertis, K.
Bodennahe Aerodynamik. Darstellung der lokalen
Windverhältnisse über unbebauten und bebauten
Flächen auf Grund vorhandener Literatur
Ges.-Ing. 99 (1978), H. 9, S. 259-264, S. 273-274
H. 11, S. 321-332
- [12] Gertis, K. und Hauser, G.
Energieeinsparung durch Stoßlüftung
HLH 30 (1979), H. 3, S. 89-93
- [13] Sagelsdorff, R; Hartmann, P. und Mühlebach, H.
Langzeit-Untersuchungen über Luftdurchlässigkeit
und Luftwechsel eines Einfamilienhauses
Bauphysik 4 (1982), H. 2, S. 56-61

- [14] Verhoeven, A.C.
Die hohe Effektivität der Stoßlüftung von Quer-
Schiebefenstern
Detail (1976), H. 4, S. 475-476
- [15] Hauser, G.
Bauliche Maßnahmen zur Verminderung hoher Raum-
lufttemperaturen im Sommer
Bundesbaublatt 27 (1978), H. 6, S. 288-293
- [16] Daler, R.
Freie Lüftung. Untersuchungen über den Luftdurch-
gang an Fenstern und regulierbaren Lüftungsein-
richtungen infolge Temperaturunterschied und Wind
Bbaubl. 32 (1983), H. 5, S. 309-315
- [17] DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau
Teil 2: Wärmedämmung und Wärmespeicherung, Anfor-
derungen und Hinweise für Planung und Ausführung
Aug. (1981)

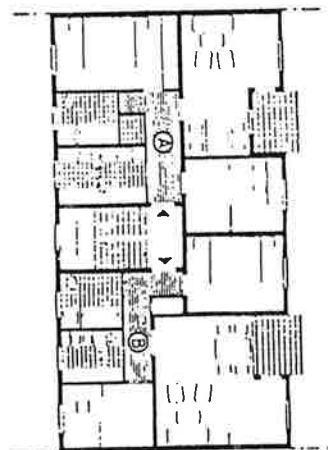
Tabelle 1

Zusammenstellung der Oberflächentemperaturen in Ecken und der zur Tauwasservermeidung höchstzulässigen Raumluftheuchten für die in Bild 8 untersuchten Fälle.

Zeile	Beheizung der Raumlufte	Wärmeschutz	Möblierung	Oberflächen-temperatur in der Ecke	Höchstzulässige Raumluftheuchte
1	20 °C	Durchschnittlicher Wärmeschutz $1/\Lambda = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ $k \approx 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$	frei	13,8 °C	67 %
2			möbliert	12,4 °C	62 %
3		Mindestwärmeschutz $1/\Lambda = 0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$ $k \approx 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	frei	9,2 °C	50 %
4			möbliert	7,1 °C	43 %
5	16 °C			4,9 °C	48 %

314

Straßenseite



Hofseite

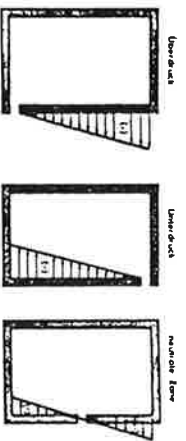
Alternativen : Querlüftung
Über-Eck-lüftung
Entlüftungsanlagen

Bild 1

Grundriß einer typischen Wohnung in einem Mehrfamilien-
wohnhaus mit Angabe der Straßen- und Hofseite, nach [6].
Die Lüftung der Wohnung kann auf natürliche Weise durch
Quer- bzw. Über-Eck-Lüftung sowie durch Entlüftungsanlagen
mit Schwerkraftlüftung oder mechanischen Gebläse erfolgen.

315

Ohne Durchlüftung



Mit Durchlüftung

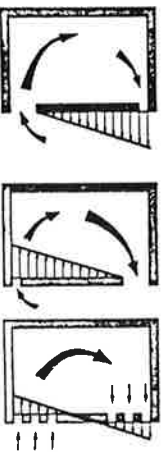


Bild 2

Schematische Darstellung der Druckverteilung in Räumen auf Grund des thermischen Auftriebes bei Temperaturlüftung (Thermik), nach [6].

Oben: Eine Öffnung, Raum wird nicht durchlüftet

Unten: Zwei oder mehrere Öffnungen, Raum wird durchlüftet.

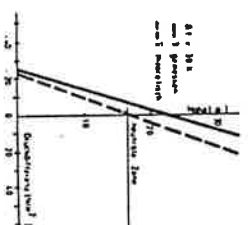
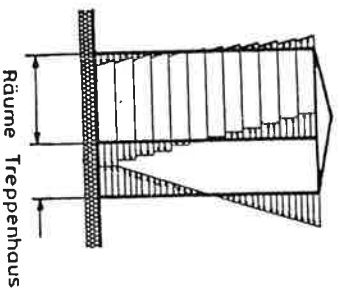
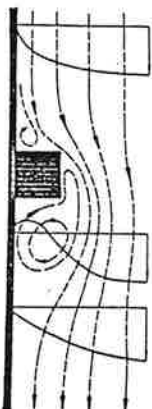
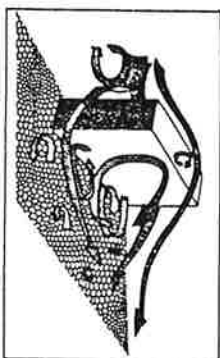
Gebäudeschnitt
(schematisch)Druckverteilung
(nach Tamura)

Bild 3

Druckverteilung in den einzelnen Geschossen und im Treppenhaus eines 12-geschossigen Gebäudes, nach [6].

links: Schematische Darstellung der Druckverteilungen an Hand des Gebäudeschnittes.

rechts: Gemessene und berechnete Druckverteilung nach [10].

Bild 4

Schematische Darstellung der Windumströmung eines Gebäudes, nach [11].

Oben: Perspektivische Darstellung mit Angabe der Wirbelbildungen.

Unten: Windgeschwindigkeitsverteilungsprofile in verschiedenen Entfernung vom Gebäude.

Luftwechsel

Fensterstellung	Luftwechsel- zahl [h^{-1}]
Fenster zu, Türen zu	0 - 0,5
Fenster gekippt Rolläden zu	0,3 - 1,5
Fenster gekippt kein Rolläden	0,8 - 4,0
Fenster halb offen	5 - 10
Fenster ganz offen	9 - 15
Fenster und Fenstertüren ganz offen (gegenüberliegend)	40

Bild 5

Zusammenstellung der Größenordnung von Luftwechselzahlen, die mit natürlicher Lüftung bei verschiedener Fenster- und Rolladenstellung erreichbar sind [12] [13] [14] [15] [16]. Die relativ weiten Bereiche zeigen, daß - je nach Wind- und Antriebsverhältnissen - in der Praxis erhebliche Streuungen auftreten können.

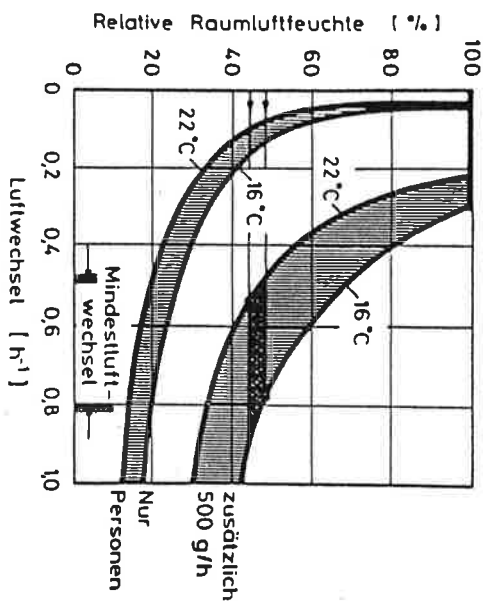


Bild 6 Relative Feuchte, die sich bei verschiedenen starker Lüftung in unterschiedlich beheizten Innenräumen bei verschiedener Feuchteproduktion im Winter einstellt.

Zugrundegelegte Daten (Winter):

Außenlufttemperatur: $-10^{\circ}C$

Außenluftfeuchte: 90 % r.F.

Durchschnittliche Personenzahl: 3,5 pro Wohnung

Die Pfeile markieren den kritischen Bereich (vgl. Tabelle 1, Zeile 4 und 5).

ohne Wärmebrücke

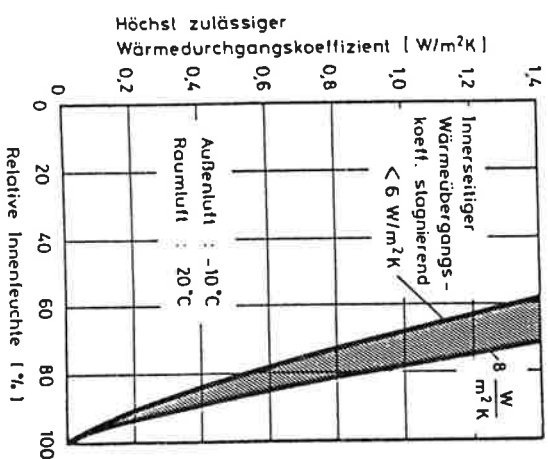


Bild 7

Höchstzulässiger Wärmedurchgangskoeffizient von ebenen Außenbauteilen ohne Wärmebrücken zur Vermeidung von Tauwasserbildung an der Innenoberfläche in Abhängigkeit von der Innenluftfeuchte und vom innenseitigen Wärmeübergangskoeffizienten.

Zugrundegelegte Lufttemperaturen:

innen: $+20^{\circ}C$

außen: $-10^{\circ}C$

mit Wärmebrücke

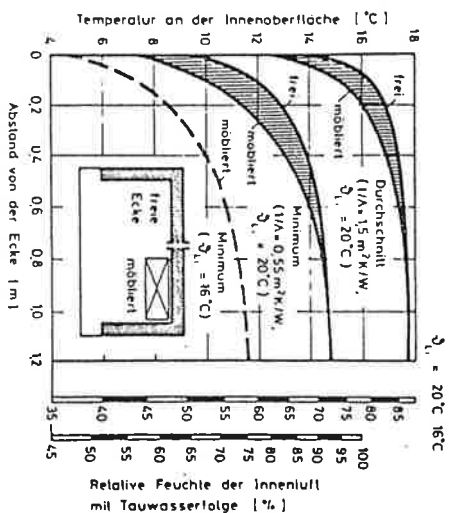


Bild 8

Temperaturabnahme an der Innenoberfläche einer Außenwand mit Durchschnitte- und Mindestwärmeschutz in verschiedenen Abständen von der Ecke. Die Außenecke ist einmal der Konvektion ausgesetzt, zum anderen durch Möbel verstellt. Die schraffierten Bereiche geben den Einfluß der Möblierung auf die Temperaturabsenkung wieder.

Auf der Ordinate am rechten Bildrand sind jene relativen Raumluftfeuchten aufgetragen, bei denen die links wiedergegebenen Oberflächentemperaturen zu Tauwasserbildung führen.

Zugrundegelegte Daten:

Außenlufttemperatur: -10°C

Innenlufttemperatur: $+20^{\circ}\text{C}$ bzw. $+16^{\circ}\text{C}$ (gestrichelte Kurve)

Wärmedurchlaßwiderstand der Außenwand:

$0,55 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Mindestwärmeschutz)

$1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ (Durchschnittlicher Wärmeschutz)

Innenseitiger Wärmeübergangskoeffizient:

$8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (an der ungestörten, ebenen Wand)

$6 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in der freien, nicht möblierten Ecke)

$4 \text{ W/m}^2\text{K}$ (in der möblierten Ecke).

Zwischenwerte sind linear interpoliert.

BETRIEB VON EINZELFEUERSTÄTTEN
IN DICHTEN WOHNUNGEN

Operation of Fireplaces in Tight Dwellings

Anton Höb und A. Schrammeyer

Technischer Überwachungs-Verein Bayern e.V., München

Due to energy-saving in the last years and improvement of insulation, older buildings had been equipped with outdoors and windows of newest design.

As a result a noticeable drop of the air supply was ascertained. Fireplaces in buildings need sufficient combustion air. Tight windows may cause insufficient air supply due to a raise of the feed pressure. Therefore the adequate feed pressure of the fireplace may not be attained, so that poor combustion will take place.

In this study datas for length, tightness etc. of windows, doors and other openings of buildings of the last three decades had been collected.

Attributes and reactions of fireplaces with common burnables had been studied relative to the prescribed influences. As result a minimum sufficient air supply and feed pressure for the different fireplaces have been stated, so that the correct function of the unit room-fireplace-chimney can be guaranteed.