

Zehn Regeln zur Wohnungslüftung

Ten rules for ~~best~~ domestic ventilation. Adequate air change rate ~~etc~~ alone is no longer sufficient

Ausreichender Luftwechsel allein reicht nicht aus



Entscheidend für die Qualität einer Lüftungsanlage ist nicht allein die Einhaltung des notwendigen Luftwechsels. Sie muß darüber hinaus verschiedene andere Forderungen und Einflüsse erfüllen und berücksichtigen: stabile Druckverhältnisse, geräuscharme Ausführung, Entlüftung im Brandfall, um nur einige zu nennen. Die Forderungen lassen sich in einem Zehn-Punkte-Programm zusammenfassen.

Zehn Regeln zur Wohnungslüftung

Die wesentlichen Vorschriften und Empfehlungen zur Wohnungslüftung sind in [1], [2] enthalten. Die hier genannten Volumenströme, konstruktiven Angaben sowie Berechnungshinweise sollen den Anwender zu einer sicheren Auslegung der Lüftungsanlage befähigen. Eine gute Lösung berücksichtigt jedoch nicht nur die Sicherung des notwendigen Luftwechsels an sich.

Das Anliegen dieses Beitrages besteht in der Aufstellung und Erläuterung eines in Form von zehn Regeln zusammengefaßten Forderungsprogramms zur Wohnungslüftung. Diese sollen lauten:

1. Sicherung des notwendigen Luftbedarfes
2. Beachtung der günstigsten Luftströmungsrichtungen
3. Anstrengung stabiler Lüftungsverhältnisse
4. Vermeidung von Unbehaglichkeitszonen
5. Maximaler Einsatz der Fensterlüftung
6. Bedarfsgerechte Anpassung des Luftstromes
7. Verwirklichung eines energiesparenden Lüftungsprinzips
8. Beachtung der Rauchübertragung im Brandfall
9. Geräuscharme Ausführung
10. Wartungsarme Ausführung.

In den folgenden Ausführungen wird näher auf diese Forderungen eingegangen.

1. Sicherung des notwendigen Luftbedarfes

Bekanntlich wird die Wohnungslüftung benötigt

- aus hygienischen Gründen
- aus bauphysikalischen Gründen und
- zur Bereitstellung von Verbrennungsluft.

Bei fehlendem Luftaustausch ergeben sich unzulässige Schadstoffkonzentrationen, wobei der CO₂-Gehalt hervorzuheben ist, unangenehme Geruchsbelästigungen, unzureichende O₂-Konzentrationen und schädliche Wasserdampfkonzentrationen. Bei fensterlosen Küchen sowie unter hochsommerlichen Bedingungen stellen sich in der gesamten Wohnung zusätzlich noch hohe Lufttemperaturen ein.

Der wichtigste Maßstab ist die Festlegung des notwendigen Luftaustausches nach dem CO₂-Gehalt, der unter normalen Verhältnissen sowohl im Küchen- und Sanitärbereich als auch in den Wohnräumen entscheidend ist. Der im Bild 1 schraffiert her-

vorgehobene Grenzbereich von CO_{2,max} zeigt den Mindestluftstrom für einen ausgewählten Schlafräum.

Vom Menschen unmittelbar empfunden wird die Geruchsintensität. Da die Bewertung der Gerüche subjektiv unterschiedlich erfolgt, kann im Gegensatz zum Beispiel der CO₂-Konzentration kein einfacher und einheitlicher Maßstab zur Geruchskompensation im betreffenden Raum festgelegt werden. Die von [4] ermittelten Richtwerte für den spezifischen Frischluftbedarf von sitzenden Personen sind daher nur mit Einschränkung verwendbar. Danach gilt, daß der CO₂-Gehalt nur bedingt mit der Geruchsintensität in Einklang gebracht werden kann. In anderen Arbeiten [5] wird dagegen von einer ausreichenden Korrelation gesprochen. Man kann daraus die Schlußfolgerung ziehen, daß unter dem Gesichtspunkt einer „sparsamen“ Raumlüftung der sichere Abbau von Geruchsbelästigungen das schwierigste Problem darstellt.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt stellt die Verhinderung zu hoher Wasserdampfkonzentrationen dar. Neben Koch- und Waschprozessen im Küchen- und Sanitärbereich wird der Wasserdampfgehalt in der Wohnung durch den Menschen beeinflusst. Während jedoch im ersteren Fall von relativ kurzzeitigen Emissionen gesprochen werden kann, stellt die menschliche Wasserdampfabgabe eine kontinuierliche Last dar. Geht man davon aus, daß zum Beispiel im Fall der sogenannten Querlüftung mit Wasserdampf angereicherte Luft aus der Küche in die Wohnräume strömt, so wird deut-

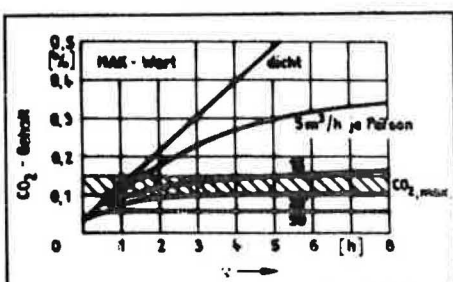


Bild 1 · Zeitlicher Verlauf des CO₂-Gehaltes für einen Schlafräum (20 m³ je Person) nach [3]

lich, daß bei niedrigen Raumtemperaturen (**Schlafzimmer**) und ungünstiger Raumausstattung (Verdeckung größerer Wandflächen, verbunden mit einer merklichen Verringerung der wasserdampfspeichernden Elemente) der **Taupunkt unterschritten** und umfangreiche Kondensationserscheinungen auftreten können. Als Folge müssen andauernde Durchfeuchtung der Umfassungswände, **Schimmelbildung an Wandoberflächen** und Lebensmitteln sowie Schäden an Textilien genannt werden. Diesen Erscheinungen ist nur durch eine ausreichende Lüftung entgegenzuwirken. Es besteht jedoch **keine Notwendigkeit**, den erforderlichen Luftstrom nach den maximal auftretenden Wasserdampfemissionen festzulegen, da die Lastspitzen durch die Speicherefähigkeit der Umfassungswände (insbesondere in Küchen und Sanitärräumen) abgebaut werden. In diesem Zusammenhang darf auch die Fensterlüftung nicht vergessen werden.

Insbesondere in Küchen kommt es bei **Kochprozessen** zu relativ hohen Raumtemperaturen. Da deren Kompensation ebenso wie bei der Wasserdampf-Konzentration durch Speicherung, Luftwechsel und Fensterlüftung erfolgt, soll auf weitere Ausführungen verzichtet werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß für die Festlegung der notwendigen Luftströme (Bild 3) die CO₂- und teilweise die Wasserdampfkonzentration als Kriterien verwendet werden. Der große Einfluß der **Fensterlüftung** spiegelt sich unter anderem darin wider, daß innenliegende WCs gesondert hervorgehoben werden.

In Wohnungen mit Einzelfeuerstätten tritt zusätzlich zu den genannten Anforderungen der Verbrennungsluftbedarf auf. Wie an Hand der Verbrennungsrechnung leicht nachzuweisen ist, beträgt der notwendige Verbrennungsluftbedarf etwa 10 m³/h je Feuerstätte. Je Wohnung ergeben sich damit Luftströme von 30 bis 40 m³/h, die damit unterhalb der aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen genannten Luftmengen liegen. Da die Aufstellung der **Einzelfeuerstätten** in den Räumen erfolgt, wo die Durchlüftung nach der CO₂- und Wasserdampfkonzentration festgelegt wird, kann daraus schlussfolgernd ein Luftstrom für beide Zwecke Verwendung finden. Das heißt, der zur Kompensa-

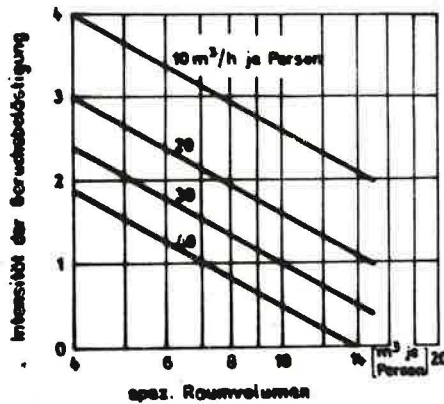


Bild 2 · Frischluftbedarf von sitzenden Personen in Abhängigkeit des je Person zur Verfügung stehenden Raumvolumens [4]

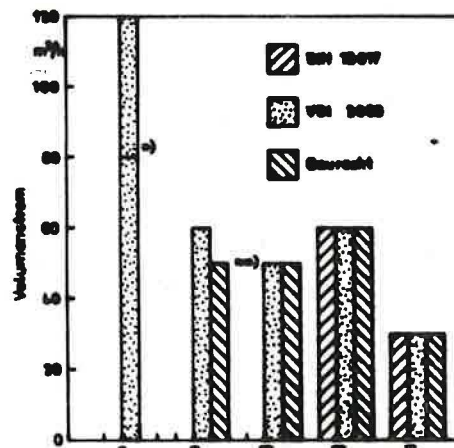


Bild 3 · Vorschriften und Empfehlungen zum Luftaustausch in Küchen und Sanitärräumen: I Küchen > 8 m² (* bei Kleinstwohnungen); II Küchen < 8 m²; III Kochnischen (** Mindestangabe); IV Bäder (einschließlich WC); V Innenliegende WC

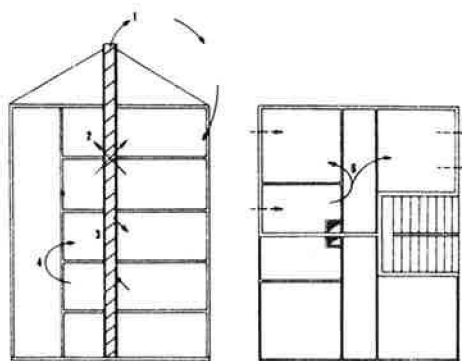


Bild 4 · Beispiele für zu vermeidende Luftströmungsrichtungen in Wohngebäuden: 1 Rücksaugung von Fortluft innerhalb der Wirbelschlepe in die Wohnungen; 2 Übertritt von Luft durch Baufugen; 3 Übertritt von Luft über das Kanalnetz; 4 Übertritt von Luft über das Treppenhaus; 5 Querströmung; 6 Übertritt von Luft des Sanitärbereiches in den Wohnbereich

tion der Lasten notwendige Luftstrom wird anschließend als Verbrennungsluft genutzt. Eine **Addition der Luftmengen ist nicht notwendig**, bei der Auslegung der Lüftungsanlage wird die Verbrennungsluftmenge nicht berücksichtigt. Im Ausnahmefall ist darauf zu achten, daß die Strömungsrichtung der Verbrennungsluft nicht zu unbehaglichen Zuständen in der Wohnung führt.

2. Beachtung der günstigsten Luftströmungsrichtungen

Im Bild 4 sind die wichtigsten Luftströmungsrichtungen angegeben, die bei der Wohnungslüftung vermieden werden sollen. Dazu gehören insgesamt

- Luftströmung vom Küchen- und Sanitärbereich in den Flur und die Wohnräume
- Luftströmung von Bad oder WC über das Kanalsystem in die Küche der betreffenden Wohnung
- Luftströmung von Bad oder WC über den Flur in die Küche der betreffenden Wohnung
- Querströmung innerhalb einer Wohnung von Wohnraum zu Wohnraum
- Querströmung zwischen zwei oder mehr Wohnungen auf gleicher Etage
- Luftaustritt aus dem Abluftkanal in den Küchen- oder Sanitärbereich infolge ungünstiger Druckverhältnisse
- Luftströmung zwischen übereinanderliegenden Wohnungen durch Undichtheiten zwischen Vertikalkanal und Deckenkonstruktion
- Luftströmung zwischen übereinanderliegenden Wohnungen durch das Treppenhaus
- Luftaustritt aus dem Abluftkanal in den Küchen- oder Sanitärbereich infolge Kanalundichtheiten
- Rücksaugung von Fortluft des Luftschachtes (oder von Rauchgasen) in die Wohnung an der windabgewandten Gebäudedefassade bei höheren Windgeschwindigkeiten innerhalb der Wirbelschlepe
- Rückströmung von Rauchgas aus dem Schornstein über Einzelfeuerstätten.

Diese hier aufgeführten Luftströmungsrichtungen sollen aus Gründen der Hygiene (**Geruchs-, Staub-, Schadstoffübertragung**), der Bauphysik (Wasserdampfanreicherung), des

Schall- und Brandschutzes vermieden werden, wobei als Folgeerscheinungen Belästigungen und Gefährdungen auftreten.

Die vollständige Vermeidung dieser Möglichkeiten führt zu relativ großen Aufwendungen, so daß zwischen Notwendigem und Wünschenswertem unterschieden werden muß. Zum ersteren gehört die **Rauchgasrücksaugung**, die jedoch durch bauliche Maßnahmen (Schornstein) beeinflussbar ist. Eventuell können auch durch eine vorschriftsmäßige Bauausführung Falschlufmengen im Bereich der Luftschächte (sowohl innerhalb als auch außerhalb) verhindert werden.

Als wichtigste Maßnahme ist die **Unterdruckbildung im Küchen- und Badbereich** anzustreben, womit bei fensterlosen Räumen eine sichere Beherrschung der Luftströmungsrichtung möglich ist. Räume mit Fenstern unterliegen einem zusätzlichen Differenzdruck durch den Winddruck, der eine Luftströmung im Sinne der Querlüftung anstrebt (Bild 5). Die Kopplung von baulichen (dichtere Türen und Fenster, entsprechende Grundrißgestaltung) und lüftungstechnischen Maßnahmen (getrennte Be- und Entlüftung von Fluren) stellen geeignete Gegenmaßnahmen dar. Im praktischen Fall wird die Querlüftung jedoch nicht vollständig zu vermeiden sein.

Der Luftaustausch zwischen Wohnungen über das Treppenhaus gehört fast zum normalen Erscheinungsbild. Wie den Bildern 6 und 7 entnommen werden kann, bildet das Treppenhaus unabhängig vom verwendeten Lüftungsprinzip ein wichtiges Luftführungselement. Durch eine entsprechende Ausbildung des Lüftungssystems sollte jedoch vermieden werden, daß Abluft der unteren Wohnungen über das Treppenhaus in die darüberliegenden Wohnungen gelangt. Das ist dann der Fall, wenn

- das Treppenhaus die einzige vertikale Luftströmungsmöglichkeit im Gebäude darstellt;
 - der Unterdruck im Luftschacht zu gering ist (bzw. relativ hohe Druckverluste im Schacht gegenüber dem Luftströmungsweg über das Treppenhaus vorhanden sind).
- Eine übliche Maßnahme zur **Reduzierung der Treppenhausdurchlüftung** bildet die Verwendung von Windfangtüren oder ähnlichen Einrichtungen, die letztlich alle auf das Luftschleusen-

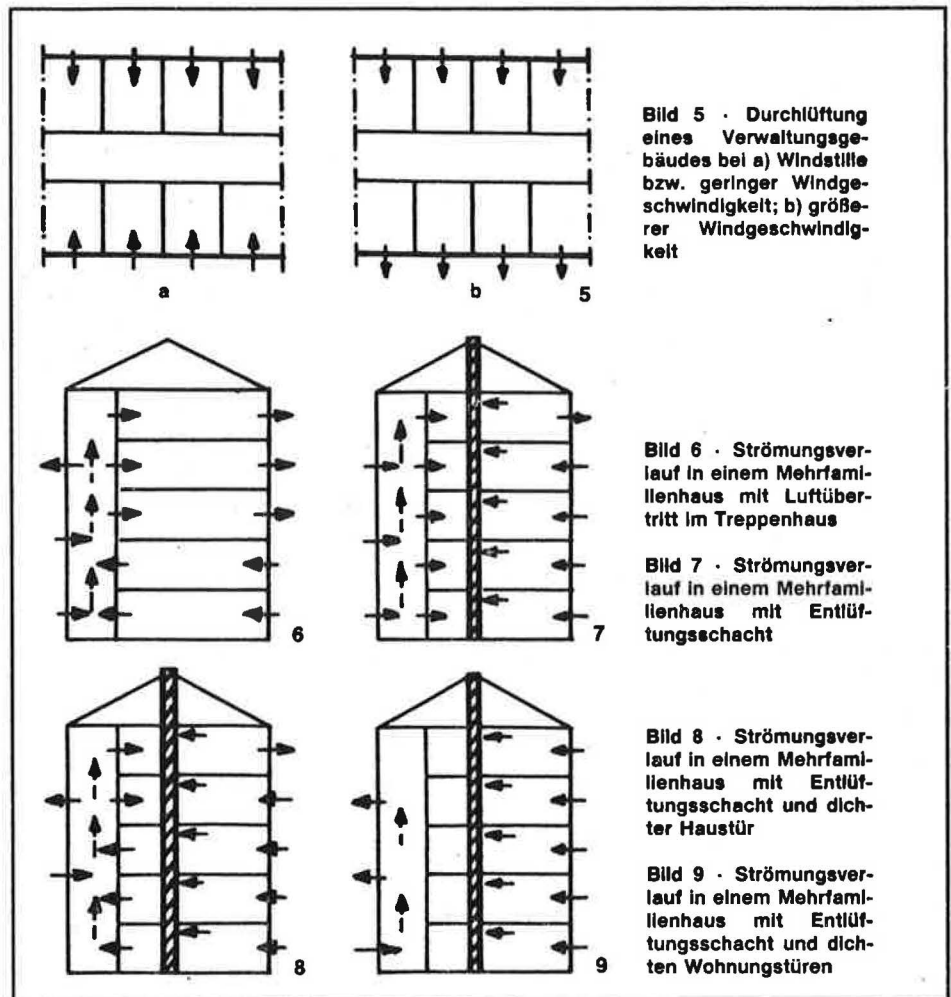


Bild 5 · Durchlüftung eines Verwaltungsgebäudes bei a) Windstille bzw. geringer Windgeschwindigkeit; b) größerer Windgeschwindigkeit

Bild 6 · Strömungsverlauf in einem Mehrfamilienhaus mit Luftübertritt im Treppenhaus

Bild 7 · Strömungsverlauf in einem Mehrfamilienhaus mit Entlüftungsschacht

Bild 8 · Strömungsverlauf in einem Mehrfamilienhaus mit Entlüftungsschacht und dichter Haustür

Bild 9 · Strömungsverlauf in einem Mehrfamilienhaus mit Entlüftungsschacht und dichten Wohnungstüren

prinzip hinauslaufen. Das Grundprinzip besteht in einer merklichen Erhöhung des Gesamtdruckverlustes. Aus Bild 8 wird ersichtlich, wie sich die Durchströmung des Treppenhauses im Vergleich zu Bild 7 ändert. Dazu gehören

- Senkung der Gesamtluftmenge
- Änderung der Strömungsrichtung an den Wohnungstüren der unteren Etage
- Änderung der Strömungsrichtung an den unteren Treppenhausfenstern.

Mit Wegfall des Anteiles der Haustür übernehmen die unteren Etagen und die unteren Treppenhausfenster die Funktion einer **zusätzlichen Zuluftstrecke für die oberen Geschosse**. Diese nicht erwünschte Luftverteilung, bei der verbrauchte Luft in die oberen Geschosse einströmt, wird nur bei höheren Differenzdrücken am Luftschacht vermieden. Im Sommerbetrieb und in der Übergangszeit ist das nur durch die mechanische Lüftung möglich.

Ein besserer Effekt entsteht durch die Verwendung dichter Wohnungstüren. An Hand von Bild 9 wird gezeigt, daß

sich die Treppenhauslüftung isoliert von der eigentlichen Wohnungslüftung vollzieht (Zuluft über Haustür, Abluft über Treppenhausfenster, eventuell über Dachräume). Auch aus Brandschutzgründen ist eine solche Luftströmungsrichtung zu bevorzugen.

3. Anstrengung stabiler Lüftungsverhältnisse

Die Einflußgrößen auf die Luftströmung sind Höhe der Druckverluste, ihre Verteilung und die Antriebskräfte. Unterliegen die Antriebskräfte zeitlichen und örtlichen Schwankungen, so muß sich bei konstanten Druckverlustbeiwerten (oder umgekehrt bei konstanten Antriebskräften und wechselnden Druckverlustbeiwerten) eine Veränderung im Luftstrom bemerkbar machen. Hauptantriebskräfte bilden außer dem Ventilator der Wind und der thermische Auftrieb. Schachtlüftungsanlagen unterliegen vollständig den veränderlichen **Einflüssen von Wind und Außenlufttemperatur**. In Kenntnis dieses Zusammenhanges lassen sich

hier zur Erreichung relativ stabiler Lüftungsverhältnisse nur **rein bauliche Maßnahmen** ergreifen. Dazu gehören

a) Windeinfluß (Vermeidung des Querlüftungseffektes):

- geeignete Grundrisse
- dichtere Fenster und Türen

b) thermischer Auftrieb:

- Auslegung der Schachtquerschnitte für einen mittleren (häufigeren) Betriebsfall, die Abweichungen des Sommer- und Winterbetriebes werden dann geringfügiger.
- Reduzierung der höheren winterlichen Luftmengen durch zusätzliche Drosselorgane.

Der prinzipielle Einfluß des Windes (d. h. Windgeschwindigkeit) auf die Gebäudedurchströmung ist Bild 10 zu entnehmen, wobei zwischen Windstille, niedrigen und hohen Windgeschwindigkeiten unterschieden wird. Für den Fall der hier gewählten Windrichtung bekommt das **Treppenhaus** die Funktion eines besonderen **Zuluftkanals**. Die Unterschiede werden besonders auf der windabgewandten Seite des Gebäudes offensichtlich, da mit steigenden Windgeschwindigkeiten die **neutrale Zone** immer mehr in niedrigere Etagen absinkt. Als Grenzfall ist die reine Querströmung anzusehen. Die Strömungsrichtung innerhalb des Treppenhauses hängt von der Druckverlustverteilung zwischen Haustür und Treppenhausfenster (Zuluft) bzw. den Wohnungstüren und Fenstern (Abluft) ab. Daraus folgt, daß durchaus auch eine abwärts gerichtete Strömung im Treppenhaus auftreten kann.

Die reine Querströmung nach Bild 5 bildet nur einen Sonderfall der normalen vielfältigen Möglichkeiten. Die Strömungsverhältnisse nach Bild 11 widerspiegeln ein dementsprechendes Beispiel. Wie ersichtlich, müssen **alle** am Treppenhaus angebotenen Wohnungen, der Aufzugsschacht und sämtliche Räume der betroffenen Wohnung berücksichtigt werden. Nur in den seltensten Fällen gelingt eine Festlegung der zu erwartenden Luftströmungsrichtungen ohne eingehendere Untersuchungen. Bei richtiger Auslegung, d. h. ausreichenden Differenzdrücken, wird die Unterdruckbildung in den fensterlosen Sanitärräumen nicht behindert.

Die Wirkung des thermischen Auftriebes auf den Luftaustausch kann durch

eine Variation der Außenluftzustände demonstriert werden, da die wichtigen inneren Temperaturen (Treppenhaus- und Luftschacht) in wesentlich **geringeren Amplituden** schwanken. Mit steigenden Außenlufttemperaturen nimmt der thermische Auftrieb und damit die Saugwirkung des Luftschachtes ab. Im Extremfall des Sommerbetriebes kann eine Strömungs-

umkehr in den oberen Geschossen eintreten. Neben einem ausreichenden Querschnitt des Luftschachtes helfen hier nur verstellbare Abluftöffnungen. Unter winterlichen Bedingungen mit niedrigsten Außentemperaturen nimmt die Luftströmung Werte an, die weit über den hygienisch und bauphysikalisch notwendigen liegen. Hier ist eine Drosselung unbedingt erforderlich.

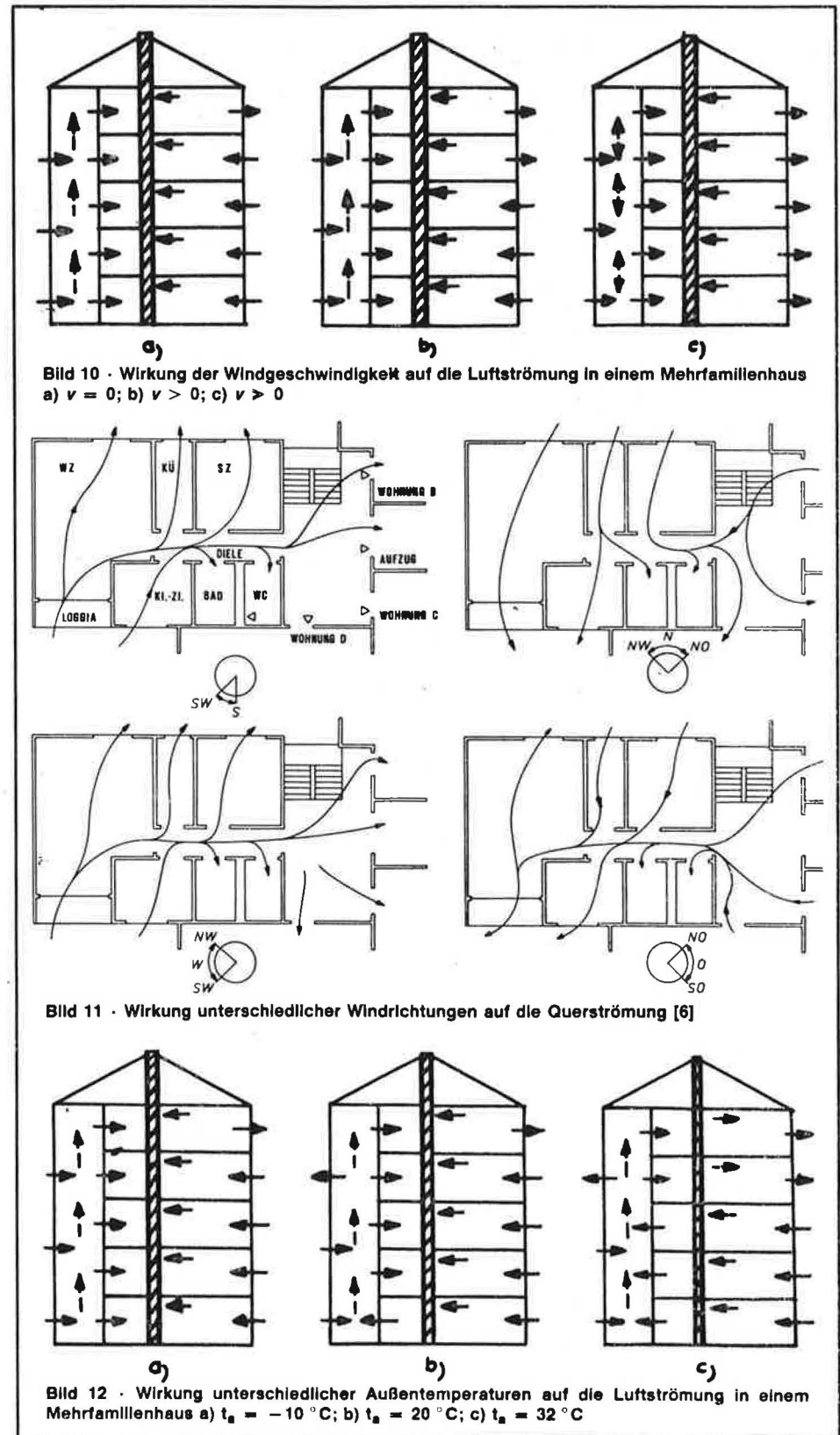


Bild 10 · Wirkung der Windgeschwindigkeit auf die Luftströmung in einem Mehrfamilienhaus
a) $v = 0$; b) $v > 0$; c) $v < 0$

Bild 11 · Wirkung unterschiedlicher Windrichtungen auf die Querströmung [6]

Bild 12 · Wirkung unterschiedlicher Außentemperaturen auf die Luftströmung in einem Mehrfamilienhaus
a) $t_a = -10^\circ\text{C}$; b) $t_a = 20^\circ\text{C}$; c) $t_a = 32^\circ\text{C}$

Vergleicht man die Wirkung der Einflußgrößen miteinander, so wird deutlich, wie **zwischen den Extremwerten** Sommerbetrieb und Windstille einerseits sowie Winterbetrieb bei höheren Windgeschwindigkeiten andererseits sehr große Luftstromabweichungen zustande kommen. Unter **Stabilität** wird nun die Eigenschaft einer Lüftungsanlage verstanden, bei der trotz stärkerer äußerer Beeinflussung **vertretbare Abweichungen** vom Nennluftstrom auftreten. Neben den bereits genannten Maßnahmen stellt der Übergang zur mechanischen Lüftung den Hauptweg dar. Entscheidend ist das Verhältnis der Druckdifferenz vom Lüfter zu der des thermischen Auftriebes bzw. Windes, wobei wirtschaftliche Gründe der Lüfterleistung Grenzen setzen. Hieraus wird ersichtlich, daß Ventilatoren zur örtlichen Absaugung instabiles Verhalten zeigen müssen.

Die Unabhängigkeit von äußeren Einflüssen nimmt beim Übergang zur kompletten Zu- und Abluftanlage zu. Aus lüftungstechnischer Sicht muß dieses als das geeignetste System angesehen werden.

4. Vermeidung von Unbehaglichkeitszonen

Unter Unbehaglichkeitszone (oder auch Diskomfortzone) soll der Bereich

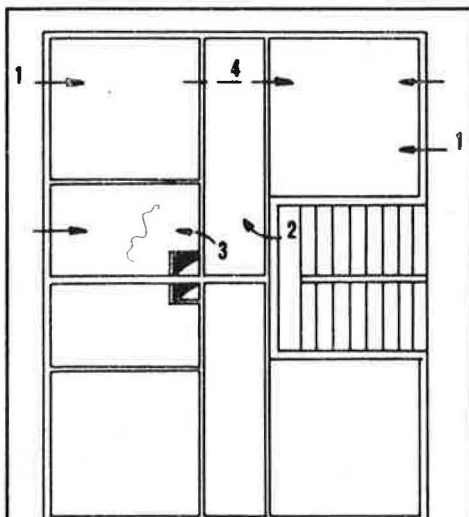


Bild 13 - Unbehaglichkeitszonen: 1 Eindringen von kalter Außenluft über Fensterfugen oder Zuluftöffnungen; 2 Eindringen kühler Treppenhausluft in den Wohnflur; 3 Eindringen kühler Treppenhausluft in den Sanitärbereich; 4 Überströmen kühlerer Luft aus dem unbeheizten Schlafzimmer in das Wohnzimmer bei Windangriff

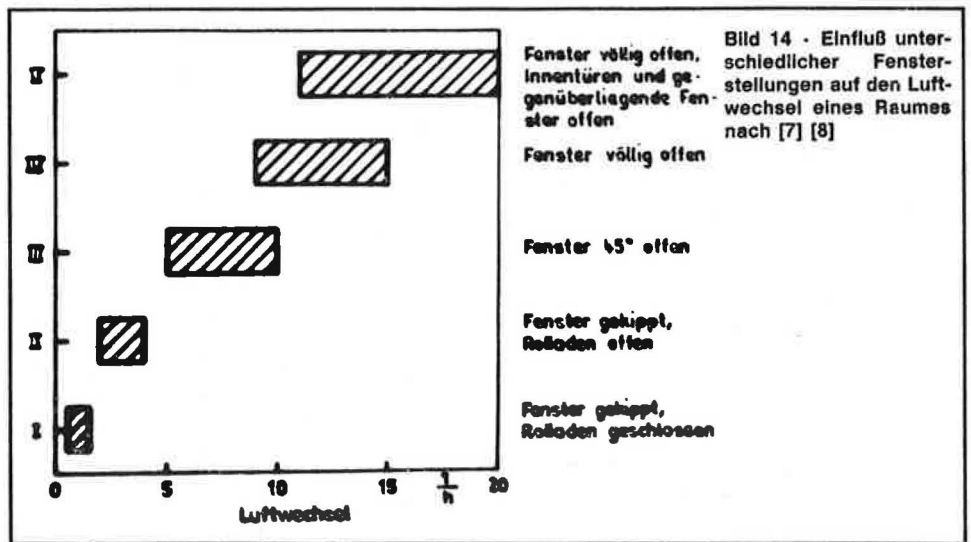


Bild 14 - Einfluß unterschiedlicher Fensterstellungen auf den Luftwechsel eines Raumes nach [7] [8]

einer Wohnung oder eines Gebäudes verstanden werden, bei dem infolge zu hoher Luftgeschwindigkeiten verbunden mit zu niedrigen Temperaturen (nur bei Luftheizungsanlagen ist mit zu hohen Temperaturen zu rechnen) unbehagliche Zustände auftreten. Als besonders gefährdet müssen die im Bild 13 gekennzeichneten Bereiche angesehen werden.

Sieht man von der Wirkung extrem hoher Windgeschwindigkeiten, verbunden mit einer außergewöhnlichen Querströmung, ab, so lassen sich die gezeigten Gefährdungen durch entsprechende bauliche Maßnahmen vermeiden. In erster Linie sind darunter die **Zuluftelemente für Außenwände** zu verstehen, die mit **Druckdifferenzregler** versehen sind. Möglichst dichte Wohnungstüren, verbunden mit einer windgeschützten Haustür, vermeiden kalten Luftzug im Wohnungsflur.

Problematisch bleibt die Kanalluftströmung bei Wohnungen mit Einzelfeuerstätten. Bekanntlich erfolgt deren Anordnung bedingt durch den notwendigen Schornsteinanschluß im Kernbereich der Gebäude, so daß die eindringende Kaltluft durch Fensterfugen und Zuluftelemente ohne vorherige Aufheizung den Raum durchströmt.

5. Maximaler Einsatz der Fensterlüftung

Die Fensterlüftung stellt das billigste und zugleich wirksamste Lüftungsprinzip in Wohngebäuden dar. Während die Fugenströmung auf größere Temperaturunterschiede zwischen Gebäude und Atmosphäre, Winddruckdifferenzen oder Lüfter angewiesen ist,

genügen der Fensterlüftung kleinere örtliche Dichtedifferenzen zwischen Außen- und Raumluft. Aufgrund ihrer Durchströmungsöffnung, die zugleich Zu- und Abluftöffnung darstellt, treten sehr geringe Druckverluste und damit sehr hohe Luftvolumenströme auf.

Bild 14 gibt einen Vergleich der in etwa zu erwartenden Luftwechselzahlen bei unterschiedlichen Fensterstellungen. Im wesentlichen kann von folgenden **vorteilhaften Eigenschaften** der Fensterlüftung ausgegangen werden:

- Erreichung vergleichbar großer Luftströme
- Erreichung einer notwendigen Lufterneuerung in kürzester Zeit
- individuelle Möglichkeit der Regelung
- im Sommer und der Übergangszeit oftmals einzig wirksame Lüftungsart.

Diesen Vorteilen stehen **bestimmte Nachteile** gegenüber, zu denen

- grobe Regelungsmöglichkeiten
- unökonomische Raumauskühlung
- mangelnder Schutz vor Umweltbelastungen (Lärm, Staub)
- mangelnder Schutz vor Schlagregen
- keine Eignung als Dauerlüftungsart in der kalten Jahreszeit
- Zugbelastung in Fensternähe

zählen. Aus den aufgeführten Gesichtspunkten geht hervor, daß die Fensterlüftung als hervorragendes Mittel zum diskontinuierlichen Abbau von Lastspitzen geeignet, aber als **Dauerlüftung nicht ganzjährig** zu empfehlen ist. Die günstigste Lüftungsform besteht in einer geeigneten Kombination von Schacht- (oder mechanischer) Lüftung und Fensterlüftung. Zur Vermeidung der Zugge-

fahr und der Geruchs-, Schadstoff- und Wasserdampfübertragung ist zu empfehlen, Räume mit hohen Lasten mit einer Fensterlüftung auszustatten. Psychologische und Behaglichkeitsgründe sprechen damit gegen die fensterlosen Küchen und Sanitärräume. Die Wirkung der Fensterlüftung ist nicht nur auf die betreffende Wohnung zu beschränken. Im allgemeinen übernimmt das geöffnete Fenster die gesamte Zuluftzufuhr einer Wohnung, die Fugenlüftung der anderen Fenster geht merklich zurück. Bei ungünstiger Verteilung der Druckverluste strömt zusätzlich Luft über die Wohnungstür ab.

Die im Punkt 3. definierte Stabilitätsforderung ist auch hier anzuwenden. Die **Verteilung der Druckverluste** hat so zu erfolgen, daß durch ein beliebiges Fensteröffnen nicht die Luftströmungsverhältnisse in anderen Wohnungen spürbar beeinflußt werden. Zu diesem Zweck ordnet man die Hauptdruckverluste der gesamten Luftströmungswege nicht den Fenstern und Türen zu.

6. Bedarfsgerechte Anpassung des Luftstromes

Der Schadstoff- und Wasserdampfanteil in Wohngebäuden ist durch ausgeprägte Diskontinuität gekennzeichnet. Schachtlüftungssysteme sind nur teilweise in der Lage, deren Bedürfnissen zu genügen. Eine wirkliche Anpassung ist nur durch die Fensterlüftung und bei innenliegenden Räumen nur durch eine **mechanische Lüftungsanlage** mit entsprechender Regelungstechnik möglich. Hier zeigt sich der Vorteil der örtlichen, individuellen Entlüftungsanlagen.

Sammelschachtanlagen lassen sich nur bedingt regelungstechnisch anpassen, obwohl auch hier im Zuge der Heizkostensenkung Anstrengungen in der genannten Richtung unternommen werden.

7. Verwirklichung eines energiesparenden Lüftungsprinzips

Energiesparende Lüftungsprinzipien sollten folgende Eigenschaften aufweisen:

- Verwendung minimaler Außenluftmengen
- optimale Lastanpassung

— Ausnutzung von Wärmerückgewinnungseffekten.

Da auf die ersten beiden Kriterien bereits eingegangen wurde, seien hier einige Gesichtspunkte zur **Wärmerückgewinnung** genannt.

Die Wohnungslüftung zählt zu jenen Anwendungsfällen der Wärmerückgewinnung, wo bei kleineren Anlagen, das heißt geringen Volumenströmen, keine oder nur geringe Kostendeckung erreicht werden kann. Folglich besteht die Notwendigkeit, für kleinere und mittlere Anlagen einen **Wirtschaftlichkeitsnachweis** zu führen. In diesem sind der Anstieg der Druckverluste, der Platzbedarf und der erhöhte Reinigungsaufwand einzubeziehen. Die wohl einschneidendste Bedingung stellt jedoch die Forderung nach einer Be- und Entlüftungsanlage dar, weil nur auf diese Weise eine **Aufheizung des Zuluftstromes** erfolgen kann.

8. Beachtung der Rauchübertragung im Brandfall

Für die Lüftungstechnik ist der Brandfall besonders im Entwicklungsstadium interessant. In diesem Zeitraum treten bei noch so geringer Brandausbreitung schon intensive **Verqual-**

ungerscheinerungen auf. Durch eine gezielte Lüftung soll vorrangig aus den Flucht- und Rettungswegen der Rauch abgeführt und somit die Gebäudenutzer vor Rauchgasvergiftungen als häufigste Todesursache bei Bränden geschützt werden.

Als Flucht- und Rettungswege gelten solche Gebäudeabschnitte, die Personen bei Brand und Verqualmung die Möglichkeit geben, aus den gefährdeten Zonen ins Freie zu gelangen. Besonders gefährdet sind in dieser Hinsicht innenliegende Treppenhäuser, wofür besondere Lüftungstechnische Maßnahmen zu treffen sind. Bereits beim Mehrfamilienhaus und erst recht beim Hochhaus treten Feuerdrücke auf, die hinsichtlich der Luftführung durch die normale Wohnungslüftungsanlage nicht kompensiert werden können. Erfahrungsgemäß verläßt man sich hier auf die enorme Wirkung des **thermischen Auftriebes** und steuert die Rauchströmungsrichtung nur durch bauliche Maßnahmen (Rauchabzüge), oder es werden maschinelle Entrauchungseinrichtungen zur Rauchfreihaltung verwendet. Hier steht man vor dem Problem, daß zur Erzielung von ausreichender Entrauchung sehr **hohe Luftwechselzahlen** erforderlich sind. Die allgemeinen raumlufttechnischen Anla-

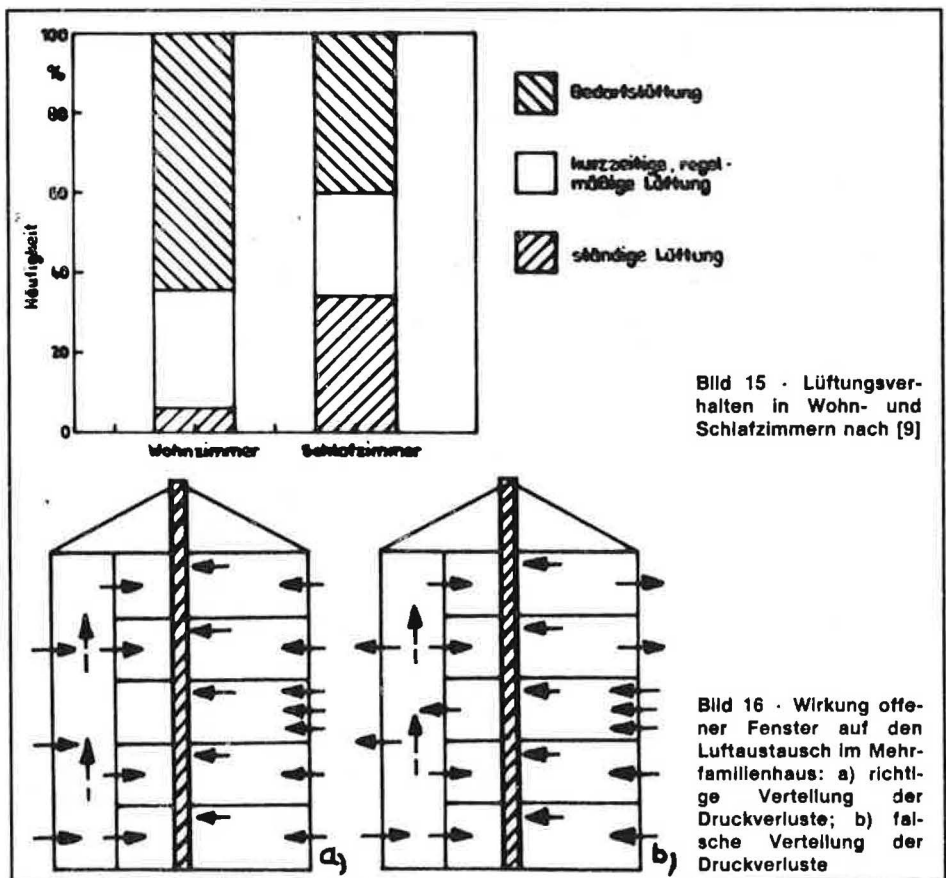


Bild 15 · Lüftungsverhalten in Wohn- und Schlafzimmern nach [9]

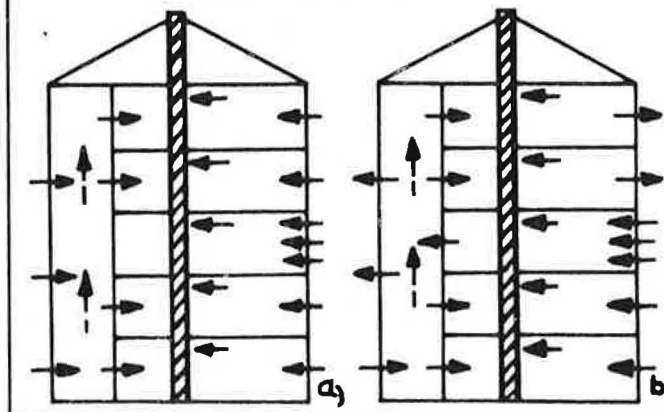


Bild 16 · Wirkung offener Fenster auf den Luftaustausch im Mehrfamilienhaus: a) richtige Verteilung der Druckverluste; b) falsche Verteilung der Druckverluste

gen sind, wie bereits erwähnt, dazu nicht in der Lage ($\lambda = 6 \dots 10 \text{ 1/h}$). Spezielle maschinelle Entrauchungsanlagen sind unumgänglich, wobei der Installationsort und das Lüftungsprinzip vor allem eine Funktion der **Lage der Fluchtwege** innerhalb des Gebäudes darstellt. In [10] wird dazu ausführlich Stellung genommen.

Im Bild 17 wird gezeigt, wie bei einem Brand im unteren Gebäudeabschnitt eine völlige Verqualmung der oberen Geschosse eintreten kann, wenn nicht spezielle Maßnahmen ergriffen werden, auf die hier kurz eingegangen wurde.

9. Geräuscharme Ausführung

Zu den unangenehmsten Umweltbelastungen gehört der Lärm, der auch in der vom Menschen nicht mehr bewußt aufgenommenen Form (z. B. kontinuierliche Geräuschquellen) äußerst negativ zu bewerten ist. Um so mehr muß eine sorgfältige Analyse aller Schallquellen innerhalb eines Lüftungssystems durchgeführt werden. Bei mechanischen Lüftungsanlagen stellt der **Ventilator die wichtigste Schallquelle** dar. Hier werden die üblichen Schalldämpfungsmaßnahmen ergriffen. Hinsichtlich des Kanalnetzes und der Gebäude selbst müssen vorrangig

- Wahl des Gebäudestandortes und seine Orientierung
- Festlegung der Ansaug- und Fortluftöffnungen
- Wahl der Luftgeschwindigkeiten in

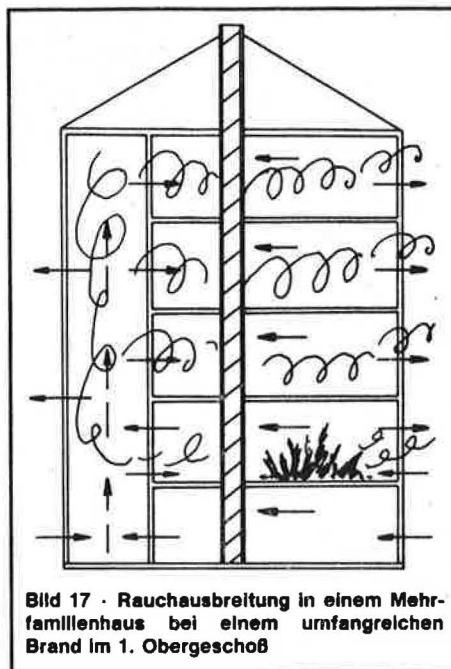


Bild 17 · Rauchausbreitung in einem Mehrfamilienhaus bei einem umfangreichen Brand im 1. Obergeschoß

den Kanälen und Schächten beachtet werden.

10. Wartungsarme Ausführung

Wie in der Formulierung bereits ausgedrückt, werden an die Kanalverlegung eine Reihe von Forderungen gestellt, die nach Inbetriebnahme der Lüftungsanlage hohen Wartungs- und Reparaturaufwand vermeiden sollen. Die Suche und die Beseitigung von **Falschluffquellen, schlechte Zugänglichkeit** zu Kanalverbindungen oder Austauschgruppen, **fehlende Reinigungsöffnungen** oder damit in Zusammenhang stehende **unüberlegte**

Kanalführungen bilden die Ursachen für den hohen Aufwand bei Betrieb der Anlage; Fehler dieser Art lassen sich im nachhinein nur bedingt beseitigen. Die Forderung nach einer wartungsfreundlichen Ausführung sollte daher zu den Grundsätzen der Lüftungstechnik im Wohnungsbau gehören. (2534)

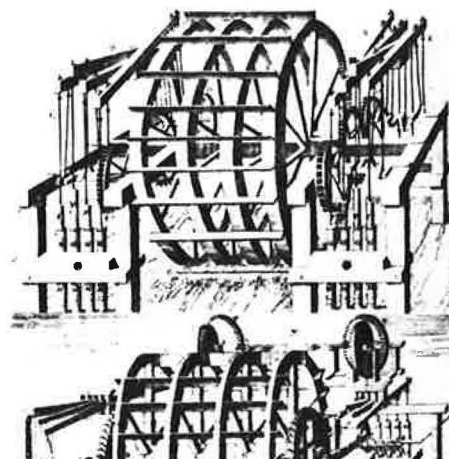
In der November-Ausgabe der SHT wird erläutert, wie diese Forderungen mathematisch erfaßt und damit konstruktiv erfüllt werden können.

Literatur

- [1] VDI-Richtlinie 2088: Lüftungsanlagen für Wohnungen, Ausgabe 1976.
- [2] DIN 18 017: Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster.
- [3] Hausladen, G.: Wohnungslüftung — Untersuchung der verschiedenen Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygienischen, bauphysikalischen und energetischen Gesichtspunkten. Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 6, Nr. 73, 1980.
- [4] Yaglou, C. P.: Ventilation requirements. ASHRAE Transactions 42 (1936), S. 133—158.
- [5] Gertis K.; Wiedenhoff, R.; Terhaag, L.: Zur Problematik der Wohnungslüftung — Energieökonomie, Wärmeschutz, Luftbedarf, Hygiene, Einzelfeuerstätten. VDI-Berichte Nr. 317 (1979).
- [6] Trümper, H.: Wohnungslüftung. Technik im Bau (1976), H. 8, S. 793—796.
- [7] Verhoeven, A. C.: Die hohe Effektivität der Stoßlüftung von Quer-Schiebefenstern. Detail (1976) Nr. 4, S. 475—476.
- [8] Luftwechselfmessungen in nichtklimatisierten Räumen unter dem Einfluß von Konstruktions-, Klima- und Benutzungsparametern. Untersuchungsbericht Nr. 36630 der EMPA Dübendorf (Schweiz).
- [9] Künzel, H.: Untersuchungen und Erhebung zur Frage der Lüftungsverhältnisse im Wohnungsbau. Forschungsbericht des Instituts für Bauphysik, Stuttgart 1979.
- [10] Linck, J.: Brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen in Gebäuden. Kälte und Klimatechnik (1979) H. 10, S. 532—549.

London trank aus der Themse

Im Frankreich des 17. Jahrhunderts wurde das berühmte Wasserpumpwerk an der Seine zur Versorgung der Wasserspiele des Schloßes Marly gebaut, während die Wasserversorgung von Paris überwiegend mit herkömmlichen Schöpfbrunnen und einfachen Pumpen geleistet wurde. Zur gleichen Zeit hat der technische Erfindergeist in England für die zentrale Wasserversorgung der Stadt London eingesetzt. Hier ist vor allem das Pumpwerk „Water Works at the London Bridge“ zu nennen. Als Antriebskraft für dieses Meisterwerk vorindus-



strieller Maschinenbaukunst wirkte der Gezeitenhub. Dieser ist bei der Themse so ausgeprägt, daß er 75 km von der Mündung entfernt noch zu erheblichen Schwankungen des Wasserspiegels führt. Das heißt, bei Flut hat das Themsewasser eine starke Strömung flußaufwärts und bei Ebbe eine noch stärkere flußabwärts. Diese Strömung hielt das große vierrädrige Wasserrad in Bewegung. Entnommen dem März-zu-Februar-Kalender „Meister des Fortschritts“ von KSB.