



Dipl.-Ing. P. Lübke, Dipl.-Ing. O. Kampfenkel*)

Mit Abluft- oder Abgas-schächten ausstatten

Natürliche Belüftung von Wohnungen unterschiedlicher Ausgestaltung — Parameterstudie

Mit Hilfe eines Rechenmodells wird die natürliche Lüftung durchschnittlicher moderner Mietwohnungen untersucht. Konstruktive Gebäudeeinflüsse und meteorologische Daten werden variiert. Die Berechnungen zeigen erstens, daß Luft/Abgas-Schächte das Lüftungsverhalten der Wohnungen sehr positiv beeinflussen und zweitens eine separate Betrachtung von Wind und Thermik zu Fehlinterpretationen der natürlichen Belüftung von Wohnungen führt. Beide Einflußgrößen müssen gemeinsam berücksichtigt werden!



1. Einige Ergebnisse

Die natürlichen Lüftungsraten in Wohnungen mit Abluft/Abgas-Schächten sind höher als bei quergelüfteten Wohnungen. Das höhenabhängige Lüftungsprofil mehrgeschossiger Gebäude wird durch die Schächte stark vergleichmäßigt. Zuluft strömt von den luv- und weitgehendst von den leeseitigen Fassadenflächen zur Wohnungsöffnung des Abluft/Abgas-Schachtes. Eine geführte Lüftung in Wohnungen ist zu realisieren.

● Weiterhin wird der Fortluftstrom zum Entlüftungsschacht durch die Verteilung der Gebäudeundichtheiten auf den Fassadenflächen, die Lage des Treppenhauses und die Windrichtung weniger beeinflusst.

Für den Zeitraum September 1983 bis Mai 1984 werden mit den Monatsmittelwerten von Temperatur und Windgeschwindigkeit die natürlichen Fortluftströme im Entlüftungsschacht berechnet. Der Mittelwert beträgt $\dot{V}_L = 49 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Streuung der Fortluft-rate liegt innerhalb der zulässigen Bandbreite, wie sie für innenliegende Sanitärräume genormt wurde. Im gleichen Sinn wie Abluftschächte wirken Abgaskamine raumverbundener Feuerstätten, die auch noch bei höheren Außentemperaturen die natürliche Lüftung von Wohnungen forcieren und stabilisieren (thermischer Ventilator).

*) in Fa. Joh. Vaillant GmbH u. Co.

2. Erforderliche Lüftungsströme

Der Frischluftbedarf von Wohnungen wird wesentlich durch hygienische und bauphysikalische Erfordernisse bestimmt. Die Ableitung diverser Baustoffausgasungen gewinnt an Bedeutung, der gesicherte Betrieb von raumluftverbundenen Feuerstätten muß gewährleistet sein. Für die spezifischen Mindestluftströme können als Richtwerte

— Bauphysik [1]: Luftwechsel $0,5 \text{ h}^{-1} < n < 1,2 \text{ h}^{-1}$

— Hygiene [2,3]: Volumenstrom $\frac{30 \text{ m}^3}{\text{h} \cdot \text{Person}} < \dot{V}_L < \frac{50 \text{ m}^3}{\text{h} \cdot \text{Person}}$

— Feuerstätte [4]: Volumenstrom $\frac{20 \text{ m}^3}{\text{h}} < \dot{V}_L < \frac{40 \text{ m}^3}{\text{h}}$

Tabelle 1. Zusammenstellung der Gebäudekennwerte

Gebäude:	6 Vollgeschosse		
Baujahr:	vor 1950	vor 1950	nach 1974
Fenster/Türen:	original	erneuert	original
^a fiktiv - L _{ges} . (ohne Wohnungs-tür) [m ³ /h (Pa) ^{2/3}]	27	5,7	8,7
(a x 1) Wohnungs-tür [m ³ /h (Pa) ^{2/3}]	54,8	11,9	11,9
(a x 1) Treppenhaus-fenster [m ³ /h (Pa) ^{2/3}]	3,16	0,88	0,88
(a x 1) Hauseingang [m ³ /h (Pa) ^{2/3}]	82,2	17,6	17,6
Entlüftungsschacht	x	x	x

eingesetzt werden. Berücksichtigt man für eine durchschnittliche Mietwohnung eine „statistische“ Belegung mit 2,5 Personen, so bestimmen hygienische und bauphysikalische Erfordernisse den Mindestluftwechsel. Für eine durchschnittliche Wohnungsnutzung sollte mit einem 1fachen stündlichen Luftwechsel ein befriedigender Raumluftzustand erreicht werden. Die natürliche Lüftung von Wohnungen ist von vielen Faktoren abhängig, der Einfluß von wesentlichen Parametern wird untersucht.

3. Repräsentative Wohnungs- und Gebäudedaten

Erhebungen [5] geben Aufschluß über den Wohnungsbestand. Für Lüftungsfragen ist der Gebäudetyp, das Baujahr, die Geschoßanzahl, die Lage der Wohnung im Gebäude, der Grundriß und das Vorhandensein von Lüftungsschächten und Schornsteinen von Bedeutung. Einfamilienhäuser können aufgrund des recht hohen personenspezifischen Raumvolumens sowie des großen Außenflächenanteils an den Raumumschließungen lüftungsmäßig als weniger problematisch eingestuft werden.

Wohnhochhäuser sind lüftungsmäßig prinzipiell wie Mehrfamilienhäuser zu betrachten, die Gebäudeaerodynamik ist besonders zu beachten. Diese Gebäudegruppe ist für den Wohnungsbestand nicht repräsentativ. Wohnungen in Mehrfamilienhäusern haben den größten Anteil im Wohnungsbestand, wobei Mehrfamilien-

Tabelle 2 · Natürliche Lüftung durchschnittlicher Mietwohnungen mit Abluftschacht. Etagenspezifische Lüfraten als Funktion der Monatsmittelwerte von Windgeschwindigkeit und Außentemperatur

Datum	Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit und Außentemperatur		Fortluftströme aus den Wohnungen in den Entlüftungsschacht für die Etagen 1 - 6					
	V_W [m/s]	T_a [°C]	V_{Fortluft} [m³/h]					
			E1	E2	E3	E4	E5	E6
1983	Sept.	13,8	36	37	38	38	39	40
	Okt.	9,5	45	46	47	48	48	49
	Nov.	4,6	49	50	51	51	52	51
	Dez.	2,3	56	58	59	60	61	61
1984	Jan.	3,2	60	62	63	65	66	68
	Febr.	2,4	51	52	53	53	53	53
	März	4,2	47	47	48	48	47	46
	April	7,9	41	41	42	42	42	41
	Mai	10,9	36	36	37	37	37	36

häuser mit 4 und mehr Wohneinheiten am häufigsten sind. In Städten sind Gebäude mit bis zu 6 Vollgeschossen üblich. Im Wohnungsbestand können 3 Wohnungsgrößen als statistisch relevant spezifiziert werden:

- das Appartement/Kleinwohnung mit $A = 40 \text{ m}^2$
- die durchschnittliche Mietwohnung mit $A = 68 \text{ m}^2$
- die durchschnittliche Eigentümerwohnung mit $A = 102 \text{ m}^2$.

Mitwohnungen haben am Wohnungsbestand einen Anteil von ca. 63 %. Nach [5] sind etwa 46 % aller Wohneinheiten mit Ofen- oder Etagenheizungen ausgestattet. Berücksichtigt man noch Entlüftungsschächte für innenliegende Sanitärräume und Kleinküchen, so kann man davon ausgehen, daß der überwiegende Anteil aller Wohneinheiten über einen Abluft/Abgasschacht mit der Atmosphäre verbunden ist.

Der Hauptanteil der Mehrfamilienhäuser verfügt über Treppenhäuser, die innerhalb des Gebäudes angeordnet sind. Die Treppenhäuser sind mit Außenfenstern versehen. Fensterflächen von Wohnungen sind häufig auf 2 oder 3 Seiten der Gebäudeumschließungsflächen angeordnet.

Bild 1 zeigt schematisch verschiedene Anordnungen von Wohnungen im Gebäude sowie die Verteilung von Undichtigkeiten auf den Umschließungsflächen.

4. Undichtigkeiten am Gebäude

Der Anteil der Fensterflächen an den Raumumschließungsflächen und die Ausgestaltung der Fenster und Türen ist nach [6] abhängig von der Woh-

nungsgröße und vom Baujahr. Der Fensterflächenanteil wird für Gebäude, die vor und nach 1950 errichtet wurden, spezifiziert. Bei der Ausgestaltung der Fenster trat ab 1974 eine Änderung ein. Bild 2 zeigt für vor 1950 errichtete Altbauwohnungen die Fensterfugenlänge in Abhängigkeit von der Wohnungsgröße. Im Mittel kann je m^2 Wohnfläche 0,5 m Fugenlänge angesetzt werden. Werden die kleinteiligen „Originalfenster“ durch moderne Konstruktionen ersetzt, kann sich die mittlere Fugenlänge bis zu 25 % reduzieren.

Wohnungen, die nach 1950 errichtet wurden, weisen im Mittel einen höheren wohnflächenspezifischen Fensterflächenanteil auf. Für diese Wohnungen kann die mittlere, auf die Wohnfläche bezogene Fugenlänge nach [6,7] mit

$$\frac{L_F}{A_{\text{Wohnung}}} = 0,51 \text{ bis } 0,58 \text{ m/m}^2$$

bezziffert werden.

Die Dichtigkeit der Fensterelemente, der Bauanschlußfuge und von Fensterzusatzelementen hat sich deutlich verändert. Bild 3 zeigt die Entwicklung der Durchlässigkeiten von Fenstern bei Systemprüfungen [6]. Für Fenster ist ab 1974 mit einer deutlich höheren Dichtigkeit zu rechnen, sinngemäß ist diese Veränderung auf die gesamte Wohnungsdichtheit anwendbar. Der Vergleich der Gesamtundichtheit einer Wohnung mit der Prüfung der Undichtheit der Fensterelemente selbst zeigt, daß deutlich höhere Undichtigkeiten in den Umschließungsflächen vorhanden sind [7, 8, 9]. Diese nicht näher lokalisierbaren „Leckagen“ können explizit als Leckluftstrom berücksichtigt werden. Als vorteilhafter erweist sich die

Definition eines fiktiven Fugendurchlaßkoeffizienten [7, 9]:

$$a_{\text{Fiktiv}} = \frac{V_{\text{Luft, Wohnung}}}{L_{\text{Fenster}}}$$

der die zusätzlichen Undichtigkeiten der gesamten Wohnung berücksichtigt.

Als Rechengröße des mittleren fiktiven Fugendurchlaßkoeffizienten erhält man:

bis 1974:

$$a_{\text{Fiktiv}} = 0,79 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m} (\text{Pa})^{2/3}$$

ab 1974:

$$a_{\text{Fiktiv}} > 0,22 \text{ m}^3/\text{h} \times \text{m} (\text{Pa})^{2/3}$$

Die fiktiven Fugendurchlaßkoeffizienten ergeben mit der gesamten Fensterfugenlänge multipliziert die äußere

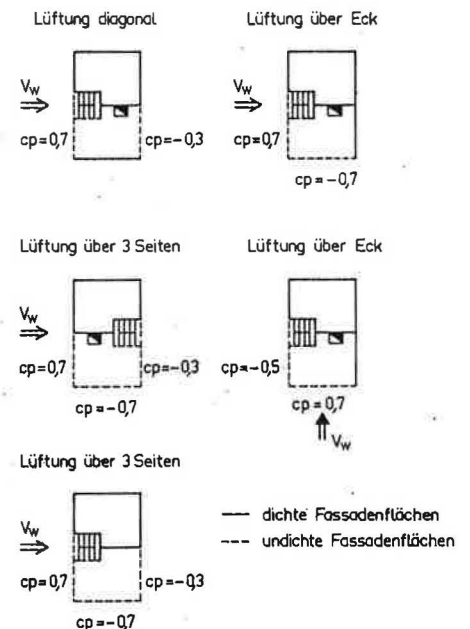


Bild 1 · Lage der Wohnung im Gebäude mit der Verteilung der Fassadendurchlässigkeiten und der Windgeschwindigkeit

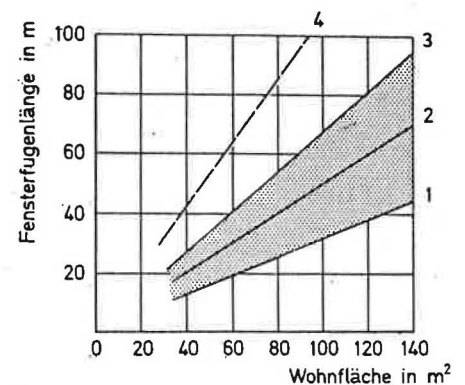


Bild 2 · Altbauwohnungen vor 1950 (Originalfenster) [6] Fensterfugenlänge. 1 Minimalwert, 2 Mittelwert, 3 Maximal, 4 Extremwert

Undichtheit der Wohnung. Die Wohnungseingangstür ist zusätzlich zu berücksichtigen.

Die a_{fiktiv} -Rechenwerte sind Orientierungsgrößen, da praktisch kein statistisch abgesichertes Material über die Dichtheit des deutschen Wohnungsbestandes publiziert wurde.

5. Repräsentatives Modell-Gebäude

5.1 Konstruktive Einflußgrößen

Es wird ein repräsentatives sechsgeschossiges Mehrfamilienhaus mit durchschnittlichen Mietwohnungen $A_{\text{Wohnung}} = 68 \text{ m}^2$ definiert. Folgende geometrische Größen werden variiert:

- Summe der Wohnungsundichtheit
- Verteilung der $a \cdot l$ -Werte auf den Umschließungsflächen
- Lage und Dichtigkeit des Treppenhauses
- Abluftschächte ja/nein

Für die Undichtheit der Wohnung mit Ausnahme der Eingangstür werden folgende Werte angesetzt:

Baujahr vor 1950:
 $a_{\text{fiktiv}} \cdot l = 27 \text{ m}^3/\text{h (Pa)}^{2/3}$

Baujahr vor 1950:
 neue Fenster:
 $a_{\text{fiktiv}} \cdot l = 5,7 \text{ m}^3/\text{h (Pa)}^{2/3}$

Baujahr nach 1974:
 $a_{\text{fiktiv}} \cdot l = 8,7 \text{ m}^3/\text{h (Pa)}^{2/3}$

Eine Zusammenstellung der relevanten Gebäudedaten enthält Tabelle 1.

5.2 Gebäudeaerodynamik

Die Verteilung der Gebäudeundichtheiten auf den Umschließungsflächen und die Winddruckbeiwerte werden diskutiert. Bild 1 zeigt die Lage der untersuchten Wohnungen im Gebäude und die Verteilung der Undichtheiten auf den Fassadenflächen. Der Betrag der Undichtheit ist für den jeweiligen Wohnungstyp konstant.

Die Winddruckbeiwerte wurden [16] entnommen, es sind Durchschnittswerte für vertikale Wände rechteckiger Gebäude. Der Geltungsbereich der c_p -Werte in Abhängigkeit von:

- Gebäudehöhe h
- Gebäudelänge l
- Gebäudetiefe w

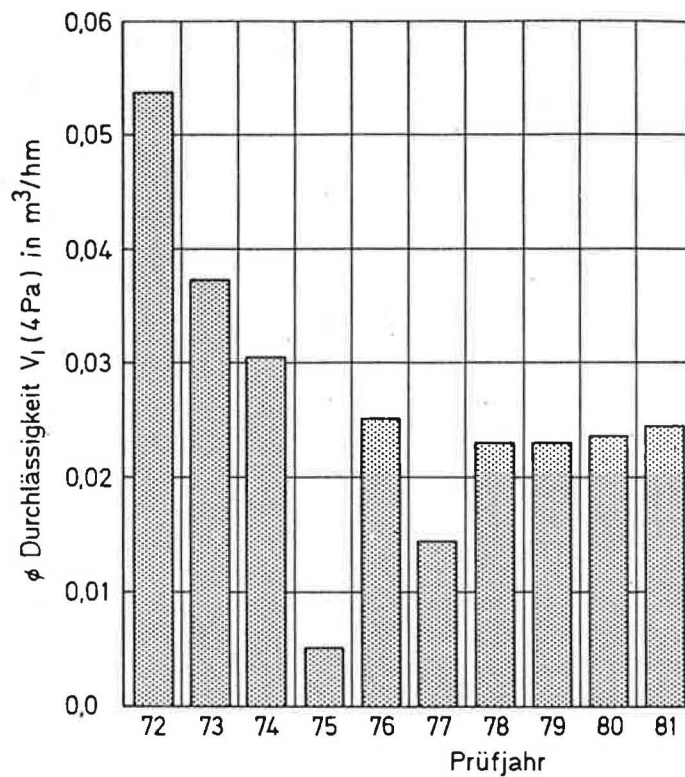


Bild 3 · Tendenzen in der Durchlässigkeit der Fenster bei Systemprüfungen [6]

wird durch:

$$1/2 < h/w < 3/2$$

$$3/2 < l/w < 4$$

beschrieben. Durch die Verteilung der c_p -Werte am Gebäude werden zwei Windrichtungen berücksichtigt. Der c_p -Wert für das Dach wurde, bezogen auf die Windgeschwindigkeit v_{10} , mit $c_p = -0,4$ festgelegt. Diese konservative Festlegung gewährleistet eine verminderte Beeinflussung der natürlichen Lüftung durch Abluft/Abgas-schächte.

6. Meteorologische Größen

Gemeinsam bestimmen Windgeschwindigkeit und Außentemperatur die Druckpotentiale zur natürlichen Gebäudebelüftung mit. Temperatur sowie Windgeschwindigkeit können nicht isoliert betrachtet werden. In der Literatur [10] sind vereinzelt Werte der „Mittleren Windstärke in Abhängigkeit von der Außentemperatur“ zu finden. Die Untersuchungen werden mit 2 Wertepaaren (Monatsmittel) durchgeführt, die von der Wetterstation Monheim [11] ermittelt wurden:

	T_a	V_w
Oktober 1983	9,5 °C	3,1 m/S
Januar 1984	3,2 °C	4 m/S

Das höhenabhängige Windprofil wird näherungsweise nach Davenport [12] bestimmt:

$$v_H = v_{10} \cdot \left(\frac{H}{10}\right)^\alpha$$

mit $\alpha_{\text{Stadt}} = 0,4$

Es bedeuten:

- v_H = Windgeschwindigkeit in H (m) Höhe
- v_{10} = Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe
- H = Höhe (m) über Gelände
- α = Exponent, der die Beschaffenheit des Geländes berücksichtigt.

7. Rechenmodell

7.1 Modellbeschreibung

Die Berechnung erfolgte mit dem Rechenmodell LUEFT2 für mehrgeschossige Gebäude. Es handelt sich um ein Multicell-Modell ohne Raumunterteilungen auf der Etage. Durch Parallel- und Serienschaltungen können Verknüpfungen von Luftdurchströmungsflächen simuliert werden. In der Abbildung des Modells werden berücksichtigt:

- Höhenabhängige Verteilung der Gebäudeundichtheit an bis zu 4 Fassadenflächen

- Höhenabhängige Verteilung der Winddruckbeiwerte an bis zu 4 Fassadenflächen
- Treppenhaus mit äußeren und inneren Undichtigkeiten
- Ausgleichströme über das Treppenhaus
- Lüftungsschächte
- Getrennte und gleichzeitige Betrachtung von Wind und Thermik

Die Druckverteilung am und innerhalb des Gebäudes wird bestimmt. Über sämtliche Gebäudeundichtheiten werden die Luftvolumenströme bilanziert. Für die Wohnung einer Etage i gilt:

$$\sum \dot{V}_{W_i} = 0$$

$$\dot{V}_{W_i} = \sum_{k=1}^4 \dot{V}_{F_i,K} + \dot{V}_{T_i} + \dot{V}_{A_i}$$

$\dot{V}_{F_i,K}$ [m³/h] Volumenstrom durch die Außenfassade K , $K = 1$ bis 4

\dot{V}_{A_i} [m³/h] Volumenstrom durch den Abluftschacht

\dot{V}_{T_i} [m³/h] Volumenstrom zwischen Wohnung und Treppenhaus

Für das Treppenhaus gilt:

$$\sum \dot{V}_{TR} = 0$$

$$\dot{V}_{TR} = \sum_{i=1}^N \dot{V}_{T_i} + \sum_{i=1}^N \dot{V}_{T_{F_i}}$$

für $i = 1$ bis N Etagen

$\dot{V}_{T_{F_i}}$ [m³/h] Volumenstrom zwischen Treppenhaus und Umgebung durch Treppenhausfenster und, die Haustür die einer festzulegenden Außenfassade zugeordnet werden.

Für die Durchströmöffnungen wird angesetzt:

$$\dot{V} = a \cdot L \cdot \Delta p^n \text{ [m}^3/\text{h] Volumenstrom}$$

Δp [Pa] Druckdifferenz

$a \cdot L$ [m³/h Pa ^{n}] Fugendurchlaßzahl mal Fugenlänge
 n – Exponent, i. a. 2/3.

Die Luftströmung durch den Abluftschacht folgt aus

$$\Delta p = (\sum \zeta + \lambda \cdot \frac{h_i}{d_{h,i}}) \cdot \rho_i \cdot \frac{w^2}{2}$$

$$\Delta p = \rho_i - (\rho_D - P_A) \text{ [Pa]}$$

P_i [Pa] Luftdruck in der Wohnung

P_D [Pa] Luftdruck über Dach

$$P_A = g \cdot (\rho_a - \rho_i) \cdot h_i$$

[Pa] Auftriebsdruck

Ausführlich:

$$\dot{V}_{A_i} = \left(\frac{3600 \cdot A_i}{(0,5 \cdot \rho_i \cdot [\sum \zeta + \lambda \cdot \frac{h_i}{d_{h,i}}])^{0,5}} \right) (\rho_i + P_A - P_D)^{0,5} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

mit folgenden Größen für den Abluftschacht der Etage i :

A_i [m²] Innenquerschnittsfläche

h_i [m] Höhe

$d_{h,i}$ [m] Hydraulischer Durchmesser

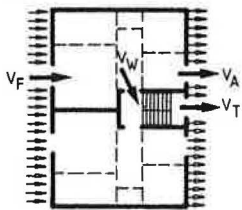
λ – Reibungszahl

$\sum \zeta$ – Summe der Widerstandsbeiwerte

ρ_i kg/m³ Dichte der Luft

7.2 Vergleich mit publizierten Rechenergebnissen

Von Hausladen [13] wurden Berechnungen der natürlichen Lüftung eines mehrgeschossigen Gebäudes veröffentlicht, vgl. Bild 4. Bei diesen Berechnungen konnte der Wind- und Temperatureinfluß nur einzeln berücksichtigt werden. Die Ergebnisse von



Undichtheit der Eingangstüren:
 $A_W = 13,2 (60)^*$

Dimension in (m³/h Pa^{2/3})
 (Klammerwert in (m³/h (kp/m²)^{2/3}))

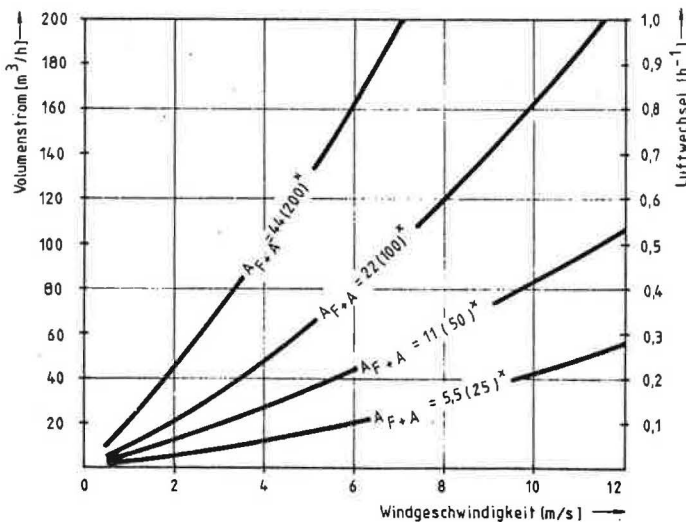
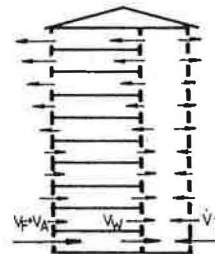


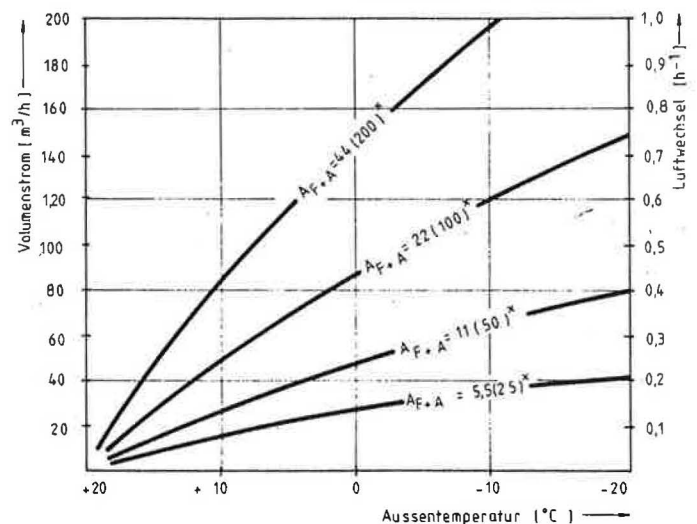
Bild 4 · a) Einfluß des Windes auf den natürlichen Luftwechsel in Wohnungen ohne Entlüftungseinrichtung [13]



Anzahl der Geschosse: $N = 10$
 Undichtheit der Eingangstüren:
 $A_W = 52,8 (240)^*$
 (sehr undichte Eingangstüren)

Innentemperatur: $t_i = 20$ °C

* Dimension in (m³/h Pa^{2/3})
 (Klammerwert in (m³/h (kp/m²)^{2/3}))



b) Einfluß der Thermik auf den natürlichen Luftwechsel in der Erdgeschosswohnung eines 10geschossigen Gebäudes [13]

Hausladen können mit LUEFT2 praktisch identisch nachgebildet werden. Zur Überprüfung der gleichzeitigen Betrachtung von Wind und Thermik am Gebäude wurden Kontrollrechnungen mit dem NRC-Modell [14] durchgeführt. Eine gute Übereinstimmung der Rechenergebnisse ist festzustellen.

8. Einflußgrößen auf die natürliche Lüftung

Für die durchschnittliche Mietwohnung mit einer Wohnfläche von $A_{Wg} = 68 \text{ m}^2$ werden die Einflußgrößen auf die natürliche Lüftung diskutiert.

8.1 Vergleichende Betrachtung von Wind und Thermik

In Bild 5 ist für das 6geschossige Modellgebäude der Einfluß von Wind und Thermik auf die natürliche Entlüftung der Wohnungen mit Abluftschächten dargestellt.

Betrachtet man Wind und Thermik isoliert, so zeigt sich ein gegenläufiges, höhenabhängiges Belüftungsprofil der Etagenwohnungen. Der Entlüftungsstrom der obersten Wohnung weist eine Spreizung von 55 %, verglichen mit den Werten für das Erdgeschoß, auf. Das Berechnungsbeispiel zeigt eine Zunahme der windinduzierten Lüftung zwischen der Wohnung im Erdgeschoß und obersten Geschoß um 34 %, während der thermische Entlüftungsstrom um ca. 20 % abnimmt. Die gleichzeitige Betrachtung der meteorologischen Einflußgrößen führt zu einer wünschenswerten generellen Anhebung des Fortluftstroms um ca. 50 % auf $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Bemerkenswert ist die Vergleichmäßigung des höhenabhängigen Lüftungsprofils, die Abweichung beträgt nur noch 13 %.

Es ist festzustellen, daß mit einer isolierten Betrachtung von Wind und Thermik keine repräsentativen Aussagen zum Betrag und zur höhenabhängigen Verteilung der natürlichen Lüftung von Wohnungen im Mehrgeschoßbau gemacht werden können. Die in [15] durchgeführte Verknüpfung der Häufigkeit verschiedener Windstärken mit der Häufigkeit von Luftwechselraten sollte überdacht werden, die Verwendung von „Datensätzen“ T_a , v_w erscheint aussagekräftiger.

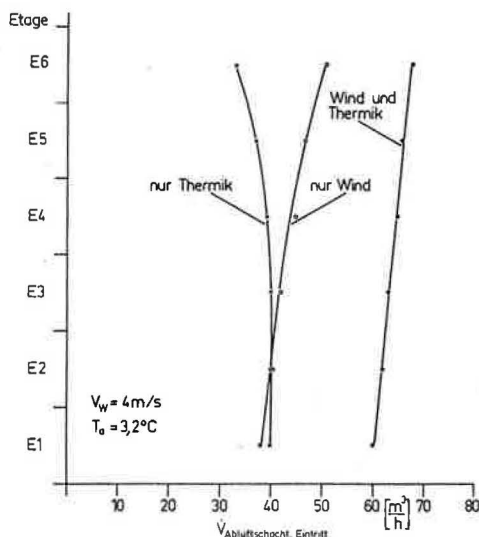


Bild 5 · Einfluß des Windes, der Thermik sowie des Windes und der Thermik auf die natürlichen Fortluftströme zum Entlüftungsschacht

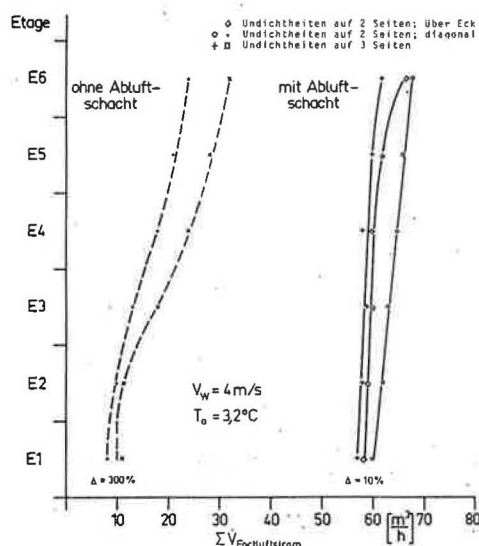


Bild 6 · Einfluß eines Entlüftungsschachtes auf den natürlichen Luftwechsel von Wohnungen. Die Gebäudeundichtheiten sind auf 2 bzw. 3 Fassaden verteilt

8.2 Konstruktive Einflußgrößen

8.2.1 Entlüftungsschacht

Entlüftungsschächte beeinflussen in mehrfacher Weise die natürliche Lüftung von Wohnungen positiv:

- Die Lüftungsrate wird deutlich erhöht
- das höhenabhängige Lüftungsprofil wird stark vergleichmäßigt
- der Fortluftstrom konzentriert sich auf den Entlüftungsschacht

In Bild 6 ist der gesamte Fortluftstrom von Wohnungen aufgetragen. Der Fortluftstrom der quergelüfteten

Wohnungen (ohne Schacht) liegt zwischen $8 \text{ m}^3/\text{h} < \dot{V}_L < 32 \text{ m}^3/\text{h}$. Die höhenabhängige Volumenstromzunahme beträgt über 300 %. Wird ein Abluftschacht im Gebäude berücksichtigt, sind Fortluftströme in der Größenordnung von $\dot{V}_L \approx 60 \text{ m}^3/\text{h}$, zu erwarten. Die höhenabhängige Abweichung der Volumenströme liegt in der Größe von 10 %.

Die vergleichende Darstellung der Bilder 7 und 8 verdeutlicht die Verteilung der Volumenströme in den Wohnungen. In Wohnungen mit Abluftschacht werden die Fortluftströme fast vollständig über diese abgeführt, während in den schachtlosen Wohnungen die Fortluftströme windrichtungsabhängig über die Leeseiten der Fassaden entweichen.

● Es ist festzustellen, daß bei der natürlichen Lüftung zwischen Wohnungen und Querlüftung und Wohnungen mit Schachtlüftung zu unterscheiden ist. Gebäude mit Schachtlüftung verhalten sich deutlich günstiger. Mit einer geeigneten Anordnung von Abluftschächten oder Schornsteinen in Wohnungen (Bad, Küche) kann vom Planer häufig eine geführte Lüftung von schwach zu stark belasteten Räumen erreicht werden, so daß eine unerwünschte Geruchsübertragung vermeidbar scheint. Wohnungen mit schornsteingebundenen Etagen-Feuerstätten sind analog zu betrachten. Damit kann möglicherweise erklärt werden, daß Feuchteschäden in derartigen Wohnungen weniger häufig auftreten.

8.2.2 Betrag der Undichtheit

In Tabelle 1 sind die Durchlässigkeiten der Umschließungsflächen der Modellwohnungen zusammengestellt. Differenziert wird nach dem Baujahr und dem Fensterzustand.

Die berechneten wohnungsspezifischen Fortluftströme in den Entlüftungsschacht zeigt Bild 9. Erwartungsgemäß korreliert der Grad der Undichtheit mit dem Betrag der Fortluftströme. Die Werte der nach 1974 erbauten Wohnung (Referenzwohnung) liegen deutlich unter den bauphysikalisch und hygienisch erforderlichen Luftwechselraten [1, 2, 3] ($0,5 \text{ h}^{-1} < n < 1,2 \text{ h}^{-1}$). Dieser Bereich wird von den Fortluftströmen der Modell-Altbauwohnung mit Originalfenstern angenähert.

Die Wohnungsdichtheit beeinflusst die wünschenswerte Vergleichmäßigung des höhenabhängigen Lüftungsprofils des Gebäudes.

● Eine ausreichende gleichmäßigere Lüftung im Mehrgeschoßbau ließe sich mit selbstregulierenden Lüftungselementen oder leicht mit einer etagenweisen Staffelung der Fensterfugendichtheit (Dichtlippengestaltung) erreichen. Als Parameter für eine höhenabhängige Undichtigkeitsbemessung sind u. a. die gesamte Gebäudehöhe, die Lage des Stockwerks im Gebäude, mögliche Luft- bzw. Abgasschächte und ggf. die Klimazone zu diskutieren. Eine Einbindung der Bemessungsregel in DIN 18 055 wäre denkbar.

8.2.3 Verteilung der Fassadenundichtheit

Die Summe der gesamten Wohnungs-

undichtheit wurde konstant gehalten. Den Einfluß unterschiedlicher Dichtheitsverteilungen über die Fassaden auf die natürliche Lüftung veranschaulicht Bild 6. Die Verteilung der Fassadendurchlässigkeit ist vorwiegend im Zusammenhang mit den Winddruckbeiwerten, siehe Bild 1, zu betrachten.

Vergleicht man für die Wohnungen ohne Abluftschacht die diagonale Querlüftung mit dem Luftaustausch über 3 Gebäudeseiten, erhält man für den zweiten Fall einen Anstieg der Lüftungsrate. Die zusätzliche Fassadenfläche liegt im Unterdruckbereich des windumströmten Gebäudes $c_p = -0,7$. Aufgrund des sich einstellenden niedrigeren Drucks innerhalb der Wohnung wird die wirksame Druckdifferenz über die windangeströmte Fassadenfläche erhöht, und ihr Zuluftstrom steigt an.

In Wohnungen mit Abluftschacht ist eine Verteilung der Undichtheiten auf Fassadenflächen mit überwiegend positiven und vom Betrag kleinen negativen c_p -Werten vorteilhaft.

Der Unterdruck innerhalb der Wohnung wird durch den Abluftschacht geprägt, so daß die Zuluft über die luv- und leeseitigen Fassadenflächen nachströmt, vergleiche auch Bild 7 und 8.

● Das beste Lüftungsergebnis zeigt die Wohnung mit Undichtheiten auf 2 diagonal angeordneten Fassadenflächen.

8.2.4 Lage des Treppenhauses

Die Modellrechnungen veranschaulichen, daß die Anordnung des Treppenhauses auf der windab- oder windzugewandten Seite den Betrag des

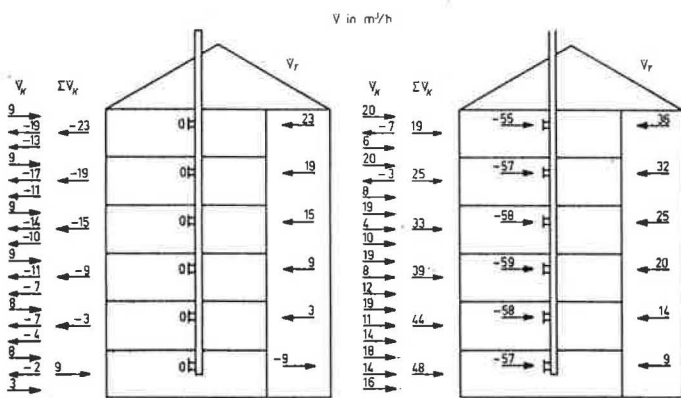


Bild 7 · Einfluß eines Entlüftungsschachtes auf den natürlichen Luftwechsel. Volumenströme durch die $K = 3$ Fassadenflächen und die Wohnungstüren

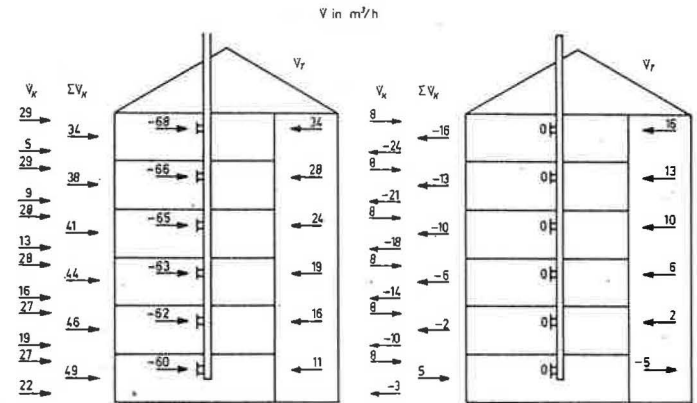


Bild 8 · Einfluß eines Entlüftungsschachtes auf den natürlichen Luftwechsel. Volumenströme durch die $K = 2$ Fassadenflächen und die Wohnungstüren

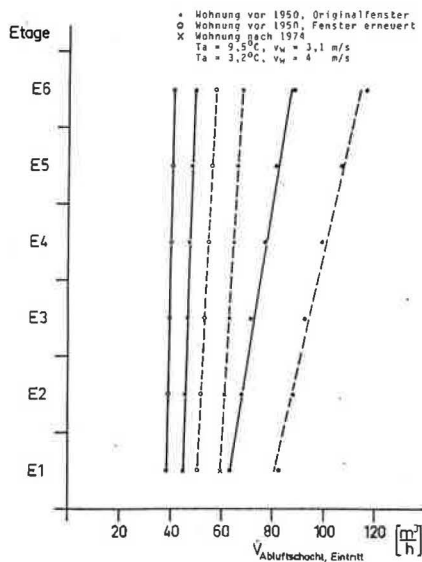


Bild 9 · Einfluß der Gebäudeundichtheit auf die natürlichen Fortluftströme in den Entlüftungsschacht. Parameter: Klimadaten

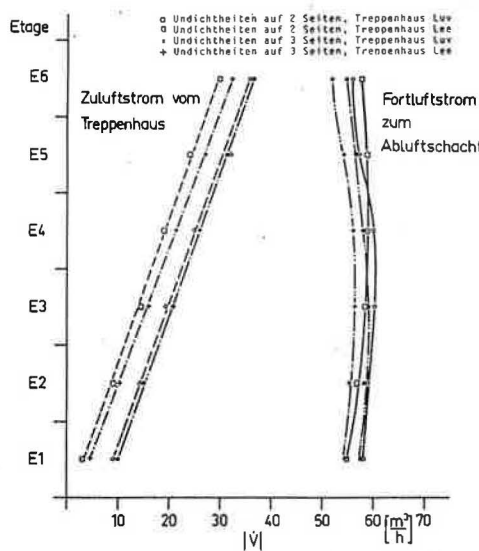


Bild 10 · Einfluß der Treppenhauseinrichtung auf die natürlichen Fortluftströme in den Entlüftungsschacht und die Zuluftströme über Wohnungstür. Parameter: Undichtheiten auf 2 oder 3 Fassadenflächen

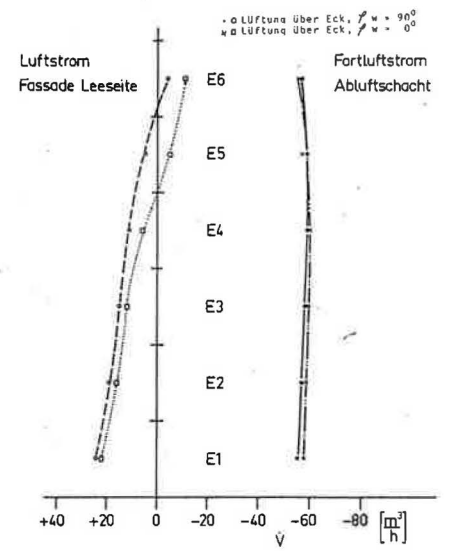


Bild 11 · Einfluß der Windeinrichtung auf die natürlichen Fortluftströme in den Entlüftungsschacht und die Luftraten durch die windabgewandte Fassade. Windrichtung $\varphi = 0^\circ, 90^\circ$

Fortluftstromes von Wohnungen in den Entlüftungsschacht relativ gering beeinflusst. In Bild 10 ist die höhenabhängige Verteilung der Volumenströme aufgetragen. Bei absoluten Fortluftströmen $V_{\text{Fortluft}} > 50 \text{ m}^3/\text{h}$ beträgt die etagenspezifische Abweichung dieser Ströme $\Delta \dot{V} \approx 5 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Zuluftströme vom Treppenhaus über die Wohnungstüren in die Wohnungen sind gleichfalls dargestellt. Die Luftströme nehmen von der 1. bis zur 6. Etage zu. Bemerkenswert scheint, daß es sich generell um Frischluftströme zu den Wohnungen handelt, d. h., es findet zwischen den einzelnen Wohnungen keine Geruchsübertragung statt.

● Aus lüftungstechnischer Sicht deutet sich für den Planer eine freie Gestaltung des Treppenhauses in Wohngebäuden mit Abluft/Abgas-Schächten an.

8.2.5 Windrichtung

Den Einfluß der Windrichtung auf die Fortluftströme zum Entlüftungsschacht zeigt Bild 11 für 2 Windrichtungen. Die Anströmung erfolgt senkrecht $\varphi_W = 0^\circ$ und parallel $\varphi_W = 90^\circ$ zur längsten Fassadenfläche des Gebäudes, vergleiche auch Bild 1.

● Die Berechnungen zeigen eine vernachlässigbare Beeinflussung der Fortluftströme aus den Wohnungen in die Entlüftungsschächte; der Fortluftstrom beträgt ca. $60 \text{ m}^3/\text{h}$.

In Bild 11 sind zusätzlich etagenweise die Luftströme über die windabgewandte Gebäudeseite aufgetragen. Vorwiegend strömt den Wohnungen über die Leeseiten der Fassaden Luft zu, lediglich in den Etagen 5 bzw. 5 und 6 wird Luft über die Fassadendichtigkeiten abgeführt. Der Unterschied ist mit den von der Gebäudegeometrie abhängenden verschiedenen negativen c_p -Werten zu erklären.

8.3 Meteorologische Einflüsse

Der Einfluß der meteorologischen Größen auf die natürliche Lüftung wurde für moderne Mietwohnungen mit heutigem Dichtheitsstandard untersucht. Ein Abluftschacht wurde bei den Berechnungen berücksichtigt, Fenster und Türen sind geschlossen. Als Variable dient die Windgeschwindigkeit und die Außentemperatur.

Von der Wetterstation Monheim [11] wurden die Monatsmittelwerte September 1983 bis Mai 1984 den Berechnungen zugrunde gelegt. Tabelle 2 enthält eine Zusammenstellung der meteorologischen Daten und der errechneten Fortluftströme. Erwartungsgemäß sind in den Wintermonaten höhere Luftraten als in der Übergangszeit ermittelt worden. Der Mittelwert der Fortluftströme beträgt für die 9 Berechnungsmonate $\dot{V}_L = 49 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Standardabweichung beträgt $9 \text{ m}^3/\text{h}$. Die vorhandene Streuung der natürlichen Fortluftströme liegt innerhalb der Bandbreite zulässiger Fortluftströme wie sie in [17] für innenliegende Sanitärräume genormt wurde. Die berechneten natürlichen Luftraten werden den hygienischen und bauphysikalischen Erfordernissen der Wohnungslüftung nicht gerecht. Eine Begrenzung der Fugendichtheit von Fenstern nach unten wird gefordert [18]. Es ist zu erwarten, daß bei einer begrenzten Anhebung der Gebäudeundichtheit der Betrag der mittleren Lüftungsrate ansteigt und die jahreszeitliche Streuung sich in einem vertretbaren Rahmen bewegt.

9. Ausblick

Wohnungen mit Abluft-/Abgasschächten verhalten sich lüftungsmäßig deutlich günstiger als quergelüftete Wohnungen. Jede Wohnung mit einer schornsteingebundenen raumluftabhängigen Feuerstätte hat diese günstigere Lüftungscharakteristik. Weiterhin zeigen Untersuchungen, daß raumluftverbundene Gasheizungen die natürliche Lüftung forcieren (thermischer Ventilator) und stabilisieren [4]. Insbesondere während der Übergangszeit gewinnen die Mechanismen an Bedeutung! Diese Einflußgrößen werden Gegenstand weiterer Untersuchungen sein.

Dem Planer können Leitlinien für eine geführte natürliche Lüftung von Wohnungen gegeben werden:

- Wohnungen mit Abluft/Abgasschächten ausstatten,
- Abluft/Abgasschächte in Räumen mit stärkerer Raumluftbelastung (Küchen, Sanitärräume) anordnen,
- einer dieser Räume sollte im Zentralbereich der Wohnung vorgesehen werden,

— eine raumluftabhängige Feuerstätte sollte im Zentralbereich der Wohnung (z. B. Badezimmer) installiert werden. (1540)

Literaturverzeichnis:

- [1] Gertis, K.; Erhorn, H.: Wohnfeuchte und Wärmebrücken; HLH 36 (1985) H. 3.
- [2] Trepte, L. (Editors): ANNEX IX, Minimum Ventilation Rates, Final Report. International Energy Agency, 1983.
- [3] Bouwman, H. B.: Minimum Ventilation Rate; Research Report-Nr. C 470 E, IMG-TNO Delft, 1984.
- [4] Lübke, P.: Gas-Etagenheizung zur Begrenzung der Lüftungs-Wärmeverluste, SHT 4/1984.
- [5] Herberger, L.: Bestand und Struktur der Gebäude und Wohnungen, Wirtschaft und Statistik, 5, 1980.
- [6] Höß, A.; Schrammeyer, A.: Betrieb von Einzelfeuerstätten in dichten Wohnungen Tagungsbericht Lüftung im Wohnungsbau, Verlag TÜV Rheinland 1984.
- [7] Rawe, R.; Lorenz, W.: Betrieb von Gasfeuerstätten mit Strömungssicherung in Wohnungen mit fugendichten Fenstern und Wohnungstüren, GWL-Bericht Nr. 4419, 1977.
- [8] Wegner, J.: Forschungsbericht F 1831: Untersuchung des natürlichen Luftwechsels in ausgeführten Wohnungen, die mit sehr fugendichten Fenstern ausgestattet sind, Der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bau- und Wohnungsforschung 1982.
- [9] Dierker, K.; Rosenbaum, H.; Wenge, U.: Auswirkung einfacher Maßnahmen auf den sicheren Betrieb von Gasfeuerstätten in einer fugendichten Wohnung. Diplomarbeit im FB Versorgungstechnik der FH Münster.
- [10] Recknagel-Sprenger: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. 60. Ausgabe 1979. Oldenbourg Verlag, München.
- [11] Farbenfabrik Bayer AG: Wetterdaten unveröffentlicht.
- [12] Baumann, Kapmeyer, Muser: Die neuen Anforderungen des Energie-Einsparungsgesetzes bei Planung, Bau und Unterhaltung von Gebäuden, Kissing: Weka-Verlag.
- [13] Hausladen, G.: Wohnungslüftung, Untersuchung der verschiedenen Lüftungsarten bzw. Lüftungspraktiken unter hygienischen, bauphysikalischen und energetischen Gesichtspunkten, VDI-Fortschrittsbericht 36, Nr. 73.
- [14] Tamura, G. T.: Computer Analysis of Smoke Movement in Building. ASHRAE Transactions, Vol. 75, Part II, 1969.
- [15] Hausladen, G.: Luftwechsel in Wohnungen HLH 29 (1978), Nr. 1.
- [16] BS 5925: 1980. Code of practice für Design of buildings: ventilation principles and designing for natural ventilation British Standards Institution.
- [17] Lüftung von Bädern und Spülalaborten ohne Außenfenster. DIN 18 017 Teil 3, 11/1984 Entwurf, DIN Deutsches Institut für Normung e.V..
- [18] Ehm: Stellungnahme zur SHT-Diskussion „Lüftung und Schvärzepilze“ SHT.1.1983.

SHT-Sonderdruck Korrosion in Warm- und Kaltwasserleitungen

Den neuesten Stand der Korrosionsforschung mit wertvollen Erkenntnissen für den Praktiker hat die SHT in einem 32seitigen Sonderdruck zusammengefaßt.

Preis 6,20 DM.

Krammer Verlag Düsseldorf, Hermannstraße 3