

Betrachtung der Anforderungen an die Lüfterneuerung in Räumen unter Berücksichtigung der Dichtigkeitsanforderungen an Fenster

VON ING. (GRAD.) H. FROELICH – INSTITUT FÜR FENSTERTECHNIK E. V., ROSENHEIM

1. Problemstellung

Die in DIN 18 055 Blatt 2 „Fenster – Fugendurchlässigkeit und Schlagregensicherheit – Anforderungen und Prüfung“ enthaltenen Anforderungen an die Dichtigkeit der Fenster sind keine Folge der in den letzten Jahren gestiegenen Ansprüche an den baulichen Wärme- und Schallschutz. Es handelt sich vielmehr um Werte, die bereits vor über 10 Jahren in die Fenstertechnik eingeführt wurden. Bereits 1966/67 wurden von dem Institut für Fenstertechnik die Beanspruchungsgruppen A, B, C und D für die Dichtigkeitsanforderungen entwickelt und veröffentlicht. Die Fugendurchlässigkeitswerte, die in den einzelnen Gruppen als maximal zulässig festgelegt wurden, waren bereits in den Güte- und Prüfbestimmungen der Gütegemeinschaft Fenster e. V. enthalten, stellten also auch damals bereits kein Anforderungsniveau mehr dar. Die Werte hatten sich vielmehr aus der zwingenden Notwendigkeit ergeben, den Luftvolumenstrom über Fensterfugen so weit zu reduzieren, daß auch bei höheren Staudrücken und bei ungünstigen Fensteranordnungen keine deutlich spürbare Zugbelastung in den Aufenthaltsräumen zustande kommt. Es kann eigentlich nur als logische Weiterentwicklung und Konsequenz dieser Regelungen gesehen werden, wenn 1971 der Entwurf von DIN 18 055 und 1973 die endgültige Fassung dieser Norm erschienen. Somit war auch eine Aufnahme in die wichtigen VOB-Normen DIN 18 355 und DIN 18 360 möglich. Wenn in den neuen Regelwerken für den baulichen Wärme- und Schallschutz (DIN 4108, Wärmeschutzverordnung, DIN 4109) ebenfalls wiederum die Werte gemäß DIN 18 055 zugrunde gelegt werden, so kann auch dies nur als logische Konsequenz gewertet werden.

Doch mit der Einführung der Fensterdichtigkeitsanforderungen in baugesetzliche Bestimmungen wurden diese plötzlich von vielen Seiten durchleuchtet und auch kritisiert. Es meldeten sich Vertreter von Firmen zu Wort, die Gasgeräte für Wohnungen herstellen. Diese Geräte benötigen für einen einwandfreien Betrieb eine geregelte Frischluftzufuhr, die sich nach der Vorstellung der Hersteller über die Fensterfugen abwickeln soll. Andere Stellungnahmen entstammen der Feder von Hygienikern, die nun eine massive Gefährdung der Raum- und Wohnungshygiene befürchteten.

Das Problem eines einwandfreien Betriebes von Gasgeräten unter bestimmten Bedingungen soll hier nicht untersucht werden, da es sich dabei um eine ganz spezifische Angelegenheit handelt. Die Anforderungen an die Raumbelüftung aus hygienischen Gründen sind jedoch von großer Bedeutung und es ist durchaus von Interesse, diesen Bedingungen einmal die Anforderungen an die Dichtigkeit der Fenster gegenüber zu stellen.

2. Hygienische Grundforderungen

2.1 Allgemeines

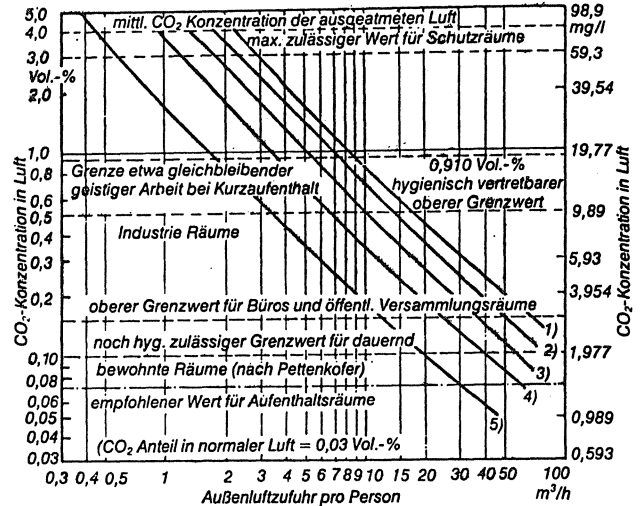
Für die Belüftung und Luftführung existieren einige Grundforderungen, die insbesondere in DIN 1946 Blatt 1–5 enthalten sind. Weitere Angaben sind in DIN 18 017 Blatt 1–4 und in dem Entwurf der VDI-Richtlinie 2088 „Lüftung von Wohnungen“ zu finden. Es muß jedoch erwähnt werden, daß all diese Normen und Richtlinien im Prinzip nur für Lüftungstechnische Anlagen, nicht jedoch für übliche Raum- oder Wohnungsbelüftungen ohne derartige Anlagen Gültigkeit haben. Eine Übertragung gewisser Grundbedingungen auf übliche Verhältnisse ist jedoch möglich und zulässig.

2.2 Empfehlungen für maximale CO₂-Konzentrationen in Aufenthaltsräumen und für die Bemessung von Luftzufuhr-Raten

Einen guten Überblick ermöglicht Bild 1 [1]

Gemäß dieser Darstellung ist z. B. im Ruhezustand eine Mindestluftzufuhr von etwa 30 m³/h je Person notwendig, um den für Aufenthaltsräume empfohlenen maximalen CO₂-Wert von 0,07% nicht zu überschreiten. Legt man die sogenannte Pettenkoferzahl zugrunde, so liegt diese bei 0,1%. Hierfür wäre eine Luftzufuhr von ca. 20 m³/h Person notwendig.

Der CO₂-Anteil in normaler Luft beträgt 0,03 Vol. %. Die mittlere CO₂-Konzentration der ausgeatmeten Luft liegt bei ca. 4 Vol. %.



- 1) 500 kcal/h (sehr schwere Arbeit)
- 2) 400 kcal/h (schwere Arbeit)
- 3) 300 kcal/h (mittl. Arbeit)
- 4) 200 kcal/h (leichte Arbeit)
- 5) totale Wärmeproduktion 100 kcal/h (in Ruhe)

Bild 1: Erforderliches Außenluft-Volumen in m³/h Person (Luft-rate) zur Begrenzung der CO₂-Konzentration

2.3 Empfehlungen für die Luftführung im Raum

Die Temperaturen an beliebigen, in Kopfhöhe liegenden Meßpunkten (bei mehr sitzenden Personen 1,2 bis 1,3 m, bei mehr stehenden Personen 1,7 bis 1,8 m) sollen nicht mehr als ± 1,5 K vom Sollwert abweichen. Die vertikalen Temperaturgradienten sind hiervon unberührt.

2.4 Empfehlungen für zulässige Raumluftgeschwindigkeiten

Die Geschwindigkeit der Raumluft soll die Grenzwerte gemäß Bild 2 nicht überschreiten.

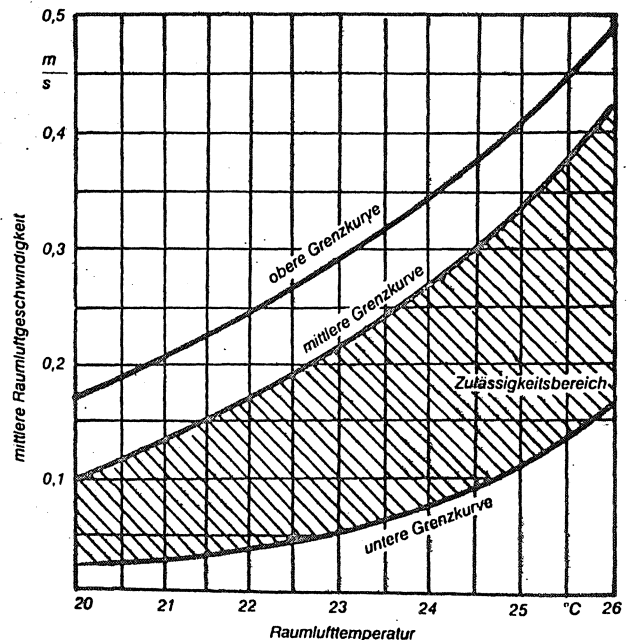


Bild 2: Zulässigkeitsbereich für die mittlere Raumluftgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur in der Aufenthaltszone.

3. Möglichkeiten für die Zufuhr hygienisch erforderlicher Luftraten

3.1 Luftwechsel infolge Temperaturdifferenz

Wenn zwischen 2 Stellen (z. B. im Freien und im Hausinneren) eine Temperaturdifferenz vorhanden ist, so ergibt sich daraus auch eine Druckdifferenz und ein Luftaustausch über Öffnungen, Fugen, Poren usw. Die Verhältnisse sind sehr unterschiedlich und können nicht für jeden Fall allgemein gültig dargestellt werden. An einem Beispiel, das aus einer Untersuchung von Tamura und Wilson [2] stammt, soll jedoch die Aussage verdeutlicht werden.

Für zwei untersuchte Bungalows ergab sich eine Luftwechselkurve gemäß Bild 3.

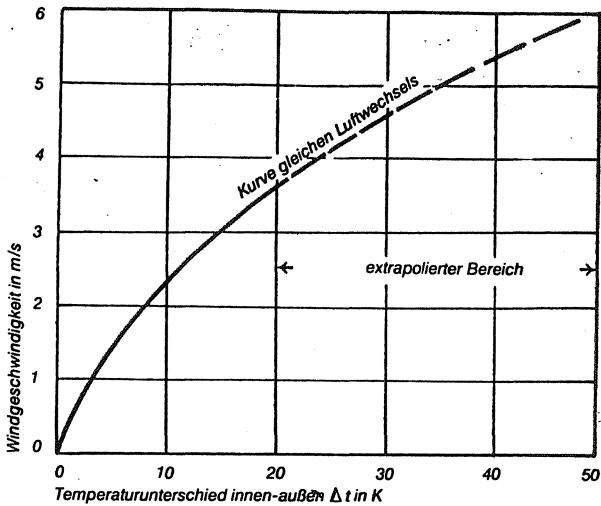


Bild 3: Zuordnung von Windgeschwindigkeit und Temperaturunterschied hinsichtlich gleicher Wirkung eines der beiden Einflüsse auf den Luftwechsel nach Messungen von Tamura und Wilson an einem Bungalow.

Das Bild 3 läßt den Anstieg des Luftwechsels in Abhängigkeit der Temperaturdifferenz bzw. in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit erkennen. Sind beide Einflüsse, also Temperaturdifferenz und Windanfall, vorhanden, so ergäbe sich theoretisch eine Verdoppelung des Luftwechsels. Der tatsächliche Wert liegt jedoch um 30–40% unter diesem Ansatz.

In absoluten Werten wurden die Luftwechsel gemäß Tabelle 1 ermittelt.

Jahreszeit	Winter	Sommer
Außenluftwechsel in h ⁻¹	0,25 bis 0,5	0,07 bis 0,20
Temperaturdifferenz in K	20 bis 30	±1 bis ±3
Windgeschwindigkeit m/s	3,7 bis 4,3	0,4 bis 2,5

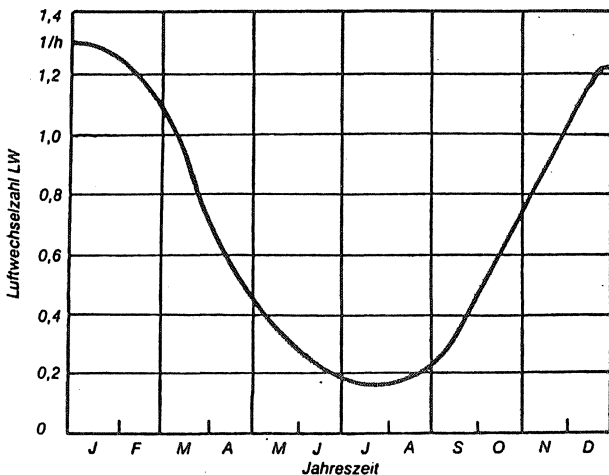


Bild 4: Jahreszeitliche Abhängigkeit der Luftwechselzahl durch Selbstlüftung (nach Georgii).

Die Zahlen lassen deutlich den Unterschied zwischen Winter und Sommer erkennen. Dies wird auch durch eine Kurve von Georgii [3] deutlich. Die Luftwechsel infolge Selbstlüftung (Temperaturdifferenzen) fallen in den Sommermonaten ab und erreichen im Dezember/Januar ihr Maximum.

3.2 Luftwechsel infolge Druckdifferenz

Aus dem Abschnitt 3.1 kann bereits der Einfluß der Druckdifferenz entnommen werden, da Windgeschwindigkeit und Staudruck ja in einer direkten Beziehung stehen. Dies soll durch Bild 5 und die Tabelle 2 auch nochmals erläutert werden.

Tabelle 2

Untere und obere Grenzen der Geschwindigkeits- und Druckstufen im Vergleich zu Beaufortgraden*)

Beaufortgrad	m/s	km/h	Bezeichnung	Staudruck in KN/m ²
0	0 - 0,2	- 1	still	0 -0,001
1	0,3- 1,5	1- 5	leiser Zug	0 -0,001
2	1,6- 3,3	6- 11	leichte Brise	0,002-0,006
3	3,4- 5,4	12- 19	schwache Brise	0,007-0,018
4	5,5- 7,9	20- 28	mäßige Brise	0,019-0,039
5	8,0-10,7	29- 38	frische Brise	0,040-0,072
6	10,8-13,8	39- 49	starker Wind	0,073-0,119
7	13,9-17,1	50- 61	steifer Wind	0,120-0,183
8	17,2-20,7	62- 74	stürmischer Wind	0,184-0,268
9	20,8-24,4	75- 88	Sturm	0,269-0,373
10	24,5-28,4	89-102	schwerer Sturm	0,374-0,505
11	28,5-32,6	103-117	orkanartiger Sturm	0,506-0,665
12	32,7-36,9	118-133	Orkan	0,666-0,853
13	37,0-41,4	134-149		0,854-1,060
14	41,5-46,1	150-166		1,070-1,320
15	46,2-50,9	167-183		1,330-1,610
16	51,0-56,0	184-201		1,620-1,990
17	56,1-	201-		2,000-

*) m/s = Meter pro Sekunde
km/h = Kilometer pro Stunde

Staudruck = Druck des Windes in Kilo-Newton pro Quadratmeter auf einer ebenen, senkrecht zum Winde stehenden Fläche (entsprechend der Normen im Bauwesen DIN 1055)

Die obigen vergleichenden Angaben über Geschwindigkeit und Stärke des Bodenwindes in Beaufortgraden beziehen sich auf die international festgelegte Meßhöhe von 10 m über Grund im freien Gelände. Bei gleichen Beaufortgraden kann man entsprechend der durchschnittlichen Änderung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe zum Beispiel in 4 m über Grund mit einer um etwa 20% kleineren, in 30 m Höhe über Grund mit einer um etwa 20% größeren Geschwindigkeit als den in 10 m gemessenen Werten rechnen. (Die Unterschiede gegenüber den vor dem 1. 1. 49 gültigen Vergleichszahlen erklären sich aus der Erhöhung des Bezugsniveaus von 6 m auf 10 m). Bei Geschwindigkeitsangaben für einzelne Böenstöße sind die tatsächlich gemessenen Werte maßgeblich; eine Umrechnung auf eine andere Bezugsbehörde ist dabei nicht statthaft.

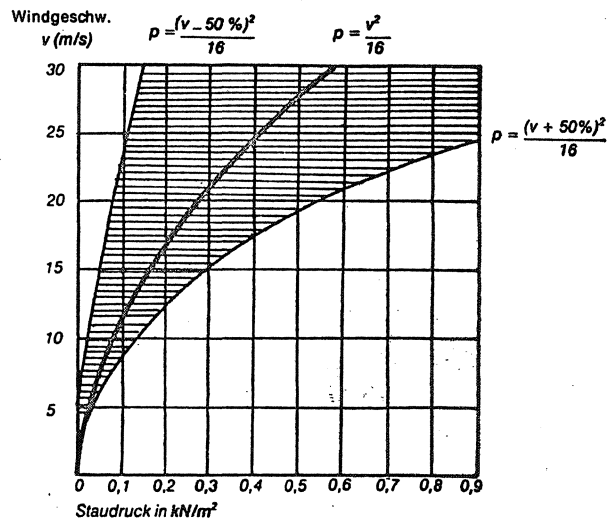


Bild 5: Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit v (m/s) und dem Staudruck q (kN/m²), wobei der schraffierte Bereich die bei Böenwirkung entstehenden Druckschwankungen angibt.

Der Zusammenhang zwischen Luftvolumenstrom über Fensterfugen und Druckdifferenz ist bekannt. Gemäß DIN 18 055 Bl. 2 ist die längenbezogene Fugendurchlässigkeit V_l der auf die Länge (in der Regel 1 m) bezogene Luftstrom der Fugendurchlässigkeit V_n

$$V_l = \frac{V_n}{l} \text{ in } \frac{\text{m}^3}{\text{hm}}$$

Für die maximal zulässigen V_l -Werte ergibt sich der Zusammenhang

$$V_l = a_n \cdot \Delta p^{2/3}$$

Fugendurchlässigkeit

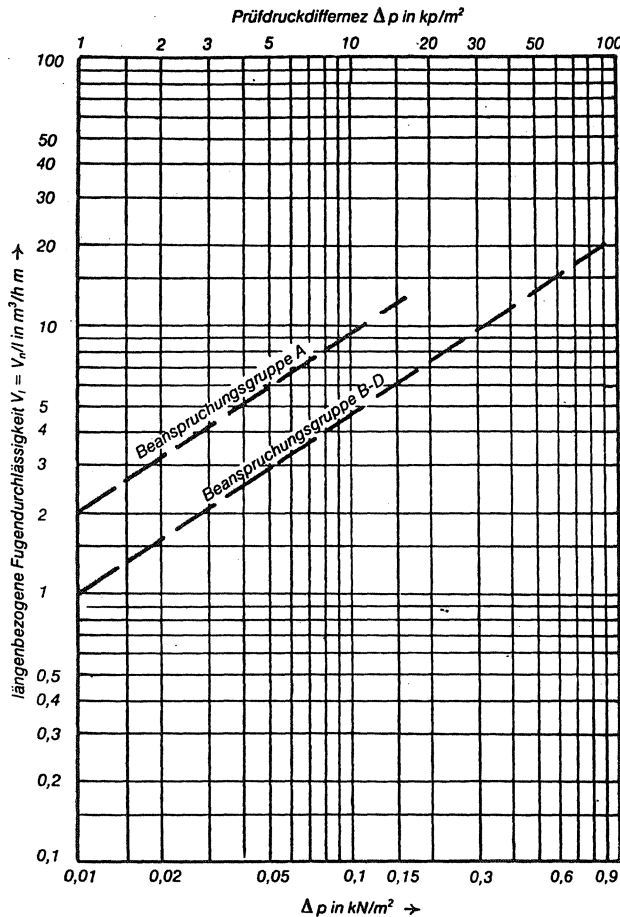


Bild 6: Diagramm für die Darstellung der längenbezogenen Fugendurchlässigkeit V_l als Funktion der Prüfdruckdifferenz Δp

Bild 6 stellt diesen Zusammenhang graphisch dar.

Die Zusammenhänge sollen nun an folgendem Beispiel erläutert werden:

In einer Wohnung befindet sich ein 40 m² großer Raum, der einer Familie von 6 Personen zum überwiegenden Aufenthalt dient.

Die Luftrate beträgt gemäß Bild 1

$$6 \times 30 = 180 \text{ m}^3/\text{h}$$

Wenn der Raum 2,6 m hoch ist, so beträgt sein Volumen 40 m² × 2,6 m = 104 m³. Daraus ergibt sich ein Luftwechsel von

$$\frac{180 \text{ m}^3/\text{h}}{104 \text{ m}^3} = 1,73 \text{ h}^{-1}$$

Gemäß den Mindest-Tageslichtforderungen müßte der Raum eine Fensterfläche von mindestens 10% der Grundfläche haben, d. h. 4 m². Erhöht man diesen Mindestwert noch um 25%, so ergibt sich eine Fensterfläche von 5 m². Es kann sich dann z. B. um 2 zweiflügelige Fenster mit einer Breite von 1,85 m und einer Höhe von 1,35 m handeln.

Hierfür ergibt sich eine Gesamtfugenlänge von ca.

$$4 \times 1,85 + 8 \times 1,35 = 7,4 + 10,8 = 18,2 \text{ m}$$

Handelt es sich um Fenster der Beanspruchungsgruppe B oder C, so ergibt sich bei einer Druckdifferenz von 0,01 kN/m² (ent-

sprechend einer Windgeschwindigkeit von 4 m/s) ein stündlicher Luftdurchgang von ca. 18 m³.

Der Luftwechsel beträgt somit $\frac{18 \text{ m}^3/\text{h}}{104 \text{ m}^3} = 0,17 \text{ h}^{-1}$

Das Beispiel läßt erkennen, daß bei einer derartig abgeschlossenen Betrachtungsweise, d. h. ohne Berücksichtigung anderer Luftzufuhren aus Nachbarräumen usw., keine Deckung der hygienisch notwendigen Lufraten über die Fensterfugen allein möglich ist.

Wenn es in der täglichen Praxis trotzdem zu keinen ständigen Luftmangelscheinungen kommt, so liegt dies u. a. an folgenden Einflüssen:

a) durch Stoßlüftungen ist eine rasche Lüfterneuerung möglich, die einen Großteil der Dauerlufrate ausgleicht.

b) in den Zeiten, in denen die Fenster aus Gründen des Wärmeschutzes überwiegend geschlossen bleiben sollen (kalte Jahreszeit), kommt die Temperaturlüftung als erhöhender Einfluß zu der Lüftung infolge Luftdruckdifferenz hinzu.

c) Beim Öffnen von Türen und über die Türfugen selbst findet ein Luftaustausch und eine Lüfterneuerung statt.

d) die in jeder Gebäudehülle vorhandenen Fugen und Öffnungen, die noch außer den Fensterfugen vorhanden sind, erhöhen ebenfalls die Außenlufrate. Gemäß eigenen Untersuchungen an verschiedenen Gebäuden in Österreich [4] ist allein für die Anschlußdichtigkeiten zwischen Fenster und Baukörper mit einem Durchschnittswert von ca. 20% der Fensterfugendurchlässigkeit zu rechnen.

Der Unterschied zwischen der theoretisch allein über die Fensterfugen eintretenden Luftvolumenströme infolge Druckdifferenz und der tatsächlich festgestellten Luftmengen wird auch in einer Untersuchung von Jackman [5] deutlich.

Es wurde je ein Modellgebäude mit langgestrecktem und quadratischem Grundriß zugrunde gelegt. Die Gebäudehöhen (Modellhöhen) betragen 15, 30 und 60 m. Als wichtiger Einfluß wurde die Dichtigkeit der inneren Raumabschlüsse (Türen) erkannt. Jackman stellte die Ergebnisse für die verschiedenen Modellgebäude als in der Zeiteinheit insgesamt ein- bzw. ausströmende Luftmengen dar und bezieht diese auf 1 m Fensterfuge. Es ergab sich der Zusammenhang gemäß Bild 7.

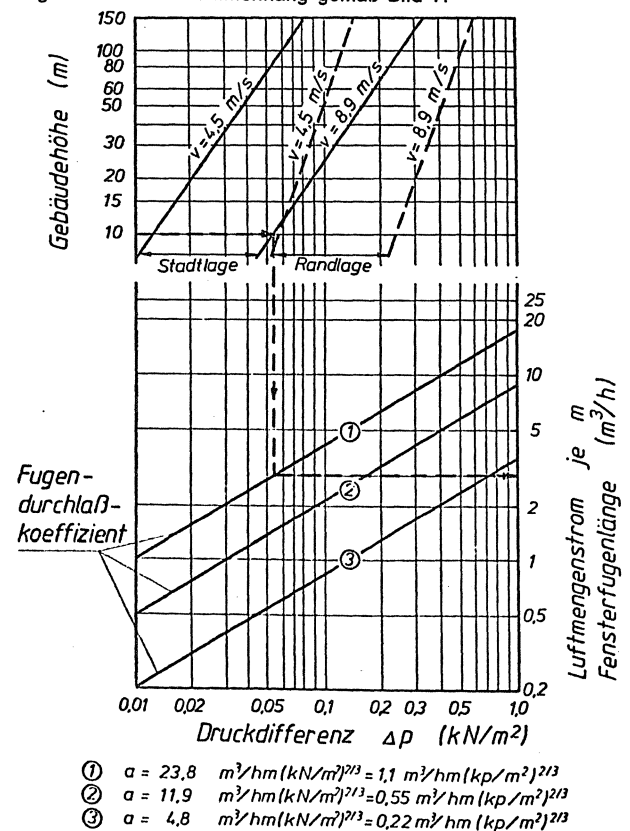


Bild 7: Nomogramm zur Ermittlung der natürlichen Durchlüftung in Abhängigkeit von Gebäudehöhe, Windanfall und Fensterbauart für Bauwerke ohne innere Strömungswiderstände (nach Jackmann).

- ① $a = 23,8 \text{ m}^3/\text{hm} (\text{kN}/\text{m}^2)^{2/3} = 1,1 \text{ m}^3/\text{hm} (\text{kp}/\text{m}^2)^{2/3}$
- ② $a = 11,9 \text{ m}^3/\text{hm} (\text{kN}/\text{m}^2)^{2/3} = 0,55 \text{ m}^3/\text{hm} (\text{kp}/\text{m}^2)^{2/3}$
- ③ $a = 4,8 \text{ m}^3/\text{hm} (\text{kN}/\text{m}^2)^{2/3} = 0,22 \text{ m}^3/\text{hm} (\text{kp}/\text{m}^2)^{2/3}$

Geht man z. B. von einer Gebäudehöhe von 10 m und einer Randlage dieses Gebäudes aus, so ergibt sich bei einer Windgeschwindigkeit von 4,5 m/s und einem Fensterfugendurchlaßkoeffizienten von 1,1 m³/hm ein Luftmengenstrom von ca. 3 m³/h je Meter Fensterfugenlänge.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß hierbei keine inneren Strömungswiderstände, also keine dichten Türen u. ä. vorhanden sind. Würde z. B. das Verhältnis der Fensterfugendurchlässigkeit zu der Innenfugendurchlässigkeit 1,0 betragen, so wäre der genannte Wert mit dem Faktor 0,65 zu korrigieren, also

$$3 \cdot 0,65 = 1,95 \text{ m}^3/\text{h je Meter Fensterfugenlänge}$$

Korrekturfaktoren siehe Bild 8.

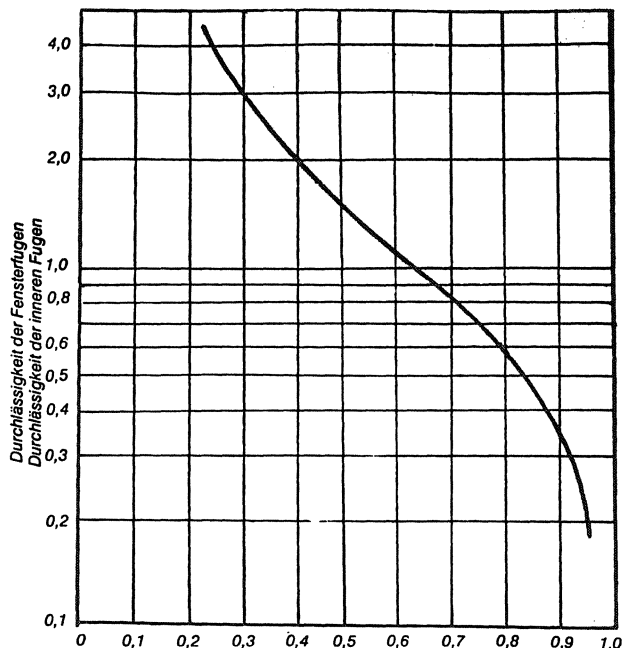


Bild 8: Korrekturfaktor für die nach Bild 7 ermittelten Luftmengenströme in Abhängigkeit vom Verhältnis zwischen äußeren und inneren Fugendurchlässigkeiten (nach Jackmann).

Auch dieser Wert liegt jedoch noch deutlich über der Fensterfugendurchlässigkeit allein (1,1 m³/hm).

Aus diesen Untersuchungen ist zu entnehmen, daß die Gesamtdurchströmung eines Gebäudes von den inneren Strömungswiderständen abhängig ist. Sie kann also durchaus trotz undichter Außenhaut gering sein, wenn die inneren Strömungswiderstände groß sind. Bei einem Verhältnis der Durchlässigkeit der Fensterfugen zu der Durchlässigkeit der inneren Fugen $\leq 0,3$ kann allerdings der in Bild 7 ermittelte Wert eingesetzt werden. Die inneren Strömungswiderstände sind dann ohne nennenswerte Auswirkung.

3.3 Vergleich der Fensterdichtigkeitsanforderungen mit den Möglichkeiten der Luftzufuhr infolge Temperatur- und Druckdifferenz

In den Abschnitten 3.2 und 3.3 wurden die Möglichkeiten der Luftzufuhr infolge Temperatur- und Druckdifferenz aufgezeigt. Es ist nun zu prüfen, ob unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Dichtigkeit der Fenster die hygienisch notwendigen Lufraten ohne zusätzliche Maßnahmen in die Räume gelangen können. Es wird nochmals das bereits unter Abschnitt 3.2 dargelegte Beispiel zugrunde gelegt.

Der notwendige Luftwechsel für den betrachteten Raum betrug 1,7 h⁻¹. Über die Fensterfugen ist bei Annahme eines Druckunterschiedes zwischen außen und innen von 0,01 KN/m² nur ein Anteil von 10% dieses Bedarfs zu decken.

Die bereits erwähnten Zusatzeinflüsse (Gesamtdurchströmung des Gebäudes, Luftaustausch über Türen, zusätzliche Fugen in der Gebäudeaußenwand) sowie die auch zu berücksichtigende Luftzufuhr infolge von Temperaturdifferenzen lassen den genannten Luftwechselwert auf jeden Fall noch ansteigen.

So könnte z. B. davon ausgegangen werden, daß sich dieser Wert infolge

a) der Temperaturdifferenz um 50–60%

b) der Gesamtdurchlüftungsverhältnisse in dem betrachteten Bau um 50–100%

c) zusätzlicher Außenwandundichtigkeiten um 20% erhöht.

Damit würde dann eine Luftwechselzahl von z. B. 0,4 oder 0,5-1 erreicht.

Derartige Luftwechselzahlen wurden in vielen praktischen Meßreihen tatsächlich ermittelt. Um eine überschlägige Berechnung des gesamten Wärmeverlustes für ein Bauwerk vornehmen zu können, wurde in dem Beiblatt zu DIN 4108 Abschnitt 2.3 vorgeschlagen, eine Luftwechselzahl von 0,8 h⁻¹ einzusetzen. Die Gleichung lautet:

$$Q_{ges} = (k_m \cdot \frac{F}{V} + 0,2) \cdot V \cdot \Delta\theta$$

Die gemäß den Forderungen von DIN 1946 ermittelte Luftwechselzahl von 1,7 h⁻¹ ist jedoch nicht erreichbar. Auch eine wesentliche Erhöhung der Fensterfugendurchlässigkeit läßt diesen Luftwechsel noch bei weitem nicht erreichen. Dabei ist auch daran zu denken, daß die Gesamtdurchlüftung des Gebäudes, also auch die Dichtigkeit der Innentüren, von wesentlichem Einfluß auf die Luftwechselzahl ist. Eine Verringerung der inneren Strömungswiderstände würde jedoch u. U. eine spürbare Erhöhung der Luftgeschwindigkeit und damit Zugbelastungen zur Folge haben.

Das derzeit infolge der nahezu unübersehbaren Einflüßvielfalt äußerst schwer vorauskalkulierbare Problem der natürlichen Wohnungs- bzw. Raumbelüftung würde bei einer Erhöhung der zulässigen Fenster-Fugendurchlässigkeiten völlig aus den Fugen geraten.

Alle Bemühungen in den letzten Jahren, den Wärme- und Schallschutz von Gebäuden heutigen Erfordernissen anzupassen, wären umsonst.

Die Differenz zwischen der sogenannten „natürlichen Belüftung“ oder „Selbstlüftung“ und dem hygienisch erforderlichen Luftwechsel muß vielmehr mit

a) vermehrter Anwendung des Prinzips der Stoßlüftung oder

b) mit Einbau regulierbarer und im Bedarfsfall dicht schließender Belüftungseinrichtungen ausgeglichen werden.

In diesem Zusammenhang ist jedoch auch deutlich zu machen, daß es nicht das erklärte Ziel sein darf, die Fugendurchlässigkeit auf Werte zu reduzieren, die weit unterhalb der jetzigen oberen Grenznormwerte liegen. Wenn es vereinzelt bereits zu deutlichen Störungen gekommen ist, so sind hier meist Fenster eingebaut worden, deren Fugendurchlaßkoeffizienten α unter 0,1 m³/hm betragen.

Eine Ausnahme bilden hier allerdings Schalldämmfenster. Dies gilt insbesondere für Fenster der Schallschutzklasse 3, 4 und 5. Die Fugendichtigkeit spielt hier eine dominierende Rolle. Die gemäß DIN 18 055 maximal zulässigen Werte müssen hier z. T. erheblich unterschritten werden, wenn das für die Konstruktion maximal erreichbare Schalldämmmaß angestrebt wird.

Die Probleme der Raumbelüftung ergeben sich somit bei Einsatz von Schallschutzfenstern in verstärktem Maße, zumal die gerade in den wärmeren Jahreszeiten so wichtigen intensiven Raumbelüftungen durch Fensteröffnung praktisch entfallen. Als Lösung können hier nur die Prinzipien der Stoßlüftung sowie des Einbaues schallgedämmter Lüftungen genannt werden. Die Wirksamkeit der Stoßlüftung ist durchaus beachtlich und es kann nahezu in jedem Fall mit Ausnahme bei Schalldämm- und Belüftungsproblemen in Schlaf- und Übernachtungsräumen angewendet werden.

Beispiel:

Schulraum	
Raumgröße:	9 × 7 m
Raumhöhe:	4 m
Raumvolumen:	252 m ³
Personenzahl:	5 Erwachsene
	26 Schüler
spez. Luftvolumen:	8,1 m ³ /Person
Wetter:	sonnig, wolkenlos, leichte Luftbewegung
Außentemperatur:	19° C gegen 10.30 Uhr, 20° C gegen 11.30 Uhr,
Außenluftfeuchte:	43% bei 19° C

Aus dem Bild 9 ist der Verlauf der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit und des CO₂-Gehalts erkennbar.

Messung mit Fensterlüftung

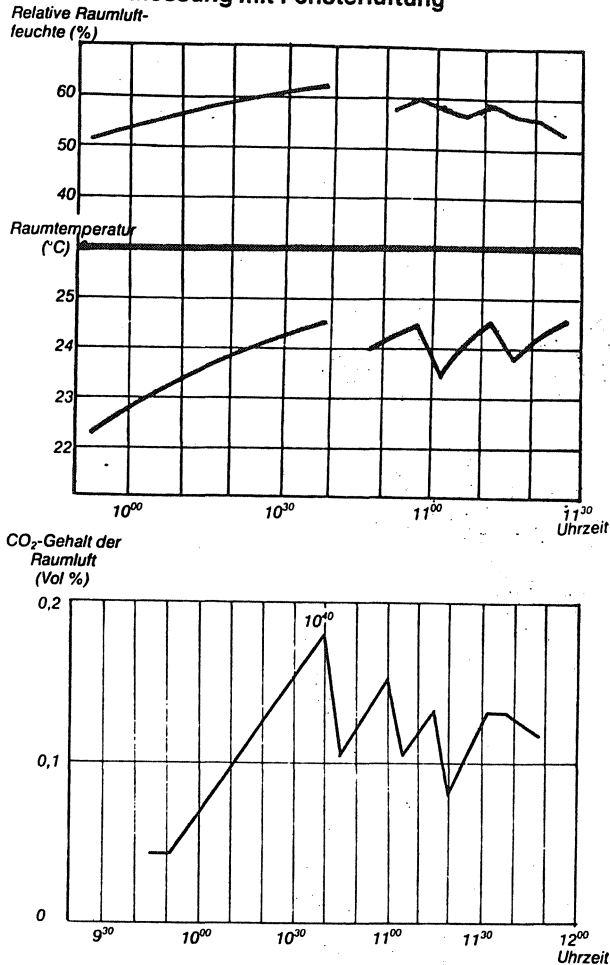


Bild 9: Verlauf der Luftfeuchtigkeit, der Temperatur und des CO₂-Gehalts der Raumluft in einem Schulraum.

Der CO₂-Gehalt stieg von einem Grundpegel von 0,043% während der 1. Unterrichtsstunde bei geschlossenen Fenstern stetig bis auf 0,18 Vol % an. Während einer 5-minütigen Pause, in der die Schüler im Raum blieben, ging der CO₂-Gehalt durch das Öffnen der Fenster auf 0,10 Vol % zurück. Der Ausgangspegel wurde nicht erreicht.

Während der 2. Stunde wurden die Fenster zweimal für die Dauer von 5 Minuten während des Unterrichts geöffnet. Dabei zeigte sich bei geschlossenen Fenstern jeweils ein Anstieg des CO₂-Gehaltes in der Raumluft entsprechend dem Verlauf in der 1. Stunde und bei offenen Fenstern ein Abfall des CO₂-Gehaltes wie in der Pause. Im Mittel gesehen nahm jedoch der CO₂-Gehalt in der Raumluft im Verlauf der 2. Stunde durch das Lüften etwas ab.

Die Raumtemperatur und die Raumluftfeuchtigkeit weisen ein dem CO₂-Gehalt entsprechendes Verhalten auf.

Insgesamt konnte also durch die Stoßlüftungen erreicht werden, daß die Pettenkoferzahl von 0,1 Vol % CO₂ im Mittel eingehalten wurde.

Auf die vielfältigen Möglichkeiten der Dauerbelüftung mit schalldämmten Lüftern soll hier nicht näher eingegangen werden. Mit derartigen Geräten, insbesondere mit Gebläselüftern, lassen sich Raumbelüftungen „nach Maß“ erreichen, wobei die Problematik weniger in der Technik sondern mehr in den Kosten angesiedelt ist.

Literaturnachweis

- [1] Reinders, H.: Energieeinsparung durch Anwendung von Erkenntnissen der Bauphysik
HLH 28 (1977) S. 135-140
- [2] Tamura, G. T. und Wilson, A. G.: Air leakage and pressure measurements on two occupied houses
ASHRAE-Journ. 5 (1963) Dec., S. 65/73
- [3] Georgii, H. W.: Über die Selbstlüftung von Wohnräumen und ihre Bedeutung für Bioklimatologie und Hygiene. Zs. für angewandte Bäder- und Klimatherapie 1 (1954) S. 226/34
- [4] Froelich, H.: Reduzierung des Energieverbrauches in Wohnungen
Forschungsbericht des Instituts für Fenstertechnik e. V., Rosenheim; 1974
- [5] Jackman, P. J.: A study of the Natural Ventilation of Tall Office Buildings,
IHVE-Journ. 38 (1970) S. 103/118

Rigips hat das komplette Angebot für alle Aufgaben des Ausbaus. Zukunftssichere, praxisbewährte Konstruktionen und das umfassende Know-how kennzeichnen die Systemvielfalt: Das große Programm mit Wand- und Deckenbekleidungen, Montagewänden und Akustiklecken, für Brand-, Schall- und Wärmeschutzkonstruktionen. Die breite Produktpalette mit Bau-, Feuer- und Spezialplatten, Mineralfaser-Deckenplatten, Glasfaser- und Metallkassetten, Gips-Systemputzen, Metallprofilen und gesamtem Systemzubehör. Rigips - das ist Sicherheit und Service von der Projektierung bis zur Bauausführung. Sprechen Sie mit uns, wenn es um den Innenausbau geht.

Rigips, 3482 Bodenwerder