

1 Unsere Gebäude haben Ritzen, durch die ständig Luft strömt

- A Freie (natürliche) Lüftung, Luftwechsel (LW oder β (Beta))
- B Wir brauchen frische Luft zum Atmen
- C Wir brauchen frische Luft um die Feuchtigkeit aus den Gebäuden heraus zu transportieren
- D Kontrollierte Wohnraum-Lüftung

2 Berechnung der strömenden Luft

Alle Aufgaben sind ausführlich vorgerechnet!

- A Luftwechselrate: $\beta = \frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Raumvolumen}}$
 - B Hygienische Mindest-Luftwechselrate
 - C Querlüftung durch Öffnen von Fenstern
 - D Auslegung eines Klein-Lüfters
 - E Übungsaufgaben zu Luftwechsel und Strömungsgeschwindigkeit
- $\dot{V} = A \cdot v$ Volumenstrom = Querschnitt mal Geschwindigkeit

1 Unsere Gebäude haben Ritzen, durch die ständig Luft strömt

Durch Fenster und Türen eines Hauses dringt Luft in das Haus (in die Räume) hinein, auch wenn die Fenster und Türen geschlossen sind. Die Fensterdichtungen sind nicht ganz dicht, die Türen ebenfalls nicht. Auch wenn alle Türen und Fenster in einer Wohnung geschlossen sind, dringt trotzdem Außenluft in die Wohnung hinein und an irgendeiner Stelle wieder hinaus. Durch die Fugen (Ritzen der undichten Fenster und Außentüren) dringt Luft in die Wohnung, durch andere Ritzen strömt die Luft auch wieder hinaus. So wird ganz von selbst verbrauchte Luft in der Wohnung durch neue unverbrauchte frische Luft ersetzt.

A Diese Art der Lüftung nennt man auch „freie“ oder „natürliche“ Lüftung. Man geht im Allgemeinen davon aus, dass in einer Stunde 40 % der Luft im Haus ausgetauscht wird. Nach 2,5 Stunden wäre also die gesamte Luft im Haus erneuert. Das Maß für den **Luftwechsel** hat den Buchstaben „ β “ (Beta) manchmal auch mit „LW“ bezeichnet.

B Das Hineinströmen von frischer Luft ist notwendig, da wir ständig frische Luft zum Atmen brauchen. Wäre dieser ständige (automatische) Luftaustausch nicht vorhanden, würden wir an unseren eigenen Abgasen (CO₂) ersticken.

C Ein weiterer wichtiger Grund für den Luftaustausch ist die Feuchtigkeit die sich in geschlossenen Räumen bildet. Wir geben ständig Feuchtigkeit an die Luft ab (besonders beim Schwitzen). Aber auch durch Kochen und Duschen wird sehr viel Feuchtigkeit abgegeben. Diese Feuchtigkeit ist dann in der Luft. Die Luft kann aber nur eine begrenzte Menge Feuchtigkeit (Wasser) aufnehmen. Wenn die Luft zu feucht wird, kann es sein dass die Luft dieses dampfförmige Wasser bei der nächst besten Gelegenheit wieder abgibt. ([siehe auch hier](#)). Das könnte die kalte Fensterscheibe sein, oder eine kalte Stelle an einer Wand (Kältebrücke). An der Fensterscheibe würde das Wasser herunterlaufen, an der Wand würde es in die Tapete und evtl. in die Wand eindringen und dort einen idealen Nährboden für Pilze bilden. Diese Pilze sondern Sporen ab, diese Sporen atmen wir ein und können davon krank werden. Deshalb ist es besser, die feuchte Luft wird schnell aus dem Raum heraus transportiert, bevor sie eine kalte Stelle findet wo sie ihre „Wasserfracht“ abladen kann.

D Unsere Fenster und Türen werden immer besser abgedichtet. Die „freie“ oder „natürliche“ Lüftung wird dadurch immer mehr behindert (verschlechtert). Das Ziel dieses immer besseren Abdichtens ist ja eigentlich, Heizenergie zu sparen. Leider wird die Innenluft dadurch auch feuchter und die Feuchtigkeitsschäden nehmen zu. Dieses Dilemma hat dazu geführt, immer häufiger Lüfter einzubauen, die die „verbrauchte“ Luft absaugen. Diese „Absaug“-Lüfter werden dort eingebaut, wo die Luft „am schlechtesten“ ist: Im Bad (sehr feuchte Luft) und in der Küche (sehr feucht und starke Gerüche). Die Luft wird aus den belasteten Räumen (Abluft-Räume) nach draußen abgesaugt. Von draußen strömt frische Luft von selbst nach (durch die Ritzen an Fenstern und Türen). Bei der **„kontrollierten“ Wohnraum-Lüftung** geht man noch einen Schritt weiter: Das Einströmen der frischen Luft wird nicht dem Zufall überlassen: Hier übernehmen Lüfter auch das Einströmen von frischer Luft in sogenannte „Zuluft-Räume“ (Schlafzimmer und Wohnzimmer).

Dieses Vorgehen hat folgende Vorteile:

- Die Belüftung ist immer gleich (gut), egal ob es draußen stürmt, windstill ist oder schneit, oder.....
- Die Wärme, welche mit der Abluft nach draußen transportiert wird, kann „abgefangen“, wieder verwertet werden. Die Luftkanäle der warmen Innenluft (die nach außen strömt), gibt ihre Wärme an die einströmende frische Luft ab (im Kreuz-Strom-Wärmetauscher).
- Filter verhindern das Einströmen von Staub aus der Außenluft. Es können spezielle Pollen-Filter eingesetzt werden, welche die Allergiker schützen.

Nachteile der kontrollierten Wohnraumlüftung:

- Mehrkosten durch das Installieren Wohnraum-Lüftungs-Anlage (Kanäle, Lüfter u. Wärmetauscher)
- Betriebskosten (Elektrischer Strom und Wartung (Filterwechsel, Reinigung der Kanäle und Wärmetauscher))

2 Berechnung der strömenden Luft

$$\mathbf{A} \quad \beta = \frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Raumvolumen}}$$

Beispiel: Würde durch einen Raum der Größe 35 m^3 ein Volumenstrom von $15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ strömen, wäre die Luftwechselrate:

$$\beta = \frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Raumvolumen}}$$

$$\beta = \frac{15 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{35 \text{ m}^3} = \frac{15 \cancel{\text{m}^3}}{35 \cancel{\text{m}^3} \text{ h}}$$

$$\beta = 0,428 \frac{1}{\text{h}} \approx 0,43 \frac{1}{\text{h}}$$

Aufg. 1: Durch einen Raum mit einem Volumen von 65 m^3 strömen 23 m^3 Luft pro Stunde. Wie groß ist die Luftwechselrate β ?

Aufg. 2: Durch einen Raum mit einem Volumen von 105 m^3 strömen 53 m^3 Luft pro Stunde. Wie groß ist die Luftwechselrate β ?

Aufg. 3: Die Luftwechselrate beträgt: $\beta = 0,35 \frac{1}{\text{h}}$ Es strömen 75 m^3 Luft pro Stunde durch den Raum. Wie groß ist der Raum?

Aufg. 4: Die Luftwechselrate beträgt: $\beta = 0,5 \frac{1}{h}$ Es strömen 115 m^3 Luft pro Stunde durch den Raum.
Wie groß ist der Raum?

B Aus **hygienischen** Gründen muss die Luftwechselrate mindestens $0,3 \frac{1}{h}$ (dann ist gewährleistet, dass wir nicht krank werden).

Aufg. 5: Die hygienisch mindestens geforderte Luftwechselrate beträgt: $\beta = 0,3 \frac{1}{h}$
Ein Raum hat folgende Maße: Höhe: 2,5 m, Länge: 5,6 m, Breite: 4,3 m.
Wie viel m^3 Luft müssen pro Stunde mindestens durch diesen Raum strömen, damit die Mindest-Hygiene-Anforderung erfüllt ist?

Oft muss aber noch zusätzlich gelüftet werden, zB. wenn sich viele Menschen in einem Raum befinden, wenn in der Küche gekocht wird, oder wenn es einfach so windstill ist, dass es fast keine natürliche Lüftung gibt.

C Man kann zusätzlich lüften indem man Türen oder Fenster öffnet. Querlüftung nennt man es, wenn einander gegenüber liegende Fenster oder Türen geöffnet werden.

Aufg. 6: Wie groß ist die Luftwechselrate beim Lüften, mit:

- A Völlig geöffnetem Fenster ohne Querlüftung ?
- B Völlig geöffnetem Fenster mit Querlüftung ?
- C Gekipptes Fenster ohne Querlüftung ?
- D Gekipptes Fenster mit Querlüftung ? (siehe Tab.-Buch)

Aufg. 7: Wie groß ist die Luftwechselrate ohne Lüften (Fenster und Türen zu), mit:

- A Alten Fenstern und Türen (bis 1980)? $\rightarrow \beta = 0,1$ bis $0,5$
- B Neuen Fenstern und Türen (technisch aktueller Stand)? (siehe Tab.-Buch)

Es gibt auch Räume, die man gar nicht lüften kann, weil kein Fenster vorhanden ist, zB. Badezimmer. Da aber in Bädern besonders viel Feuchtigkeit auftritt, müssen hier besondere Maßnahmen ergriffen werden um die Feuchtigkeit heraus zu transportieren. Eine einfache Lösung bieten kleine Lüfter die über einen Schacht oder einen Kanal die feuchte Luft ins Freie transportieren.

D Auslegung eines Klein-Lüfters:

Zum Aussuchen eines Lüfters muss man wissen wie viel Luftvolumen er transportieren können muss (**Volumenstrom** \dot{V}) und wie viel Druck er aufbauen können muss. Die Standart-Lüfter sind so ausgelegt, dass sie den nötigen Druck immer aufbringen. Man muss nur den Luftvolumenstrom ermitteln. Die Einstellung am Kleinlüfter selbst erfolgt dann in der Regel durch das verschließen von

Öffnungen. Je weniger der Lüfter leisten soll, desto mehr Öffnungen werden verschlossen. Soll der Lüfter die volle Leistung bringen, wird keine Öffnung verschlossen.

Beispiel: Für ein Bad wird ein Luftwechsel LW (β) von $3 \frac{1}{h}$ gefordert.

Das bedeutet, wenn der Lüfter läuft, wird die Luft des Bades in einer Stunde 3 Mal ausgetauscht.

Die Raummaße sind: Länge 3,1 m Breite 2,6 m Höhe 2,3 m

Damit ergibt sich das **Raumvolumen** wie folgt:

$$V_{Raum} = \text{Länge} \cdot \text{Breite} \cdot \text{Höhe}$$

$$V_R = 3,1 \text{ m} \cdot 2,6 \text{ m} \cdot 2,3 \text{ m}$$

$$V_R = 18,538 \text{ m}^3$$

$$V_R \approx \mathbf{18,5 \text{ m}^3}$$

$$\beta = \frac{\text{Volumenstrom}}{\text{Raumvolumen}}$$

$$\beta \cdot \text{Raumvolumen } V_R = \text{Volumenstrom } \dot{V}$$

$$\text{Volumenstrom } \dot{V} = \beta \cdot \text{Raumvolumen } V_R$$

$$\text{Volumenstrom } \dot{V} = 3 \frac{1}{h} \cdot 18,5 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumenstrom } \dot{V} = \mathbf{55,5 \frac{\text{m}^3}{h}}$$

Mit diesem Wert geht man in die Herstellerunterlagen und sucht einen Lüfter aus, der diesen Volumenstrom aufbringen kann. Der Druck braucht im Normalfall nicht beachtet werden.

E Weitere Übungsaufgaben zur Ermittlung von Luftwechsel und Strömungsgeschwindigkeit

Aufg.: 8

Ermittle den erforderlichen Volumenstrom für folgenden Fall:

Raummaße:

Länge 3,6 m

Breite 2,8 m

Höhe 2,5 m

$\beta = 2 \frac{1}{h}$ (Luft-Wechsel)

Volumenstrom = Querschnitt mal Geschwindigkeit

$$\dot{V} = A \cdot v$$

Aufg.: 9

A Ermittle den erforderlichen Volumenstrom für folgenden Fall:

Raummaße:

Länge 3,6 m

Breite 3,8 m

Höhe 2,5 m

$$\beta = 3 \frac{1}{h} \quad (\text{LW})$$

- B Der Abluftkanal ist rechteckig 230 mm x 80 mm. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde in dem Abluftkanal?

$$A = a \cdot b$$

$$A = 0,23 \text{ m} \cdot 0,08 \text{ m}$$

$$\underline{A = 0,0184 \text{ m}^2}$$

$$\frac{\dot{V}}{A} = v$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

$$v = \frac{102,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{0,0184 \text{ m}^2}$$

$$v = \frac{102,6 \text{ m}^3}{0,0184 \text{ m}^2 \text{ h}}$$

$$v = 5576,08 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

$$v = 5576,08 \frac{\text{m}}{3600 \text{ s}}$$

$$v = \frac{5576,08 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$$

$$\underline{v = 1,548 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

Aufg.: 10

- A Ermittle den erforderlichen Volumenstrom für folgenden Fall:

Raummaße:

Länge 4,6 m

Breite 2,8 m

Höhe 2,5 m

$$\beta = 3 \frac{1}{h} \quad (\text{LW})$$

- B Der Abluftkanal ist rund und hat einen Durchmesser von 100 mm. Wie groß ist die Strömungsgeschwindigkeit in dem Abluftkanal?

$$A = d^2 \cdot \frac{\pi}{4} \quad \text{oder} \quad A = r^2 \cdot \pi$$

$$A = (0,1 \text{ m})^2 \cdot \frac{3,14}{4}$$

$$A = 0,01 \text{ m}^2 \cdot 0,785$$

$$\underline{A = 0,00785 \text{ m}^2}$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

$$v = \frac{96,6 \frac{m^3}{h}}{0,00785 m^2}$$

$$v = \frac{96,6 m^3}{0,00785 m^2 h}$$

$$v = 12305,73 \frac{m}{h}$$

$$v = 12305,73 \frac{m}{3600 s}$$

$$v = \frac{12305,73 m}{3600 s}$$

$$v = 3,4183 \frac{m}{s}$$

Ein weiterer Grund für Schimmelbildung in Innenräumen kann auch die mangelnde Beheizung sein, diesen Mangel kann eine Lüftung nicht ausgleichen.

Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit in Lüftungskanälen:

In einem Luftkanal strömt die Luft nicht an jeder Stelle gleich schnell. Um die Strömungsgeschwindigkeit zu bestimmen muss man viele Messungen machen. Man misst an vielen unterschiedlichen Stellen im Kanal, in der Mitte, am Rand oben, am Rand unten, mehr zur Mitte hin unten, mehr zur Mitte hin oben, usw. Man bekommt auf diese Art viele unterschiedliche Messergebnisse für die Strömungsgeschwindigkeit. Um dann einen Mittelwert zu bekommen geht man folgendermaßen vor:

Alle Einzelmessungen werden addiert und dann durch die Anzahl der Messungen dividiert. Dieser Durchschnittswert ist dann die **Durchschnitts-Geschwindigkeit** mit der zB der Volumenstrom ermittelt werden kann.

$$v_{\text{Durchschnitt}} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{12}}{12}$$

$$\text{Durchschnittsgeschwindigkeit} = \frac{\text{Summe aller einzelnen Messungen}}{\text{Anzahl der einzelnen Messungen}}$$

Lösungen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0,35 $\frac{1}{h}$	0,5 $\frac{1}{h}$	214m ³	230 m ³	18,06 $\frac{m^3}{h}$	8 bis 15 25 bis 40 0,8 bis 2,5 2 bis 4 $\frac{1}{h}$	B) 0,05 bis 0,4 $\frac{1}{h}$	50,4 $\frac{m^3}{h}$	102,6 $\frac{m^3}{h}$ 1,55 $\frac{m}{s}$	96,6 $\frac{m^3}{h}$ 3,41 $\frac{m}{s}$		