

Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster mit Ventilatoren

Rechnerischer Nachweis der ausreichenden Volumenströme

DIN
18 017
Blatt 4

Ventilation of bathrooms and wash-down-closets without outside windows with ventilators;
rules for the calculation of the air flow requirements

Inhalt

	Seite		Seite
1. Allgemeines	1	4.2.4. Gesamtdruckabnahme vom Raum bis zu einem beliebigen Leitungsquerschnitt	3
2. Begriffe	1	4.3. Nachweis der ausreichenden Volumenströme ..	3
3. Größen und Einheiten	2	4.3.1. Ventilatorbedingungen	3
4. Strömungstechnische Grundlagen	2	4.3.2. Knotenbedingungen	3
4.1. Rechnerische Volumenströme und mittlere Strömungsgeschwindigkeit	2	5. Hinweise zum Rechnungsgang	4
4.1.1. Rechnerische Volumenströme durch Abluftöffnungen	2	5.1. Numerischer Rechnungsgang	4
4.1.2. Kontinuitätsgleichung	2	5.2. Vereinfachter Rechnungsgang für Zentral-entlüftungsanlagen mit gemeinsamen Hauptleitungen	4
4.1.3. Rechnerische Volumenströme in Leitungsquerschnitten	2	5.2.1. Gesamtdruckabnahme in Abluftöffnungen ..	4
4.1.4. Ermittlung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit	2	5.2.2. Zusammengefaßte Rechnung für mehrere Leitungsabschnitte	4
4.2. Gesamtdruckabnahme	3	6. Rechenbeispiel	4
4.2.1. Druckgleichung	3	6.1. Beschreibung der Lüftungsanlage	4
4.2.2. Gesamtdruckabnahme in Teilstrecken	3	6.2. Erläuterungen zur numerischen Rechnung	4
4.2.3. Gesamtdruckabnahme in Formstücken	3	6.3. Numerische Rechnung	9

1. Allgemeines

Die ausreichenden Volumenströme von Lüftungsanlagen von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster sind eine wesentliche Voraussetzung für ein hygienisches Raumklima in den ganzen zugehörigen Aufenthaltsbereichen. Erhebliche Mängel bei der Bemessung ausgeführter Anlagen können häufig nicht oder nur mit großem Aufwand beseitigt werden.

Darum sollen die ausreichenden Volumenströme bereits bei der Planung rechnerisch nachgewiesen werden. Mit Hilfe dieser Norm kann der Nachweis für Lüftungsanlagen nach DIN 18 017 Blatt 3 hinreichend genau geführt werden.

Die angegebenen Gleichungen sind Größengleichungen.

2. Begriffe

Formstücke sind Leitungsteile, in denen Volumenströme vereinigt, umgelenkt, eingeeengt oder erweitert werden. Abluft- und Auslaßöffnungen gelten als Formstücke.

Abzweige sind Formstücke, in denen Volumenströme vereinigt werden. Ein Leitungsteil, in dessen Wand eine Abluftöffnung angeordnet ist, gilt als Abzweig.

Knotenpunkte sind Schnittpunkte der Leitungsachsen in Abzweigen.

Teilstrecken umfassen die zusammenhängenden Rohre und Krümmer, die gleiche mittlere Rauheitshöhe und kongruente Querschnitte haben.

Leitungsabschnitte liegen zwischen zwei Knotenpunkten oder einem Knotenpunkt und einer Abluftöffnung, Auslaßöffnung oder einem Ventilator. Leitungsabschnitte können eine oder mehrere Teilstrecken enthalten.

Fortsetzung Seite 2 bis 9

Fachnormenausschuß Bauwesen (FNBau) im Deutschen Normenausschuß (DNA)
Arbeitsgruppe Einheitliche Technische Baubestimmungen (ETB)
Fachnormenausschuß Heizung und Lüftung (FNHL) im DNA



Documents

Document Sharing Hub

3. Größen und Einheiten

Tabelle 1

Formelzeichen	Benennung	SI-Einheiten einschließlich abgeleitete Einheiten	bisher übliche Einheiten
$\dot{V}$	Volumenstrom	m^3/s	m^3/s
V	Raumvolumen	m^3	m^3
n	Luftwechselzahl	$1/\text{s}$	$1/\text{s}$
$\bar{v}$	mittlere Strömungsgeschwindigkeit	m/s	m/s
d	Durchmesser	m	m
d_h	hydraulischer Durchmesser	m	m
a, b	Seitenlängen eines Rechtecks	m	m
A	Querschnittsfläche	m^2	m^2
U	Umfang eines Querschnitts	m	m
l	Länge	m	m
ρ	Dichte	kg/m^3	—
γ	Wichte	—	kp/m^3 *)
p_s	statischer Druck	N/m^2	$\text{kp}/\text{m}^2 \triangleq \text{mm WS}^*)$
p_d	dynamischer Druck	N/m^2	$\text{kp}/\text{m}^2 \triangleq \text{mm WS}$
p_t	Gesamtdruck	N/m^2	$\text{kp}/\text{m}^2 \triangleq \text{mm WS}$
Δp_t	Abnahme des Gesamtdrucks (Gesamtdruckabnahme)	N/m^2	$\text{kp}/\text{m}^2 \triangleq \text{mm WS}$
λ	Rohrreibungszahl	—	—
k	mittlere Rauheitshöhe	mm	mm
R_o	Gesamtdruckabnahme je laufenden m hydraulisch glatter Leitung ($k = 0$)	$\text{N}/\text{m}^2 \text{ m}$	$\text{kp}/\text{m}^2 \text{ m} \triangleq \text{mm WS}/\text{m}$
R_k	Gesamtdruckabnahme je laufenden m Leitung mit der mittleren Rauheitshöhe k	$\text{N}/\text{m}^2 \text{ m}$	$\text{kp}/\text{m}^2 \text{ m} \triangleq \text{mm WS}/\text{m}$
ξ	Widerstandszahl $[(p_{t1} - p_{t2})/p_{d1}]$	—	—

4. Strömungstechnische Grundlagen

4.1. Rechnerische Volumenströme und mittlere Strömungsgeschwindigkeit

Die Veränderung des Volumens der Abluft durch Temperatur- und Druckänderung wird nicht berücksichtigt.

4.1.1. Rechnerische Volumenströme durch Abluftöffnungen

Der Volumenstrom $\dot{V}$, der eine Abluftöffnung durchströmen soll, ergibt sich aus dem Raumvolumen V des zu lüftenden Raumes und der Luftwechselzahl n nach der Gleichung

$$\dot{V} = V \cdot n \quad (1)$$

Die Luftwechselzahl bzw. der Volumenstrom ist für alle an eine Lüftungsanlage angeschlossenen gleichartigen Bäder und Spülaborte einheitlich entsprechend DIN 18 017 Blatt 3 (Ausgabe August 1970) Abschnitt 4.1.1 zu wählen. Es wird empfohlen, der Planung der Lüftungsanlagen mindestens das 1,2fache der kleinsten zulässigen Volumenströme zugrunde zu legen.

*) 1 kp $\approx$ 9,81 N; die Einheiten kp und mm WS sind nach der Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 26.6.1970 nur noch bis zum 31.12.1977 zugelassen.

4.1.2. Kontinuitätsgleichung

Wegen der Dichtheit der Leitungen und der Voraussetzungen des Abschnittes 4.1 gilt für die Volumenströme in Leitungsabschnitten und Abzweigen folgendes:

Die Volumenströme durch beliebige Querschnitte 1 und 2 eines Leitungsabschnitts sind einander gleich.

$$\dot{V}_1 = \dot{V}_2 \quad (2)$$

Der aus einem Abzweig austretende Volumenstrom $\dot{V}_\beta$ ist gleich der Summe der in den Abzweig eintretenden Volumenströme $\dot{V}_\alpha$.

$$\dot{V}_\beta = \sum \dot{V}_\alpha \quad (3)$$

4.1.3. Rechnerische Volumenströme in Leitungsquerschnitten

Die rechnerischen Volumenströme werden für alle Leitungsabschnitte und Abzweige aufgrund der rechnerischen Volumenströme durch die Abluftöffnungen, bei diesen beginnend und in Strömungsrichtung fortlaufend, mittels der Gleichungen (2) und (3) berechnet. Dazu wird bei jedem Rechenschritt auf zuvor ermittelte Ergebnisse zurückgegriffen.

4.1.4. Ermittlung der mittleren Strömungsgeschwindigkeit

Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit $\bar{v}$ in einem Leitungsquerschnitt ergibt sich aus dem rechnerischen Volumenstrom $\dot{V}$ und der Querschnittsfläche A aus der Gleichung

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

Documents

Document Sharing Hub

4.2. Gesamtdruckabnahme

Änderungen des atmosphärischen Drucks — mit Ausnahme der Änderung gemäß DIN 18 017 Blatt 3 (Ausgabe August 1970) Abschnitt 4.1.2 Satz 2 — und der Ortshöhe der Abluft bleiben unberücksichtigt.

4.2.1. Druckgleichung

Bei zeitlich unveränderlicher (stationärer) Strömung reibungsfreier Flüssigkeiten gilt die Bernoullische Energiegleichung. Werden die Energieanteile auf das Volumen bezogen, ergibt sich die Druckgleichung:

$$p_d + p_s = p_t = \text{const.} \quad (5)$$

Dabei ist

$$p_d = \frac{\rho}{2} \cdot \bar{v}^2 \quad \text{oder} \quad p_d = \frac{\gamma}{2g} \cdot \bar{v}^2 \quad (6)$$

Für die Dichte wird $1,2 \text{ kg/m}^3$, für die Wichte $1,2 \text{ kp/m}^3$ — die für Abluft von 20°C bei einem Druck von $101\,325 \text{ N/m}^2$ ($= 10332 \text{ kp/m}^2$, 1013 mbar oder 760 Torr) geltenden Werte — eingesetzt.

Abluft erfährt beim Durchströmen einer Lüftungsleitung vom Querschnitt 1 zum Querschnitt 2 einen Energieverlust. Dieser entspricht, auf das Volumen bezogen, einer Gesamtdruckabnahme, die mit positivem Vorzeichen angegeben und mit Δp_t bezeichnet wird. Mit Berücksichtigung der Gesamtdruckabnahme lautet die Druckgleichung:

$$p_{t1} = p_{t2} + \Delta p_{t, 1-2} \quad (7)$$

4.2.2. Gesamtdruckabnahme in Teilstrecken

Die Gesamtdruckabnahme eines Volumenstroms in einer geraden Teilstrecke mit kreisförmigem Querschnitt ergibt sich aus der Gleichung

$$\Delta p_t = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot p_d = R_k \cdot l \quad (8)$$

Darin sind λ die Rohrreibungszahl, die von der mittleren Rauheitshöhe k abhängt, und l die Länge der Teilstrecke. Die mittlere Rauheitshöhe k ist aus Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2.

Leitungswerkstoff	Mittlere Rauheitshöhe k mm
Kunststoff, glatt	0,01
Asbest-Zement	0,1
Stahl, verzinkt	0,15
Betonglattstrich, glatte Betonfertigteile	0,8
Beton, roh	3
Mauerwerk	5

Bei der numerischen Rechnung werden den Längen der Teilstrecken die halben Längen der anschließenden Formstücke hinzugerechnet (siehe Abschnitt 4.2.3).

Bei Teilstrecken mit beliebigem Querschnitt kann die Gleichung (8) ebenfalls benutzt werden, wenn anstelle des Durchmessers d der hydraulische Durchmesser $d_h = 4 A/U$ (bei rechteckigem Querschnitt z. B. $d_h = 2 a b/(a + b)$) eingesetzt wird.

Der Wert R_k kann in Abhängigkeit vom hydraulischen Durchmesser d_h von der nach Gleichung (4) berechneten mittleren Strömungsgeschwindigkeit $\bar{v}$ und von der

mittleren Rauheitshöhe k aus Bild 1 entnommen werden. Bei kreisförmigem Querschnitt kann dabei anstatt von der mittleren Strömungsgeschwindigkeit $\bar{v}$ unmittelbar vom Volumenstrom $\dot{V}$ ausgegangen werden. Die Gesamtdruckabnahme infolge der Umlenkung des Volumenstroms in den zur Teilstrecke gehörenden Krümmern ist gesondert nach Abschnitt 4.2.3 zu errechnen.

4.2.3. Gesamtdruckabnahme in Formstücken

Die Gesamtdruckabnahme eines Volumenstroms durch Reibung an den Formstückwänden ist mit genügender Genauigkeit bei den Teilstrecken berücksichtigt (siehe auch Abschnitt 4.2.2). Die Gesamtdruckabnahme in Formstücken infolge Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen ergibt sich aus der Gleichung

$$\Delta p_t = \zeta \cdot p_{d1} \quad (9)$$

Dabei ist p_{d1} der dynamische Druck des Volumenstroms beim Eintritt in das Formstück.

Werte für die Widerstandszahlen ζ können der Tabelle 3 entnommen werden.

Für Abluftöffnungen mit Drosseleinrichtungen geben die Hersteller im allgemeinen die Gesamtdruckabnahme oder die Abnahme des statischen Drucks in Abhängigkeit vom Volumenstrom an. Aus der Abnahme des statischen Drucks und der mittleren Strömungsgeschwindigkeit $\bar{v}$ kann die Gesamtdruckabnahme mittels der Gleichungen (5) und (6) berechnet werden.

4.2.4. Gesamtdruckabnahme vom Raum bis zu einem beliebigen Leitungsquerschnitt

Die Gesamtdruckabnahme eines Volumenstroms vom Raum bis zu einem beliebigen Leitungsquerschnitt 1 ist gleich der Summe der Gesamtdruckabnahme in der Abluftöffnung und der Gesamtdruckabnahmen in den durchströmten Teilstrecken (einschließlich der Krümmer) und Abzweigen infolge der rechnerischen Volumenströme nach Abschnitt 4.1.

4.3. Nachweis der ausreichenden Volumenströme

Die ausreichenden Volumenströme sind nachgewiesen, wenn bei den rechnerischen Volumenströmen vom Ventilator die Ventilatorbedingungen und für alle Knotenpunkte die Knotenbedingungen erfüllt sind.

4.3.1. Ventilatorbedingungen

Die Ventilator Kennlinie (siehe Bild 3) muß zeigen,

- daß der Ventilator den rechnerischen Volumenstrom stabil mit einer Zunahme des Gesamtdrucks fördert, die der nach Abschnitt 4.2.4 berechneten Gesamtdruckabnahme zwischen Räumen und der Außenseite der Auslaßöffnung entspricht,
- daß die Bestimmung von DIN 18 017 Blatt 3 (Ausgabe August 1970) Abschnitt 4.1.2 erfüllt ist; die Änderung des Volumenstroms $\Delta \dot{V}$ durch die dort festgelegte Vergrößerung oder Verringerung des Unterschieds des statischen Drucks zwischen den entlüfteten Räumen und der Außenseite der Auslaßöffnung $\Delta (p_s)$ darf jeweils 20 % nicht überschreiten. Außerdem muß nachgewiesen werden, daß der Volumenstrom des Ventilators gegenüber dem kleinsten zulässigen Volumenstrom um mindestens 10 % bei einer dementsprechenden Zunahme des Gesamtdrucks gesteigert werden kann.

4.3.2. Knotenbedingungen

Die Gesamtdruckabnahme zwischen dem Raum und dem Ausgangsquerschnitt eines Abzweiges muß für alle im Abzweig zusammengeführten rechnerischen Volumenströme gleich groß sein.