

Technologie

Inhaltsverzeichnis

Begriffe	2
Begriffe und Umrechnungsfaktoren	3
Formelsammlung	4
Ventilatoren, allgemein	5
Audiobericht	7
Schall-Berechnungshilfen	8
Schallpegel in Räumen, Hallfelder	10
Ventilatordaten bei abweichender Dichte	11
Produktgruppierung nach Umweltklassen	12
Mollier-Diagramm, Details, Lufttemperatur -25 to +40 °C	13
Mollier-Diagramm, Lufttemperatur -25 to +55 °C	14
Berechnungshilfe für Druckabfall in Kanälen	15
Ventilatordaten	17
Berechnungsbeispiel	18

Begriffe

Dichte

Dichte (spezifisches Gewicht) drückt Masse pro Volumeneinheit aus. Die Einheit $1\text{Kg}/\text{m}^3$ wird für Gase benutzt.

Leistung

Internationale Einheit 1 Watt (1 W). Diese Einheit wird für alle Formen von Leistung gebraucht, z. B. elektrische Leistung, mechanische Leistung, Wärmeleistung. Mechanische Leistung in der Einheit 1 kW hat die gleiche Größenordnung wie die Einheit 1 PS (1 PS = 0,736 kW). Wärmeleistung in der Einheit 1 kW hat jedoch im Vergleich zu der früher benutzten Einheit 1 kcal/h eine vollständig andere Größenordnung (1 kW = 860 kcal/h).

Energie

Die internationale Einheit ist 1 Joule (1 J). $1\text{ J} = 1\text{ Ws} = 1\text{ Nm}$. In Fortsetzung wurde diese Einheit unter anderem für Wärmeenergie benutzt. $1\text{ kcal} = 4186\text{ J}$ oder $1\text{ kcal} = 4186\text{ kJ}$. $1\text{ J} = 2,38889 \times 10^{-4}\text{ kcal}$. Für elektrische Energie wird normalerweise die Einheit 1 kWh (1kWh = 3.600.000 Ws) verwendet.

Fluss

Fluss wird in der Zeiteinheit von 1 Sekunde (1 s) ausgedrückt. Volumen pro Zeiteinheit ist m^3/s ; dieser numerische Wert weicht stark von der bisher benutzten Einheit m^3/h ab. Grob gesagt entspricht $1\text{ m}^3/\text{h} = 2,8 \times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{s}$.

Masse - Gewicht - Kraft

Die internationale Einheit für Masse ist 1 Kilogramm (1 kg). Die kg-Einheit wird nur dazu benutzt, den materiellen Inhalt eines Körpers zu definieren, seine Masse. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Körper auf der Erde oder im All bewegt wird. Der Begriff Gewicht sollte als Synonym für Masse immer dann vermieden werden, wenn die Gefahr der Verwechslung besteht.

Gewicht bezieht sich auf den Einfluß der Schwerkraft auf eine Masse und ist somit kein Synonym. Das Gewicht eines Körpers verändert sich, wenn es zwischen verschiedenen Punkten der Erde bewegt wird.

In einem Satelliten bei $g = 0$ wird ein Körper zwar schwerelos (keine Schwerkraft) verliert aber nicht seine Masse.

Die internationale Einheit für Kraft ist 1 Newton (1 N). 1 N ist die Kraft, die benötigt wird, um 1 kg Masse auf $1\text{ m}/\text{s}^2$ zu beschleunigen. Diese Einheit ist nicht mit der zuvor erwähnten Kraft 1 kp (1 kgf) gleichzusetzen. In den meisten Fällen können 10 N mit $\approx 1\text{ kp}$ gleichgesetzt werden.

Temperatur

Die Einheit für absolute Temperatur ist 1 Kelvin (1 K). Die über dem Schmelzpunkt von Eis liegende Temperatur wird mit 1 Grad Celsius festgelegt ($1\text{ }^\circ\text{C}$).

Der Temperaturunterschied wird in der Einheit 1 Grad ausgedrückt (international jedoch als 1 °). Die Einheit 1 ° spezifiziert den Unterschied von $1\text{ }^\circ\text{C}$ oder 1 K. Grad steht immer in der Einzahl.

Druck

Druck ist Kraft pro Einheit Fläche. Die Einheit für Druck ist Pascal, Pa. $1\text{ Pa} = 1\text{ Newton pro Quadratmeter}$ ($1\text{ N}/\text{m}^2$). In manchen Fällen erzeugt diese Einheit unpraktisch große numerische Werte. Dann ist es vorteilhafter, die Einheit 1 bar = 100 kPa zu benutzen. Die Druckzunahme in Ventilatoren wie z. B. in Kanälen, Ventilen etc. wurde früher in der Einheit 1 mm vp = $1\text{ kp}/\text{m}^2$ ausgedrückt. Der numerische Wert für Druck in der neuen Einheit ist fast 10 Mal höher: $1\text{ mm vp} = 9,81\text{ Pa}$. In vielen Fällen ist eine Fehlertoleranz von 2 % zulässig, so dass die Umrechnung $10\text{ Pa} = 1\text{ mmwc}$ möglich ist. Die Einheit 1 Millibar (1 mbar) wird für barometrischen Druck verwendet. Diese Maßeinheit wird in der Meteorologie benutzt.

Drehzahl

Für Drehzahl ist die Einheit im internationalen Einheitensystem (SI) zwar 1/s, ist aber kaum gebräuchlich. Viel eher wird die Einheit U/min verwendet.

Sie entspricht der Anzahl der Umdrehungen einer Welle in 60 Sekunden. $1\text{ U}/\text{min} = 2\pi(60\text{ s})^{-1}$. Der Übergang zu der Einheit U/min erfolgt, wenn der Motorhersteller diese Einheit vorstellt.

Begriffe und Umrechnungsfaktoren

Umrechnungsfaktoren

Die Tabelle enthält eine Auswahl der gängigsten Größenordnungen für Ventilatoren und Luftbehandlungstechnologie. Die Umrechnungsfaktoren wurden, soweit möglich, auf drei Dezimalstellen reduziert.

Aus praktischen Gründen werden anwendbare Annäherungen mit einem Fehlerpotential von mehr als 2 % in Klammern dargestellt.

Größenordnung	Begriff	SI Einheit	Früher	Umrechnungsfaktor Einheit	
Kraft	F	N	kp	1 N = 0,102 kp (1 N ≈ 0,1 kp)	1 kp = 9,807 N (1 kp ≈ 10 N)
Druck	p	Pa	mm Ws	1 Pa = 0,102 mm Ws (Pa ≈ 0,1 mm Ws)	1 mm Ws = 9,807 Pa (1mm Ws 10 Pa)
		bar	kp/cm ²	1 bar = 1,020 kp/cm ² (1 bar ≈ 1 kp/cm ²)	1 kp/cm ² = 0,981 bar (1 kp/cm ² ≈ 1 Bar)
		mbar	trocken ¹⁾	1 mbar ≈ 0,750 trocken 1000 mbar ≈ 760 mm Hg)	1 trocken ≈ 1,333 mbar
Fluß	q	m ³ /s	m ³ /h	1 m ³ /s = 3600 m ³ /h	1 m ³ /h = 0,278 × 10 ⁻³ m ³ /s 1000 m ³ /h ≈ 0,28 m ³ /s)
Leistung	P	kW	hk	1 kW = 1,360 hp	1 hp = 0,736 kW
		kW	kcal/h	1 kW = 860 kcal/h	1 kcal/h = 1,163 × 10 ⁻³ a kW
Energie	W	kJ	kcal	1 kJ = 0,239 kcal	1 kcal = 4187 kJ
Enthalpie	i	kJ/kg	kcal/kg	1 kJ/kg = 0,239 kcal/kg	1 kcal/kg = 4,187 kJ/kg
Spezifische Wärme	c_p	kJ/kg Grad	kcal/kg °C	1 kJ/kg Grad = 0,239 kcal/kg °C	1 kcal/kg °C = 4,187 kJ/kg Grad
Thermal Wärmeleitfähigkeit	λ	W/m Grad	kcal/m °C	1 W/m Grad = 0,860 kcal/m °C h	1 kcal/m °C h = 1,163 W/m Grad
Thermal Strömungsleitwert	k	W/m ² Grad	kcal/m ² °C h	1 W/m ² Grad = 0,860 1 kcal/m ² °C h	1 kcal/m ² °C h = 1163 W/m ² Grad

¹⁾ 1 trocken = 1 mm Hg bei 0 °C und g = 9,80665 m/s².

Formelsammlung

Luftstrom, q m³/s

$$q = A \cdot v$$

A = Querschnittsfläche, m²

v = Luftgeschwindigkeit, m/s

Dynamischer Druck, p_d Pa

$$p_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

ρ = Luftdichte, kg/m³

v = Luftgeschwindigkeit, m/s

Hydraulischer Durchmesser, d_h m

$$d_h = \frac{4 \cdot A}{O}$$

A = Querschnittsfläche, m²

O = Kanalumfang, m

d_h für rechtwinkligen Kanal

$$d_h = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}$$

a und b sind die Seiten des Kanals

d_h für kreisförmigen Kanal

$d_h = d$ = Kanaldurchmesser

Gesamter Druckabfall - Versorgungsluft, p_t Pa

$$p_t = p_s + p_d$$

p_s = Abfall statischer Druck, Pa

p_d = Abfall dynamischer Druck, Pa

Gesamt-Druckabfall - Abluft, p_t Pa

$$p_t = (-p_s) + p_d$$

p_s = Abfall negativer statischer Druck, Pa

p_d = Abfall dynamischer Druck, Pa

Kreisförmiger Kanal, Querschnittsfläche, A m²

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

d = Kanaldurchmesser, m

Umfang eines kreisförmigen Kanals, O m

$$O = \pi \cdot d$$

d = Kanaldurchmesser, m

Luftdichte, kg/m³

$$\rho_t = 1,293 \cdot \frac{B}{1013} \cdot \frac{273}{273 + t}$$

B = barometrischer Druck, mbar

t = Lufttemperatur, °C

Abkühl/Erwärmungseffekt, P kW

$$P = q \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta t$$

q = Luftstrom, m³/s

ρ = Luftdichte, kg/m³

c_p = die luftspezifische Wärmekapazität, kJ/kg, K (≈ 1.0)

Δt = Temperaturunterschied, °C, zwischen Abluft und Zuluft

Ventilatoren - allgemein

Audio-Technologie Glossar

Absorption

Schallenergiereduktion (Umwandlung in thermale Energie in absorbierendem Material).

A-bewerteter Schallpegel

Schalldruckpegel, bestimmt durch Schallpegelmesser mit angeschlossenen A-Filter. Geschrieben dB(A).

Dezibel

Die Einheit für eine logarithmische Funktion einer bestimmten Größenordnung. (Oft für die logarithmische Funktion von Schalldruck und akustischer Leistung benutzt, findet sich aber auch in vollständig anderen Zusammenhängen wieder)

Äquivalente Schallabsorptionsflächen

Die äquivalente Schallabsorptionsfläche eines Raums ist die Messung des Bereichs einer begrenzten Oberfläche multipliziert mit der durchschnittlichen Absorptionskapazität.

Frequenz

Im Kontext der Akustik ist Frequenz die Anzahl der Druckschwankungen pro Sekunde. Frequenz wird in Herz (Hz) gemessen.

Akustische Leistung, akustischer Leistungspegel

Die akustische Leistung, in Watt gemessen, ist die zur Luft addierte Leistung, die Druckschwankungen (Schall) erzeugt. Die logarithmische Funktion wird akustischer Leistungspegel genannt und oft in der Einheit dB wiedergegeben. Gelegentlich wird auch die Einheit B benutzt (1 B = 10 dB).

Schalldruck, Schalldruckpegel

Schalldruck, gemessen in Pa, ist das Messen der Größenordnung der Druckschwankungen in Luft. Die logarithmische Funktion wird Schalldruckpegel genannt und wird in dB gemessen.

Oktavband

Eine standardisierte Unterteilung in Frequenzbereiche. Die Oktavbänder werden nach ihren Zentralfrequenzen benannt.

Gesamter akustischer Leistungspegel, $L_{w,tot}$

Die Gesamtheit des akustischen Leistungspegels im Oktavband 125–8000 Hz. Benutzt als Ausgangswert zur Berechnung von akustischer Leistung in einem Oktavband, um Schallproduktion zu berichten.

Ein Ventilator ist dazu konzipiert, Luft oder andere Gase in einem Luftstrom zu bewegen.

Um einen solchen Strom zu erzeugen, z. B. in einem Kanal, muss innerhalb des Systems an geeigneter Stelle der Druck des Gases erhöht werden. Die erforderliche Druckerhöhung kann mit einem Ventilator - oder, wenn ein besonders hoher Druck erforderlich ist, durch einen Kompressor, erzeugt werden.

Begriffe

- q = Gasstrom am Ventilatoreinlassm³/s (m³/h)
- Δp_t = Gesamte Druckerhöhung zwischen dem Ventilator-
-verbindungenPa (mm Ws)
- p_d = dynamischer Druck im Auslassbereich
des Ventilators Pa (mm wS)
- p_a = absoluter DruckPa (mm wS)
- T = absolute Temperatur K
- n = Ventilatordrehzahl U/min
- P_u = theoretische Wirksamkeit kW
- P_r = erforderliche Laufradleistung kW
- P_e = erforderliche, aktive Wirkleistung aus dem Netz . . kW
- L = Arbeitslinie oder deren Anzahl
- v = Gasgeschwindigkeit im Ventilatorauslass m/s
- η_r = Wirkungsgrad des Laufrads %
- η_e = gesamter Wirkungsgrad des Ventilators %
- δ = Gasdichte kg/m³

Betriebsart

In einem Ventilator wird der fließenden Masse von Gas mittels eines oder mehrerer, mit Schaufeln ausgestatteten Laufräder Energie zugeführt. Beim Durchlaufen des Laufrads erhöht sich normalerweise der dynamische und der statische Druck des Gases.

Die Auslassgeschwindigkeit des Laufrads wird beim Durchgang vom Laufradaustritt zum Ventilatorauslass hauptsächlich in statischen Druck umgewandelt.

Im Fall von Radialventilatoren erfolgt die Umwandlung der Bewegungsenergie in statische Energie durch die spiralförmige Luftleiteneinrichtung. Im Allgemeinen haben Ventilatoren, die mit einem Kanalsystem verbunden sind, am Einlass und am Auslass die gleichen Verbindungsbereiche. Wenn in solchen Fällen die Gasgeschwindigkeit und somit auch der dynamische Druck in den Ventilatorverbindungen identisch ist, wird die gesamte Druckzunahme im Ventilator als Zunahme des statischen Drucks zwischen den Verbindungsflanschen des Ventilators wahrgenommen.

Ein freistehender Ansaugventilator saugt Luft aus Räumlichkeiten an, in denen sowohl der statische Druck als auch die Geschwindigkeit 0 ist und erzeugt am Auslass des Ventilators Luft mit einer spezifischen Geschwindigkeit und einem erhöhten statischen Druck. In diesem Fall wird die gesamte Druckzunahme als Zunahme des statischen und des dynamischen Drucks wahrgenommen.

Definition der Wirkungsgrade von Ventilatoren

Wirkungsgrad von Laufrädern:

$$\eta_r = \frac{P_u}{P_r} \times 100 \%$$

Gesamter Wirkungsgrad eines Ventilators:

$$\eta_e = \frac{P_u}{P_e} \times 100 \%$$

wobei P_u ein theoretischer Effekt ist, gemäß

$$P_u = \frac{q \times \Delta p_t}{1000}$$

wobei q angegeben ist in m³/s und Δp_t in Pa.

Die Auswirkung der Rotationsgeschwindigkeit auf die Ventilatorkapazität

Bei unveränderten Belastungsverhältnissen (unverändertes Drosseln) die folgende Veränderung:

1. Die Luftmenge steht in direkter Proportion zur Rotationsgeschwindigkeit (Drehzahl)

$$\frac{q}{q_1} = \frac{n}{n_1}$$

2. Statischer, dynamischer und gesamter Druck sind direkt proportional
zum Quadrat der Drehzahl

$$\frac{p}{p_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2$$

3. Leistungsbedarf in direkter Proportion zur Kubikzahl von der Drehzahl (Rotationsgeschwindigkeit).

$$\frac{p}{p_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^3$$

Diese Formeln finden Anwendung, wenn der Druckabfall proportional zum Quadrat des Luftstroms ist.

Audiobericht

Ventilatoren

Für Ventilatoren aus diesem Katalog wird der Schalleistungspegel ausgewiesen.

Der Bericht besteht aus acht Oktavbändern für unterschiedliche Audiopfade. Der Wert in den Oktavbändern wird durch Lesen des Gesamt-Schalleistungspegels $L_{w,tot}$ im Ventilator diagramm und durch Korrigieren mittels der entsprechenden Faktoren K_{ok} aus der Tabelle im Ventilator diagramm ermittelt.

Messungen werden in Übereinstimmung mit ISO 3741 oder ISO 5136 durchgeführt.

ISO 3741 wird für Messungen des Schalleistungspegels im Umfeld von Ventilatoren oder Einheiten benutzt, ISO 5136 für Messungen des Schalleistungspegels von Kanälen.

Wenn Messungen an einem freistehenden Ventilator durchgeführt werden, ist der Schallpegel niedriger. Die US-amerikanische ASHRAE Handelsorganisation gibt in ihren 'Application of Manufacturers Sound Data' (Anwendungen von Tondaten für Hersteller) an:

"Bei Schallmessungen hat ein freistehender Ventilator in Oktavbändern von 250 Hz und tiefer einen 5–10 dB niedrigeren Schallpegel als ein Ventilator in einem Gehäuse".

Ungenauigkeiten in Messungen

Bei der Entwicklung von Messmethoden von Schalleistung in Kanälen hat sich ISO auch der Ungenauigkeit in verschiedenen Oktavbändern gewidmet (90 % Sicherheit).

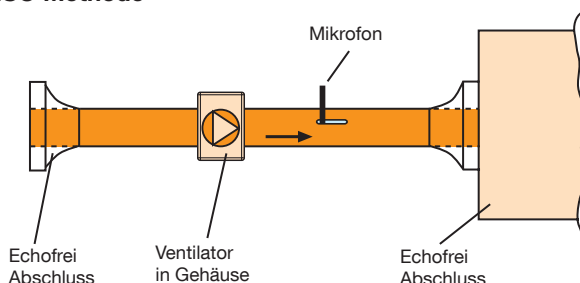
Oktavband (Hz)	63	125	250	500
Ungenauigkeit (dB)	±5,0	±3,4	±2,6	±2,6
Oktavband (Hz)	1000	2000	4000	8000
Ungenauigkeit (dB)	±2,6	±2,9	±3,6	±5,0

Schalldämmende Produkte

Für Schalldämpfer und andere, schalldämpfende Produkte wird eine Eingangsdämpfung Δ berichtet.

Die Eingangsdämpfung wird in Übereinstimmung mit ISO 5136 gemessen.

ISO Methode



Gemessen wird innerhalb eines Kanals mittels eines speziellen Layouts und einer reflektionsfreien Verbindung. Messungen und Berechnungen erfolgen in einem Terzband.

Hilfen für Schallberechnungen

Raumabsorption

Die Größe eines Raums, die Art der Wandoberflächen und die Einbauten und Einrichtungen beeinflussen in großem Maß den Schallpegel. Um die äquivalente Wirkfläche eines Raums zu berechnen, kann eine Tabelle mit Annäherungen des Absorptionsfaktors α und ein Diagramm benutzt werden.

Im Allgemeinen wird die Raumkonstante (R) berechnet wie folgt:

$$R = \frac{S \times \alpha_m}{1 - \alpha_m} \quad (\text{m}^2)$$

wobei:

$$S \times \alpha_m = S_1 \cdot \alpha_1 + S_2 \cdot \alpha_2 + \dots + S_n \cdot \alpha_n$$

S = die gesamte, durch den Raum eingeschlossene Fläche (m²)

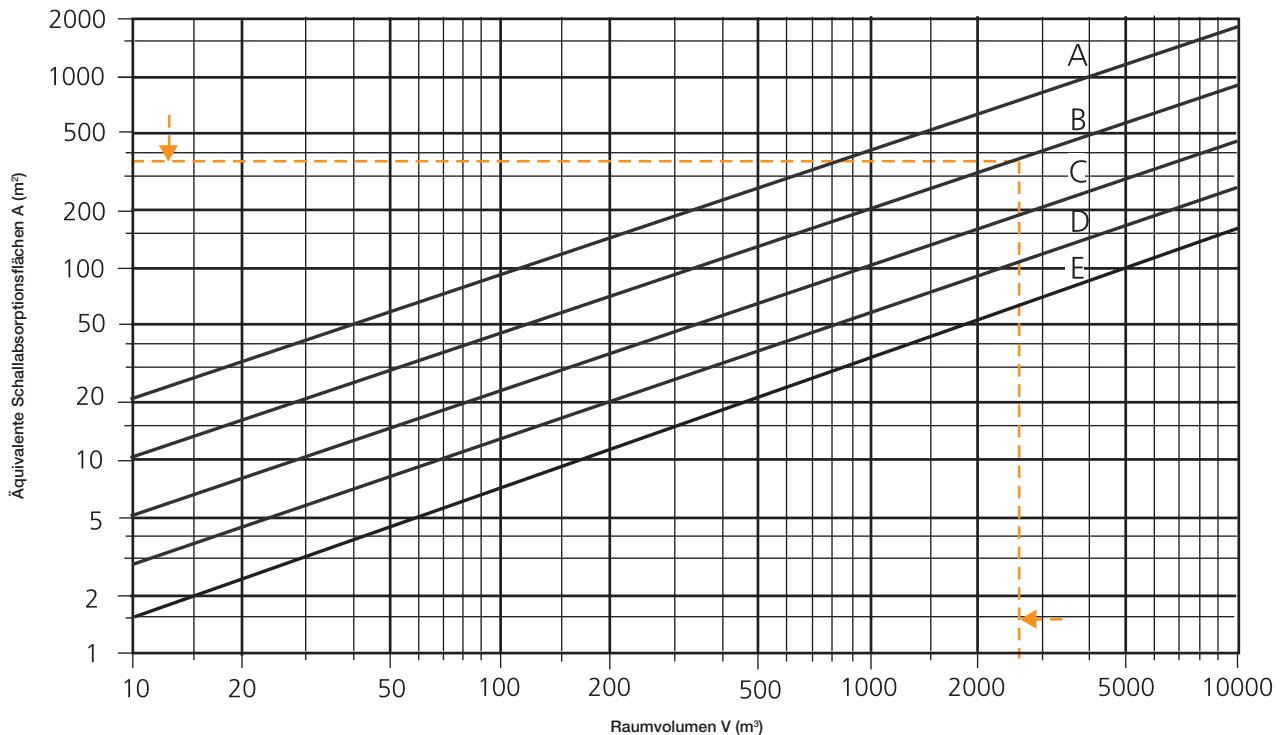
S₁ ... S_n = Bereiche von Teilflächen (m²)

α_1 ... α_n = Absorptionsfaktoren von Teilflächen

α_m = Mittlerer Absorptionsfaktor für die gesamte eingeschlossene Fläche

Beispiel (Orangefarbene gestrichelte Linie im Diagramm):

Geschäftsräume für Stoffe mit den Maßen 20 × 30 × 4,5 m (d.h. 2700 m³) mit einem durchschnittlichen Absorptionsfaktor $\alpha_m = 0,25$. Die äquivalente Raumabsorption der Räumlichkeit entspricht 350 m².



Ein stark gedämpfter Raum $\alpha_m = 0,40$

B gedämpfter Raum $\alpha_m = 0,25$

C Normaler Raum $\alpha_m = 0,15$

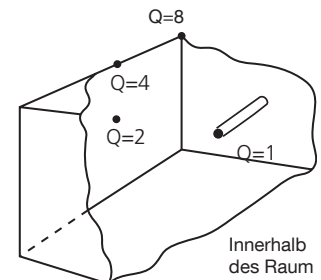
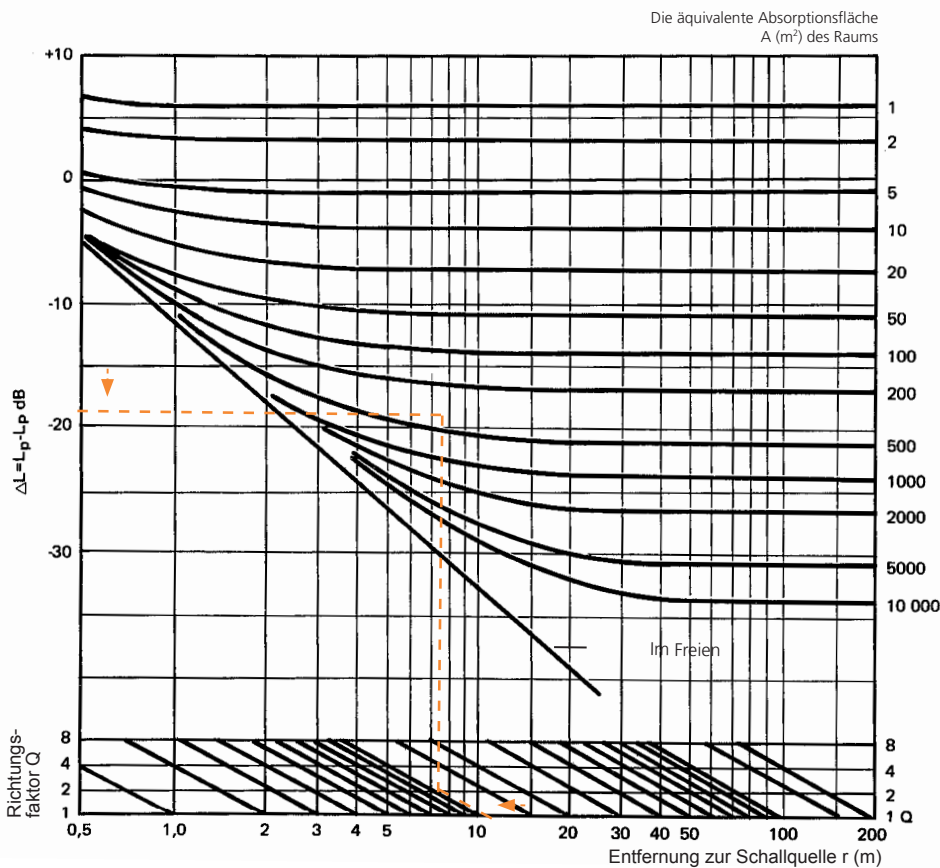
D Harter Raum $\alpha_m = 0,10$

E Sehr harter Raum $\alpha_m = 0,05$

Die durchschnittlichen Absorptionsfaktoren für verschiedene Räume

Raum-Typ	Durchschnittlicher Absorptionsfaktor α_m
Radiostudio, Musikzimmer	0,30–0,45
Fernsehstudio, Warenhaus, Lesezimmer	0,15–0,25
Häuser, Büros, Hotelzimmer, Konferenzräume, Theater	0,10–0,15
Klassenzimmer, Pflegeheime, kleine Kirchen	0,05–0,10
Fabrikhallen, Hallenbäder, große Kirchen	0,03–0,05

Unterschied zwischen Schalldruckpegel und Schalleistungspegel



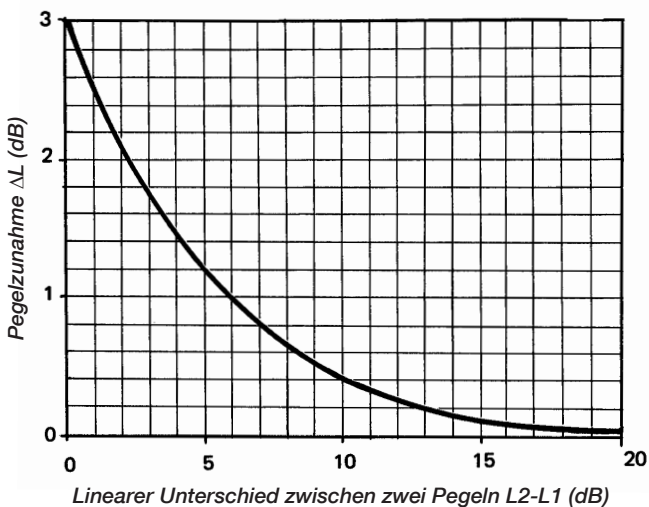
Richtungsfaktor Q

Faktoren des Ausbreitungsmusters einer Schallquelle. Der Faktor ist von der Lage der Schallquelle im Verhältnis zu den reflektierenden Oberflächen abhängig.

Der Unterscheid zwischen dem Schalldruckpegel und dem Schalleistungspegel bei der Entfernung r zur Schallquelle mit dem Richtungsfaktor Q. Die raumäquivalente Wirkfläche wird als Parameter eingefügt.

Beispiel (orangefarbene gestrichelte Linie): Entfernung zur Schallquelle beträgt 10 m. Richtungsfaktor Q=2 (an Wand). Die äquivalente Raumabsorption der Räumlichkeit 350 m² (entsprechend Beispiel vorige Seite). Auf die Distanz von 10 Metern zur Schallquelle beträgt der Unterschied - 18dB.

Addition von zwei unterschiedlichen Pegeln



Bewertungsfilter

Bewertungsfilter, Pegelwerte mit Toleranz für Präzisionsschallpegelmessung. Die Werte beziehen sich auf das gesamte Instrument in einem schallfreien Feld.

Mittenfrequenz Oktavband	Kurve A (dB)	Kurve B (dB)	Kurve C (dB)	IEC Toleranz Grenze (±dB)
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	1,5
63	-26,2	-9,3	-0,8	1,5
125	-16,1	-4,2	-0,2	1,0
250	-8,6	-1,3	0	1,0
500	-3,2	-0,3	0	1,0
1000	0	0	0	1,0
2000	+1,2	-0,1	-0,2	1,0
4000	+1,0	-0,7	-0,8	1,0
8000	-1,1	-2,9	-3,0	+1,5/-3,0
16000	-6,6	-8,4	-8,5	+3,0

Schallpegel im Raum

Nachhallfeld

Die Schallpegelmessungen von Einrichtungen werden in einem Nachhallfeld vorgenommen.

Schallmessungen in direktem Feld werden normalerweise nicht durchgeführt. Unter anderem deshalb, weil man ein direktes Feld nicht genau definieren kann. Beträgt die Distanz zur Schallquelle 0,5 m? 0,8 m? 1,5 m?

Entsprechend sind die Anforderungen für den Schallpegel in Einrichtungen normalerweise im Nachhallfeld festgelegt. Der Grund dafür ist, dass das Nachhallfeld der einzig genau definierte Ort für Schallmessungen ist.

Das Nachhallfeld beginnt dort, wo die Raumdämpfung den Schallpegel vollständig beeinflusst, z. B. wenn keine Abklingzeit mehr vorhanden ist.

Man kann jedoch grundsätzlich davon ausgehen, dass eine Übergangszone vorhanden ist, die dem Nachhallfeld zugerechnet wird. Sonst wäre es schwierig, Schallpegelmessungen in Räumen vorzunehmen, in denen das Nachhallfeld sehr klein ist.

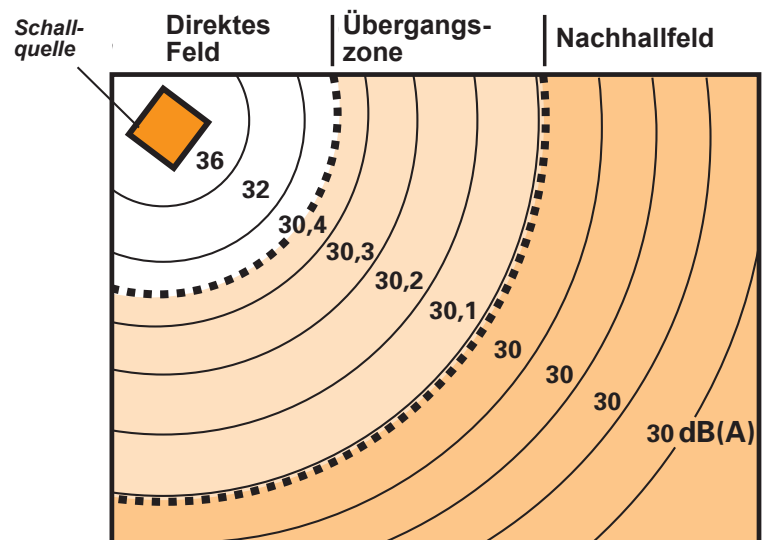
Anforderungen an den Schallpegel

Die vorrangigen Anforderungen des 'Swedish Board of Building, Planning and Housing Regulations BBR 99' sind sehr streng, beinhalten jedoch nur begrenzte Einschränkungen für numerische Werte.

Im Wesentlichen kann man sagen, dass in Pflegeheimen, Jugendfreizeitanlagen, Tageszentren, Klassenzimmern, Arbeitsbereiche in Büros und ähnliches, die Räumlichkeiten so konzipiert werden sollten, dass störende Geräusche in dem Maß "gedämpft" werden, wie es die Tätigkeit erforderlich macht, und ohne dass die dort Arbeitenden oder Anwesenden beeinträchtigt werden.

Entsprechendes Dokument für Gehäuse wird spezifiziert.

Die Anforderungen sind im Vergleich zu den früheren unterschiedlich formuliert und bieten Raum für andere Interpretationen. Aus diesem Grund werden Anforderungen nicht in Zahlen ausgedrückt.



Beispiele, die zeigen, wie der Schalldruckpegel einer Schallquelle in einem Raum abklingen kann.

Ventilatordaten bei abweichender Dichte

Die Ventilatorogramme und -Daten aus diesem Katalog entsprechen der Dichte von 1,2 kg/m³ am Ventilatoreinlass.

Die Dichte 1,2 kg/m³ für Luft entspricht einer Lufttemperatur von 20 °C bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % auf Meereshöhe 1013 mbar). Die folgende Beziehung findet Anwendung bei Umrechnungen von Ventilatordaten in eine andere Dichte.

1. Der Luftstrom m³/s wird durch die Dichte nicht verändert.
2. Statischer, dynamischer und gesamter Druck werden ermittelt durch:

$$\rho = \rho_{1,2} \times K_1 \times K_2$$

3. Die Leistungsanforderung wird ermittelt durch:

$$P = p_{1,2} \times K_1 \times K_2$$

4. Die Dichte wird ermittelt durch:

$$\rho = \rho_{1,2} \times K_1 \times K_2$$

wobei K_1 und K_2 durch die beigefügten Diagramme ermittelt werden.

In vielen Kombinationen werden Kubikmeter benutzt, nm³, oder normalerweise Kubikmeter pro Sekunde, nm³/s.

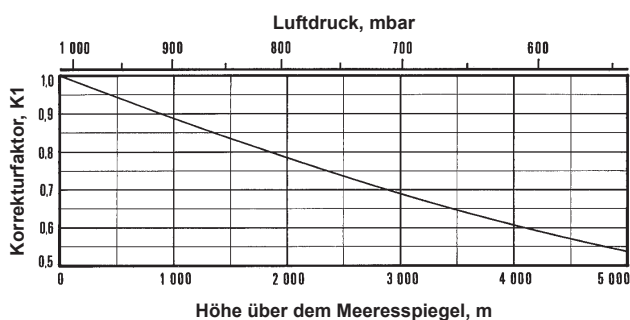
Ein normaler Kubikmeter, nm³, beinhaltet die Gasmenge eines Rauminhalts 1 m³ bei einem Druck von 1 bar und einer Temperatur von 0 °C.

Daher ist Menge des Luftstroms in nm³/s nur konstant, wenn die Luft weder erhitzt noch gekühlt wird. Die Umrechnung des Luftstroms von nm³/s zum eigentlichen Luftstrom in m³/s erfolgt so:

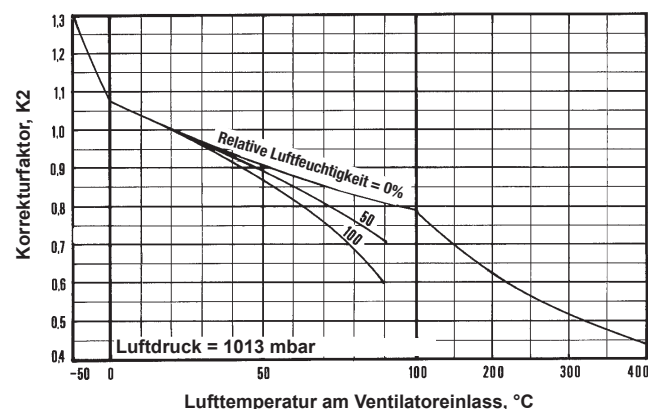
$$q = q_n \times \frac{1,06}{K_1 \times K_2}$$

wobei q_n dem Luftstrom in nm³/s entspricht.

Korrekturfaktor K_1



Korrekturfaktor K_2



Umweltklassen

Umweltklassen nach dem 'Swedish Board of Building, Planning and Housing's' Handbuch für Stahlkonstruktionen, BSK 99, basierend auf SS-EN-ISO 12944-2:

Umweltklassen	Luftaggressivität	Umwelt
C1	sehr niedrig	In Räumen mit trockener Luft, z. B. in beheizten Räumlichkeiten.
C2	Niedrig	In Räumen mit veränderlicher Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie unbedeutender Menge an Luftverunreinigung, z. B. in unbeheizten Räumlichkeiten. Im Freien, in Bereichen mit geringen Mengen an Luftverunreinigung.
C3	Mäßig	In Räumen mit mäßigen Auswirkungen und mäßigen Mengen an Luftverunreinigung. Im Freien, in Bereichen mit einer bestimmten Menge Salz oder mäßigen Mengen an Luftverunreinigungen.
C4	Hoch	Im Freien, in Luft mit mäßigen Mengen an Salz oder erheblichen Mengen an Luftverunreinigungen. In Räumen mit hoher Luftfeuchtigkeit und großen Mengen an Luftverunreinigungen, z. B. in Hallenbädern, Industrieräumlichkeiten.
C5-I	Sehr hoch (Industriel)	In Räumen mit fast ständiger Luftverunreinigung in großen Mengen. Im Freien, in industriellen Bereichen mit hoher Luftfeuchtigkeit und aggressiver Atmosphäre.
C5-M	Sehr hoch (Marine)	In Räumen, siehe oben. Im Freien an der Küste und auf dem Meer in Bereichen hohen Salzgehaltes.

Frühere Umweltklassen

Übersetzung aus BSK 94 bis BSK 99:

M0 entspricht C1

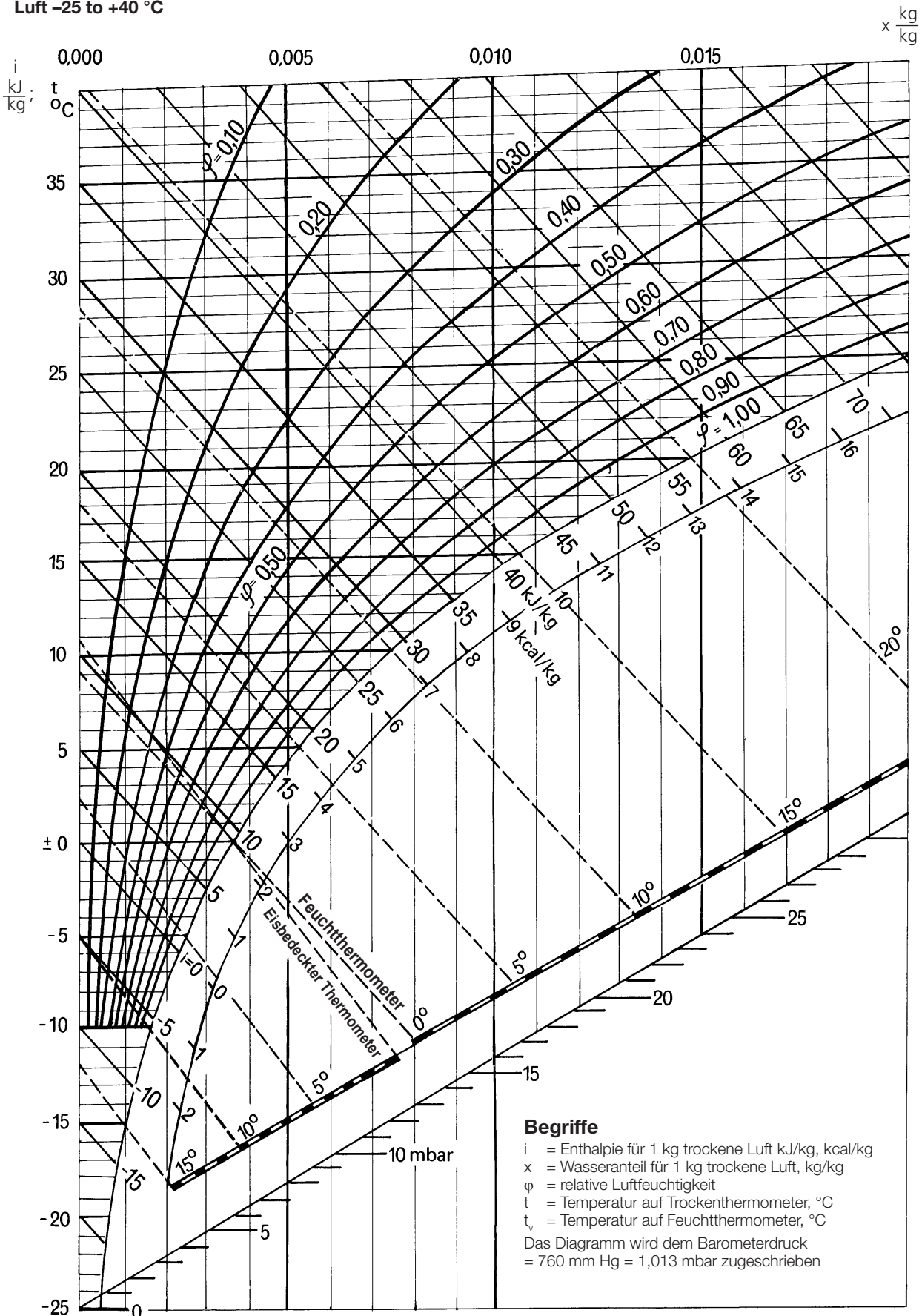
M1, M2 entspricht C2

M3 entspricht C3, C4

M4 entspricht C5

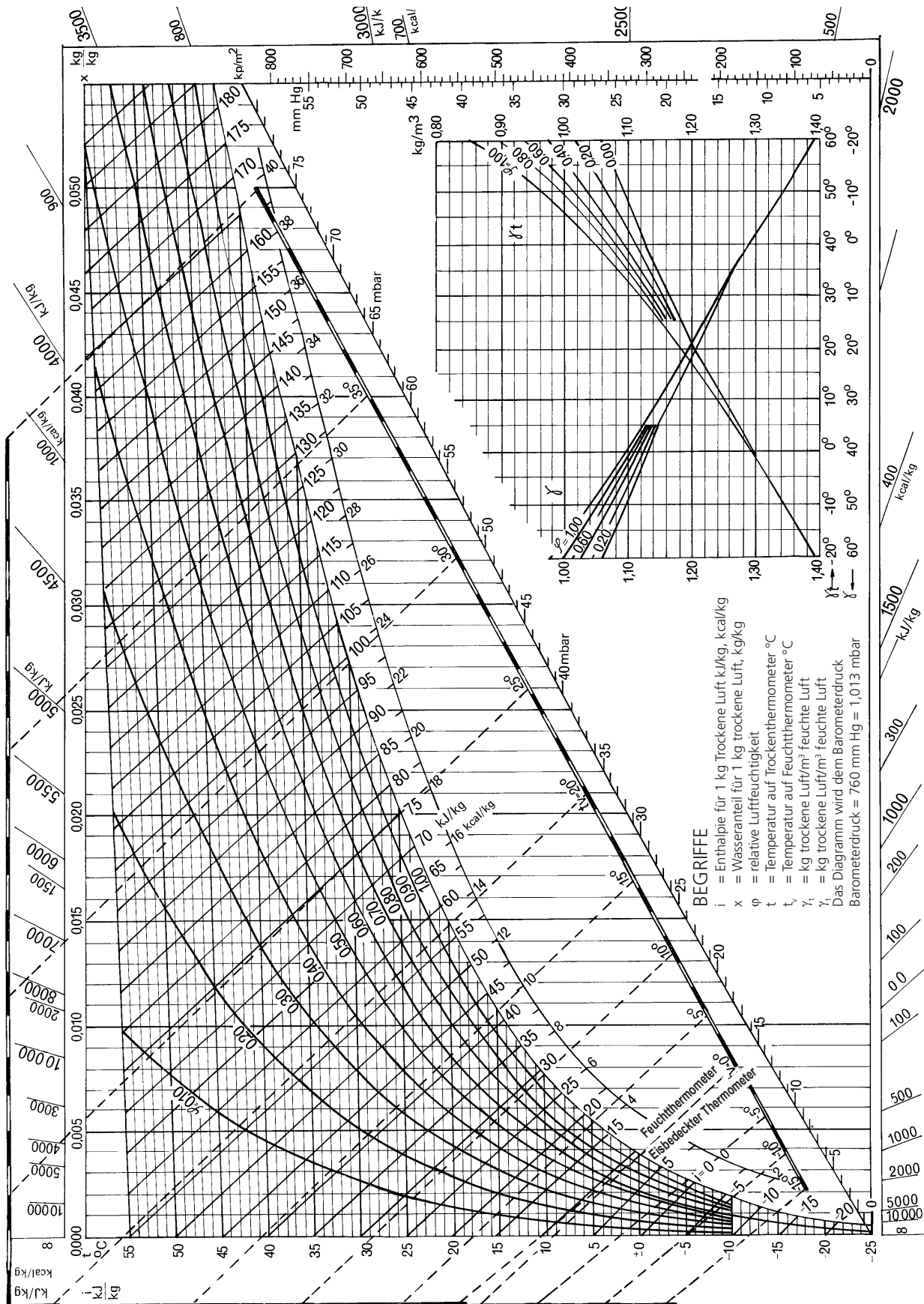
Mollier-Diagramm für feuchte Luft

Luft -25 to +40 °C



Mollier-Diagramm für feuchte Luft

Luft -25 to +55 °C

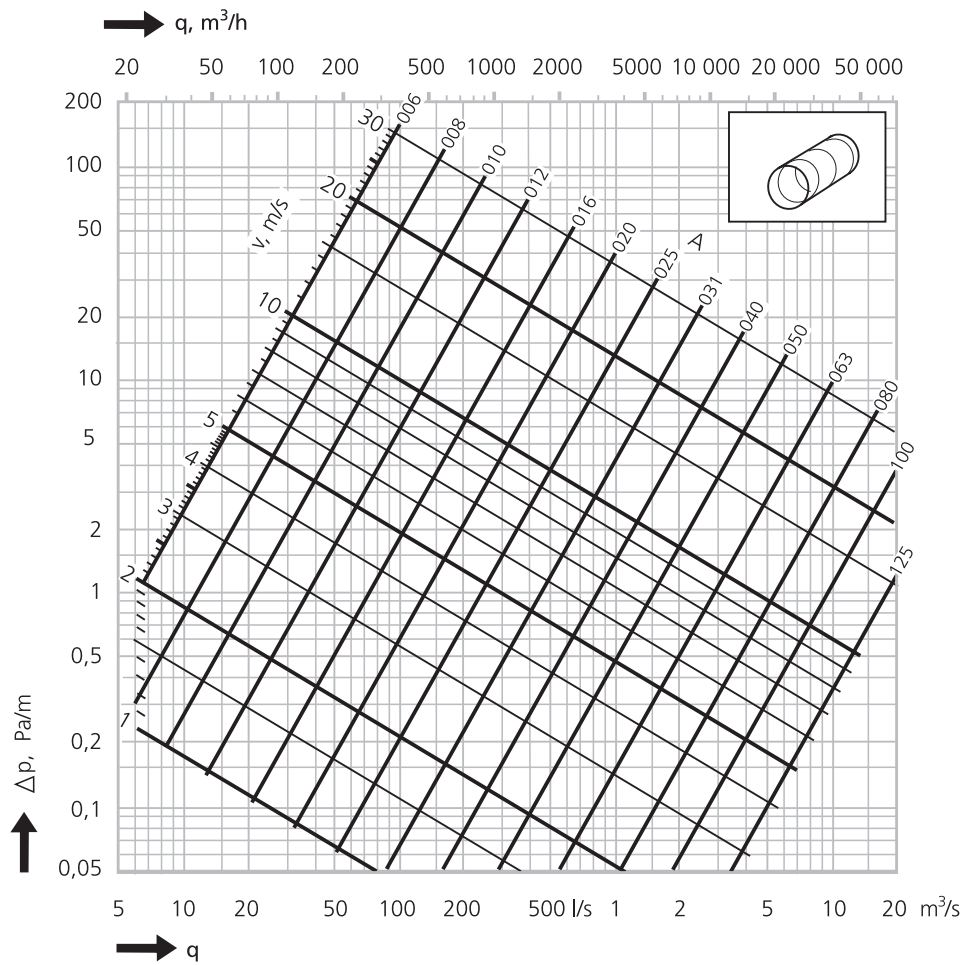


Wir behalten uns das Recht vor, ohne vorherige Ankündigung Änderungen vorzunehmen.

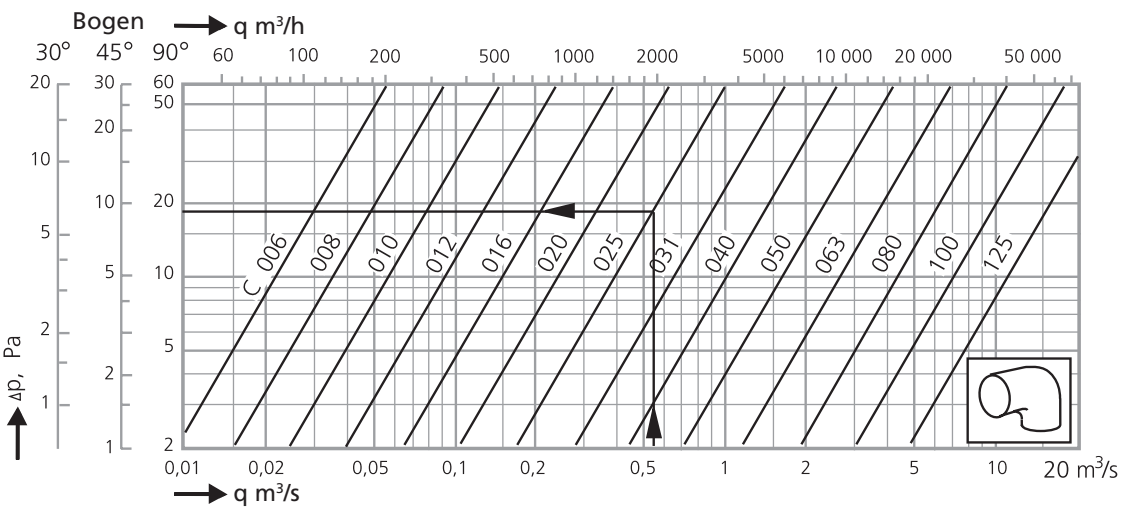
Åkerstedts Verkstads AB, Broholm 1, SE-535 91 Kvänum, Sweden. Tel: +46 (0)512 - 325 60. www.akerstedts.com

Druckabfalldiagramm Kanäle

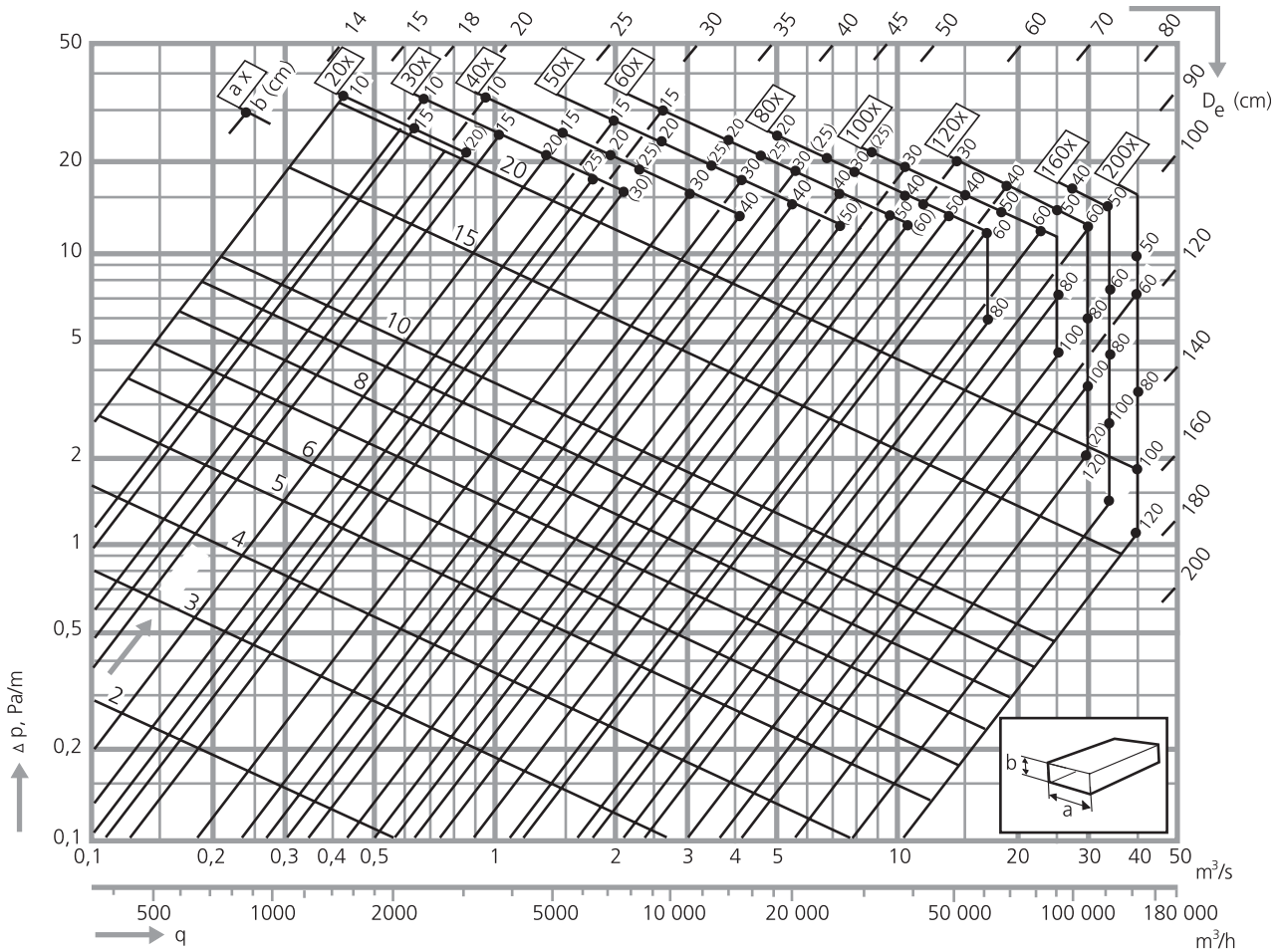
Kreisförmige Kanäle



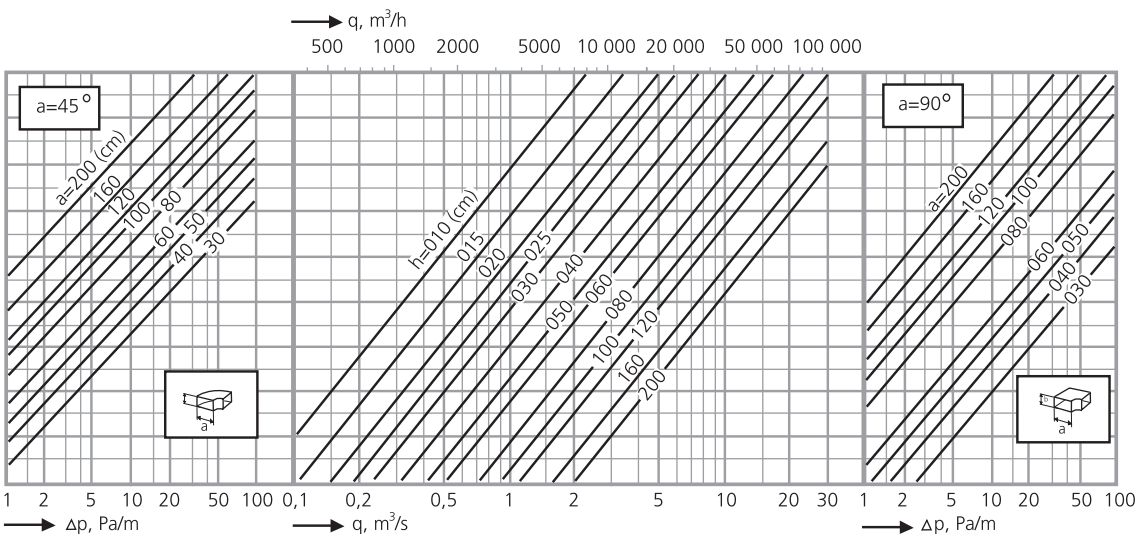
Kreisförmige Bögen



Quadratische Kanäle



Quadratische Bögen



Berechnungsbeispiele

Radialventilator FML, FKL, FAM, FAH

Allgemein

Die Diagramme sind für Luft mit einer Dichte von $1,2 \text{ Kg/m}^3$ ausgelegt. Im Druckflussdiagramm wird der vorgeschlagene Arbeitsbereich des Ventilators, in dem die VVA-AMA's Erfordernisse für den besten Wirkungsgrads erfüllt werden, durch ein orangefarbenes Feld gekennzeichnet. Hier wird die Leistung des Ventilators zusammen mit dem Druckabfall vor dem Ventilatoreinlass oder nach dem Ventilatorauslass dokumentiert und der Wirkungsgrad wird in dem Diagramm für einen entsprechenden Ventilator ohne diese Druckabfälle spezifiziert. Drosselleitungen für gleichförmige Werte des Leistungsgrads werden ermittelt; sie bilden verschieden Installations-Charakteristika und der Druckabfall ist für diese proportional zum Quadrat des Luftstroms.

Der Gesamt-Schalleistungspegel, $L_{w, \text{tot}}$ zu einem verbundenen Auslasskanal ist mit orangefarbenen Kurven und orangefarbenen Zahlen gekennzeichnet. Korrekturen für verschiedene Akustikpfade und Oktavbänder sind in Tabellenform festgehalten.

Ventilatoridiagramm, einzel-ansaugende, Ventilatoren mit langsamen Druck (?)

Die Kurve des Gesamtdrucks gilt für einen Ventilator, der am Einlass und am Auslass mit einem Kanal verbunden ist.

In dem Diagramm „Strömungsverluste“ (Systemverluste) wird folgendes aufgezeigt:

p_1 = Der Zufuhrverlust für einen Ventilator mit freistehendem Ansaugereinlass und einer Kanalverbindung am Auslass.

p_2 = Der Stossverlust am Auslass (zusätzlich zum dynamischen Druck) eines Ventilators mit einem Kanal verbundenen Einlass dem freie Auslassblasen oder verbunden mit einer Druckkammer.

p_3 = Der Zufuhrverlust und der Schockverlust am Auslass (zusätzlich zum dynamischen Druck) eines Ventilators mit einem freistehenden Einlass und dem freie Auslassblasen oder verbunden mit einer Druckkammer.

p_d = Der dynamische Druck im Ventilatorauslass.

Die Leistungskurven zeigen die Stromnetzanforderungen für den Ventilator, ohne Verluste durch Riemenübertragung und durch Lager.

Verbindungsmöglichkeiten:

1. Ventilator, am Einlass und am Auslass mit einem Kanal verbunden

Das Druckfluss-Diagramm findet bei dieser Verbindungsart Anwendung. Der Unterschied des dynamischen Drucks zwischen dem Ventilator-Auslass und dem Einlass wird zu dem statischen Druckabfall P_{stat} der Installation addiert, bevor im Druckfluss-Diagramm der Betriebspunkt des Ventilators festgelegt wird.

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{stat}} + (p_d - p_d, \text{inlet})$$

2. Ventilator mit freistehendem Ansaugereinlass und kanalverbundenem Auslass

Da der Ventilator freistehend ansaugt, entsteht ein Zufuhrverlust p_1 , der im "Strömungsverluste" Diagramm angezeigt wird. Der Zufuhrverlust p_1 und der dynamische Druck im Ventilatorauslass p_d werden zu der statischen Festigkeit der Installation p_{sta} hinzuaddiert, bevor der Betriebspunkt des Ventilators im Druckfluss-Diagramm festgelegt wird.

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{stat}} + p_1 + p_d$$

3. Ventilator mit kanalverbundenem Einlass und freistehendem Auslassgebläse oder mit einer Druckkammer verbunden

Wegen der ungleichen Geschwindigkeitsverteilung im Ventilatorauslass und dem Verlust von dynamischem Druck p_d entsteht darüber hinaus ein Stossverlust p_2 , der im „Strömungsverluste“ Diagramm aufgezeigt wird.

Der Stossverlust p_2 und der Unterschied des dynamischen Drucks zwischen dem Ventilator-Auslass und dem Einlass wird zu dem statischen Druckabfall P_{stat} der Installation addiert, bevor der Betriebspunkt des Ventilators im Druckfluss-Diagramm festgelegt wird.

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{stat}} + p_2 + (p_d - p_d, \text{inlet})$$

Für die Größe FML 71-80, FKL 90-140, p_d ist = p_d Einlass und

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{stat}} + p_2$$

Für FAM und FAH, $p_2 = 0$

4. Ventilator mit einem frei ansaugendem Einlass und einem frei blasendem Auslass oder mit einer Druckkammer verbunden

Wegen der ungleichen Geschwindigkeitsverteilung im Ventilatorauslass und dem Verlust von dynamischem Druck p_d entsteht darüber hinaus ein Stossverlust. Die Summe dieses Stossverlustes und des Zufuhrverlusts am Einlass wird durch p_3 symbolisiert und auf dem "Strömungsverluste" Diagramm angezeigt.

Der Systemverlust p_3 und der dynamische Druck im Ventilatorauslass p_d werden zu dem statische Druckabfall der Installation hinzuaddiert, bevor der Betriebspunkt des Ventilators im Druckfluss-Diagramm festgelegt wird.

$$p_{\text{tot}} = p_{\text{stat}} + p_3 + p_d$$

Für FAM und FAH, $p_3 = p_1$ wenn $p_2 = 0$

Die Ventilatordaten

Radialventilator FML, FKL, FAM, FAH

Beispiel

Radialventilator FKL3-090, mit frei ansaugendem Einlass und Auslass mit Kanal verbunden.

Luftstrom = 5,2 m³/s.

p_{stat} = die Summe aller Druckabfälle in dem Kanalsystem = 1110 Pa.

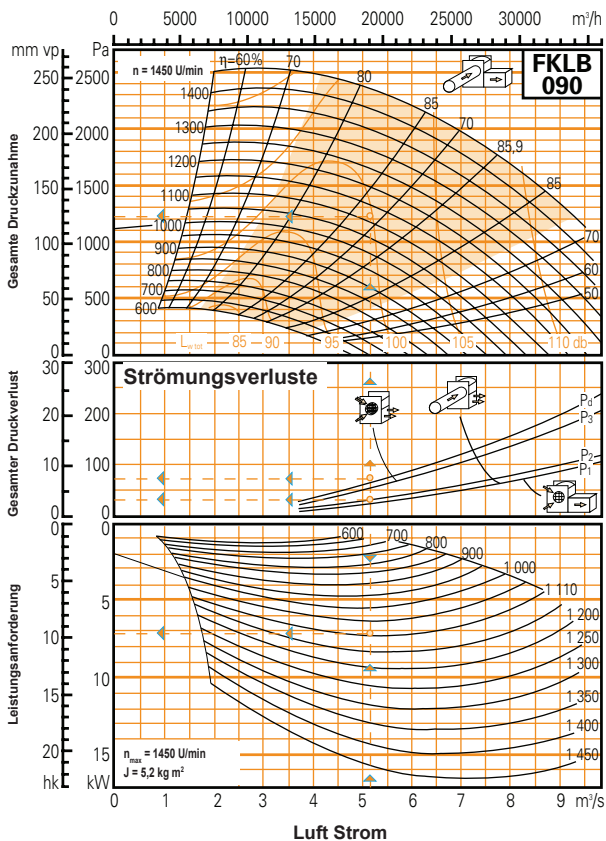
Trage den Luftstrom mit 5,2 m³/s ein und lese den Systemverlust P_1 aus dem Diagramm für Systemverluste bei 30 Pa und dem dynamischen Druck P_d bei 70 Pa.

Notwendiger Gesamtdruck: $p_{tot} = p_{stat} + p_1 + p_d = 1110 + 30 + 70 = 1210$ Pa.

Fahre im oberen Diagramm mit einem Luftstrom von 5,2 m³/s und dem Gesamtdruck von 2,10 Pa fort. Lese die Drehzahl von 1100 U/min am Schnittpunkt ab.

Ziehe eine gedachte Linie im Energiebedarfsdiagramm bei einem Luftdruck von 5,2 m³/s und einer Drehzahl von 1100 U/min. Gehe vom Schnittpunkt nach links und lese Netto-Energiebedarf 7,2 kW.

Lies den Gesamt-Schalleleistungspegel des verbundenen Auslasskanals $L_{W,tot}$ zu 100 dB im oberen Diagramm; weitere Beispiele auf der nächsten Seite.



Audiodatenbericht

Der Schall wird als Schalleistungspegel in dB pro Oktavband angezeigt. Dadurch entsteht ein Bild von der Höhe der Schalleistung, die vom Ventilator ausgeht und welche Frequenzverteilung der Schall hat. Mit dem Wissen über die Dämpfung in Teilen des Apparats im Audiopfad und der Klangdämpfungskapazität des ventilierten Raums kann der Schalldruckpegel und der Schallpegel db(A) an verschiedenen Standorten innerhalb des Raums berechnet werden.

Der Gesamt-Schalleistungspegel $L_{w,tot}$ in dB eines verbundenen Auslasskanals wird im Ventilatorbereich der Druckfluss-Kurve in blauen Kurven und blauen Zahlen dargestellt.

Mit einem Korrekturfaktor K_{ok} , der vom Audiopfad, von der Drehzahl und der Schallfrequenz abhängig ist, lässt sich der Schalleistungspegel pro Oktavband, $L_{w,ok}$ für die unterschiedlichen Audiopfade berechnen.

K_{ok} wird in Tabellenform unterhalb der Ventilatorcurven dargestellt.

$$L_{w,ok} = L_{w,tot} + K_{ok}$$

$L_{w,ok}$ = Schalleistungspegel im Oktavband, dB (bezüglich 10–12W) für den Audiopfad.

$L_{w,tot}$ = Gesamt-Schalleistungspegel für verbundenen Auslasskanal, dB (bezüglich 10–12 W), in Oktavbänder 125–8000 Hz.

K_{ok} = Verbindungsfaktor, abhängig von Audiopfad, Drehzahl und Oktavband.

Beispiel:

Radialventilator FKL B-3-090 mit frei stehendem Ansaug einlass.

In Anbetracht:

Luftstrom 5,2 m³/s.

Gesamt druck 1210 Pa.

Bestimme den Schalleistungspegel in den Oktavbändern für die folgenden Audiopfade:

A. Zu verbundenem Auslasskanal oder Ventilator.

B. Zu Einlasskanal.

C. Zur Umgebung des Ventilators.

Lösung:

Folgendes lässt sich vom Druckfluss-Diagramm des Ventilators ablesen:

Drehzahl N = 1100 U/min

Gesamt-Schalleistungspegel zu verbundenem Auslasskanal,

$L_{w,tot} = 100$ dB.

Tabelle A

Audiopfad: Zum Auslasskanal,

In Anbetracht: Drehzahlbereich 200–1300 U/min.

Aus der Tabelle für K_{ok} können Korrekturen, wie unten angezeigt, entnommen werden:

Oktavband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchschnittsfrequenz (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{w,tot}$ (dB)	100	100	100	100	100	100	100	100
K_{ok} (dB)	-6	-3	-4	-10	-18	-29	-36	-45
$L_{w,ok}$ (dB)	94	97	96	90	82	71	64	55

Tabelle B

Audiopfad: Zu Einlasskanal.

In Anbetracht: Drehzahlbereich 200–1300 U/min. Links auf der Linie für höchste Effizienz, siehe vorherige Seite.

Aus der Tabelle für K_{ok} können Korrekturen, wie unten angezeigt, entnommen werden:

Oktavband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchschnittsfrequenz (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{w,tot}$ (dB)	100	100	100	100	100	100	100	100
K_{ok} (dB)	-2	-5	-10	-16	-22	-28	-35	-43
$L_{w,ok}$ (dB)	98	95	90	84	78	72	65	57

Tabelle C

Audiopfad: Zur Umgebung:

In Anbetracht: Drehzahlbereich 200–1300 U/min. Frei stehender Ansaugventilator.

Aus der Tabelle für K_{ok} können Korrekturen, wie unten angezeigt, entnommen werden:

Oktavband Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
Durchschnittsfrequenz (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{w,tot}$ (dB)	100	100	100	100	100	100	100	100
K_{ok} (dB)	-22	-10	-10	-13	-17	-22	-29	-36
$L_{w,ok}$ (dB)	78	90	90	87	83	78	71	64