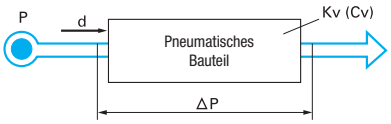
Technische Grundlagen

Durchfluss und Druckverlust in der Pneumatik

Durchfluss bezeichnet das Volumen, das sich in einer Zeiteinheit durch einen Querschnitt bewegt. Als Maßeinheiten dienen l/min, m^3/min oder m^3/h, bezogen auf atmosphärische Luft bei Normalbedingungen **(+20°C, 65% relative Luftfeuchtigkeit, 1013 bar)**, gemäß den Normen NFE 48100 und ISO R554, R558.

In geöffnetem Zustand entsteht an einem pneumatischen Bauteil ein Eingangsdruck (**P**) mit einem entsprechenden Durchfluss (**d**), der am Ausgang zu einem Druckabfall führt. Die Differenz zwischen dem Eingangsdruck (Zufluss) und dem Ausgangsdruck (Abfluss) wird als **Druckabfall** bezeichnet und in **Δp** ausgedrückt.



Der zulässige **Betriebsdruck** eines Bauteils ist der Druck, dem ein Bauteil in einer Anlage ausgesetzt werden kann.

Der **Eingangsdruck** ist der Druck am Eingang eines pneumatischen Bauteils.

Der **Ausgangsdruck** ist der Druck am Ausgang.

Der **Differenzdruck (ΔP)** ist die Druckdifferenz zwischen dem Ein- und Ausgangsdruck.

Um einfache und vergleichbare Werte zu erhalten, findet bei der Berechnung des Durchflusses und des Druckabfalls in der Praxis der Durchflusskoeffizient **Kv** Anwendung. Dieser experimentell ermittelte Koeffizient bestimmt die Durchflusskapazität eines Bauteils und entspricht in der Praxis dem Wasserdurchfluss in Liter/Minute bei einem Druckabfall Δp von 1 bar und freiem Durchgang.
Der Durchflusskoeffizient Kv entspricht einem Strömungsleitwert-Koeffizienten: Je höher der Wert, desto größer der Durchfluss des Bauteils.

Der Durchfluss-Koeffizient Kv und der Druckverlust werden durch folgende Formel ausgedrückt :

$$Qv = 26{,}7\ Kv\sqrt{\Delta p \times P\ (Zufluss)}$$

Qv = Durchfluss in l/min (Normalbedingungen)
Kv = Durchflusskoeffizient
Δp = Druckabfall in bar
P (Zufluss): Absolutwert in bar

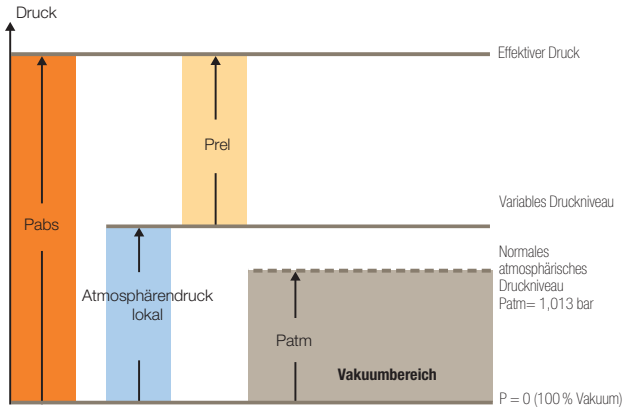
Der **Cv-Wert** ist ein mit dem Koeffizienten Kv vergleichbarer Wert und ein in den USA gängiges Maß. Ausgedrückt wird dieser Cv-Wert in US-gallons/min bei einem Druckabfall Δp von 1 psi. Verhältnis zwischen Kv und Cv:

$$Kv = 14{,}3\ Cv \quad bzw. \quad Cv = 0{,}07\ Kv$$

Die Durchflussangaben in diesem Katalog entsprichen einem durchschnittlichen Durchfluss bei 6 bar unter Normalbedingungen, ausgedrückt in Nl/min.

Druck

Der normale atmosphärische Luftdruck auf Meereshöhe beträgt 1,013 bar (Höhe 0 m). Dieser Druck dient in der Regel als Referenzdruck, ist jedoch höhenabhängig. In der Praxis ist deshalb der absolute Druck vorzuziehen.



Pabs = Patm + Prel
Pabs : Absoluter Druck
Prel : Relativer Druck
Patm : Atmosphärendruck

In der Industrie wird der Druck in bar angegeben. Er ergibt sich aus einer Kraft (in daN), die auf eine Fläche (in cm²) wirkt.

$$1\ bar = \frac{1\ daN}{1\ cm^2} = 10^5\ pascal$$

Vakuum und Vakuumklassen

Vakuum ist, physikalisch gesehen, der Zustand eines Gases in einem Volumen bei einem Druck, der deutlich geringer ist als der Atmosphärendruck bei Normalbedingungen.
Oft bezeichnet man auch den Zustand dieses Volumens als Vakuum. Man unterscheidet in der Technik unterschiedliche Qualitäten des erzielten Vakuums nach der Menge der verbleibenden Materie

Vakuum kann wie folgt ausgedrückt werden:
Unterdruck in % = relativer Druck im Vergleich zum atmosphärischen Druck.
Vakuum als Absolutwert im Vergleich zum absoluten Nullpunkt.

Gewöhnlich wird Vakuum in mm Hg (**mm Quecksilbersäule**) angegeben.

Vakuum wird in folgende Klassen eingeteilt:

• Grobvakuum	1013	bis	10 mbar (absolut)
• Feinvakuum	10	bis	10^{-3} mbar (absolut)
• Hochvakuum	10^{-3}	bis	10^{-6} mbar (absolut)
• Molekularvakuum	10^{-6}	bis	10^{-9} mbar (absolut)
• Ultrahochvakuum			< 10^{-9} mbar (absolut)

Umrechnungstabellen

In diesem Katalog verwendete Einheiten

1 Meter = 3,281 Fuß
1 Fuß = 0,30480 Meter

Symbol	Einheit
A	Ampere
bar	Bar
°C	Grad Celsius
dBA	Dezibel
Hz	[Hertz]
kg	Kilogramm
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³/h	Kubikmeter pro Stunde
min	Minute
mm	Millimeter
mm Hg	mm Quecksilbersäule
N	Newton
Nl	Liter bei Normalbedingungen*
V	Volt

Durchflusseinheiten

l/min	Cfm	m³/h
600	21	36
1200	43	72
1800	64	108
2400	85	144
3000	106	180
3600	128	216
4200	149	252
4800	170	288
5400	191	324
6000	213	360
6600	234	396
7200	255	432
7800	277	468

* Parker Legris führt alle Tests unter normalen Druck- und Temperaturbedingungen durch (1013 mbar, +20°C). Alle in diesem Katalog aufgeführten Durchflusswerte sind in Nl/min.ausgedrückt.

Vakuumeinheiten

Unterdruck (mm Hg)	Vakuum (%)	Absoluter Druck (mbar)	Unterdruck (mbar)
0	0	1000	0
-75	10	900	-100
-100	13,3	867	-133
-150	20	800	-200
-200	26,7	733	-267
-225	30	700	-300
-300	40	600	-400
-375	50	500	-500
-400	53,3	467	-533
-450	60	400	-600
-500	66,7	333	-667
-525	70	300	-700
-600	80	200	-800
-675	90	100	-900
-690	92	80	-920

Druckeinheiten

1 bar = 100 000 Pa = 100 kPa = 14,5 psi
1 Pa = 0,00001 bar = 0,000145 psi
1 psi = 0,069 bar = 6897,8 Pa

bar	➔	kPa	➔	psi	psi	➔	kPa	➔	bar
0,0005		0,05		0,0073	0,007		0,05		0,0005
0,001		0,10		0,0145	0,015		0,1		0,0010
0,005		0,5		0,0725	0,070		0,48		0,0048
0,01		1		0,145	0,150		1,04		0,0104
0,05		5		0,725	0,700		4,83		0,0483
0,069		6,9		1,000	1,000		6,90		0,0690
0,1		10		1,450	1,500		10,35		0,1035
0,25		25		3,625	3,000		20,70		0,2070
0,5		50		7,250	7,000		48,30		0,4830
0,75		75		10,875	10,000		69,00		0,690
1,0		100		14,500	15,000		103,50		1,0350
1,5		150		21,750	20,000		138,00		1,380
2,0		200		29,000	25,000		172,50		1,725
2,5		250		36,250	30,000		207,00		2,070
3,0		300		43,500	35,000		241,50		2,415
3,5		350		50,750	40,000		276,00		2,760
4,0		400		58,000	50,000		345,00		3,450
4,5		450		65,250	60,000		414,00		4,140
5,0		500		72,500	70,000		483,00		4,830
5,5		550		79,750	80,000		552,00		5,520
6,0		600		87,000	90,000		621,00		6,210
7,0		700		101,500	100,000		690,00		6,900
8,0		800		116,000	110,000		759,00		7,590
9,0		900		130,500	125,000		862,50		8,625
10,0		1000		145,000	150,000		1035		10,350
12,0		1200		174,000	175,000		1207,5		12,075
14,0		1400		203,000	200,000		1380		13,800
16,0		1600		232,000	225,000		1552,5		15,525
18,0		1800		261,000	250,000		1725		17,250
20,0		2000		290,000	300,000		2070		20,700

Temperatureinheiten

0°C = +32°F
0°F = -17,8°C

°F	➔	°C	°C	➔	°F
-40		-40,0	-40		-40
-30		-34,4	-30		-22
-20		-28,9	-20		-4
-10		-23,3	-10		+14
0		-17,8	0		+32
+10		-12,2	+10		+50
+20		-6,7	+20		+68
+30		-1,1	+30		+86
+40		+4,4	+40		+104
+50		+10,0	+50		+122
+60		+15,6	+60		+140
+70		+21,1	+70		+158
+80		+26,7	+80		+176
+90		+32,2	+90		+194
+100		+37,8	+100		+212
+110		+43,3	+110		+230
+120		+48,9	+120		+248
+130		+54,4	+130		+266
+140		+60,0	+140		+284
+150		+65,6	+150		+302
+160		+71,1	+160		+320
+170		+76,7	+170		+338
+180		+82,2	+180		+356
+190		+87,8	+190		+374
+200		+93,3	+200		+392
+210		+98,9	+210		+410
+220		+104,4	+220		+428
+230		+110,0	+230		+446
+240		+115,6	+240		+464
+250		+121,1	+250		+482