

Kapitel 1:

Pneumatische Grundbegriffe



Alle Inhalte dieser Präsentation, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt (Copyright). Bitte fragen Sie uns, falls Sie die Inhalte dieser Präsentation verwenden möchten. Nutzung auch in Teilen nur mit ausdrücklicher Zustimmung der Hafner-Pneumatik Krämer KG.

Was ist Pneumatik?

Pneumatik ist die Verwendung von Druckluft in Wissenschaft und Technik zur Verrichtung mechanischer Arbeit und zur Steuerung.

In der Industrie findet die Pneumatik oft ihre Anwendung im Bereich der Automatisierungstechnik. Wir können entweder über **Pneumatik** oder über **pneumatische Systeme** reden.

Im Rahmen dieser Schulung verstehen wir unter Pneumatik **Steuerung und Kraftübertrag durch Druckluft**.

Vorteile und Nachteile der Pneumatik

Die pneumatischen Systeme haben **sehr viele Vorteile**, die wichtigsten sind:

- Das Medium, also die Druckluft stammt aus unserer Umgebung. Daher steht sie unbegrenzt zur Verfügung.
- Nach Gebrauch erlangt die Druckluft ihren ursprünglichen Zustand. Sie kann unbedenklich in die Umgebung ausströmen.
- Die Druckluft ist flexibel komprimierbar, deshalb ist sie besonders gut anwendbar bei Vibrationsdämpfungen und Federungen.
- Die Druckluft lässt sich durch Rohre schnell und mit geringen Verlusten transportieren.
- Die Druckluft lässt sich bei erhöhter Feuer- und Explosionsgefahr verwenden.
- Dank der Druck- und Mengenregulierung kann die Energieübertragung innerhalb breiter Grenzen geregelt werden.
- Pneumatische Komponenten lassen sich einfach montieren und instand halten. Die Funktionalität ist sehr zuverlässig.

Neben den Vorteilen müssen wir auch die **typischen Nachteile** kennen:

- Die Druckluft – abhängig von der Anwendung – verlangt eine Aufbereitung, insbesondere Filtrierung und Trocknung.
- Druckluft ist aufgrund hoher Strompreise und beschränkter Wirkungsgrade der Kompressoren eine relativ teure Energieform.
- Aufgrund der Komprimierbarkeit von Luft lässt sich eine belastungsunabhängige Positionierung der Aktoren nicht realisieren.

Kapitel 1:

Pneumatische Grundbegriffe



Physikalische Grundbegriffe, Maßeinheiten

Das SI-Maßeinheitensystem basiert auf zahlreichen Grund- und davon abgeleitete Maßeinheiten. Wir befassen uns damit nicht im Detail.

[**Internationales Einheitensystem**: abgekürzt **SI** von französisch *Système international d'unités*]

Maßeinheiten, die in der Pneumatik interessant sind:

- Meter – m (Länge / Strecke)
- Kilogramm – kg (Masse)
- Sekunde – s (Zeit)
- Kelvin – K (Thermodynamische Temperatur)

Abgeleitete Maßeinheiten, die wir hier diskutieren:

- Newton – N (Kraft)
- Pascal – Pa (Druck)

Kraft

Kraft ist eine gerichtete physikalische Größe, die eine wichtige Rolle in der technischen Mechanik spielt. Sie kann Körper beschleunigen oder verformen. Durch Kraftwirkung kann man Arbeit verrichten und die Energie eines Körpers verändern. Einige Kräfte haben eigenständige Bezeichnungen aufgrund ihrer Ursachen oder Wirkungen erhalten. Dazu gehören die Reibungskraft, die Gewichtskraft und die Fliehkraft. Die heutige Physik unterscheidet vier Grundkräfte, die alle diesen Ausformungen von Kraft zugrunde liegen. In diesem Zusammenhang wird der Begriff Wechselwirkung gleichbedeutend mit Kraft verwendet.

- Formelzeichen: **F**
- Einheit: **Newton**
- Formelzeichen der Einheit: **N**
- In SI dargestellt: $\frac{kg \cdot m}{s^2}$

Kapitel 1:

Pneumatische Grundbegriffe



Druck

Der **Druck** ist ein Maß für den Widerstand, den Materie einer Verkleinerung des zur Verfügung stehenden Raumes entgegensetzt. Druck ist eine intensive, skalare physikalische Größe und ein Spezialfall der mechanischen Spannung. Sie gibt die Kraft an, die pro Flächeneinheit senkrecht auf eine Bezugsfläche wirkt.

$$p = \frac{F}{A}$$

- Formelzeichen: **P**
- Einheit: **Pascal**
- Formelzeichen der Einheit: **Pa**
- In SI dargestellt: $\frac{N}{m^2}$

Bei Druck werden häufig die folgenden Multiplikatoren verwendet:

1 kPa (Kilopascal) = 1.000 Pa

1 MPa (Megapascal) = 1.000.000 Pa

Die Verwendung der Einheit **bar** hat sich in der Fluidtechnik generell durchgesetzt.

1 bar = 100,000 Pa = 0.1 MPa = 0.1 N/mm²

1 mbar = 0,001 bar

1 nbar = 0,000000001 bar

In einigen Ländern – wie z. B. in Großbritannien oder in der USA – wird noch die Maßeinheit **psi** (pounds per square inch - Pfund pro Quadratzoll) verwendet.

1 psi = 0,07 bar (gerundet)

Normal atmosphärischer Druck ist der Druck bezogen auf die Meereshöhe, dessen Wert ist 1 atm (Atmosphäre).

1 atm = 101.325 Pa = 1013,25 mbar (*Millibar*) oder hPa (*Hektopascal*)

Diese Maßeinheit wird meistens in der Meteorologie verwendet.

In der Praxis **1 atm = 1 bar**.

Kapitel 1:

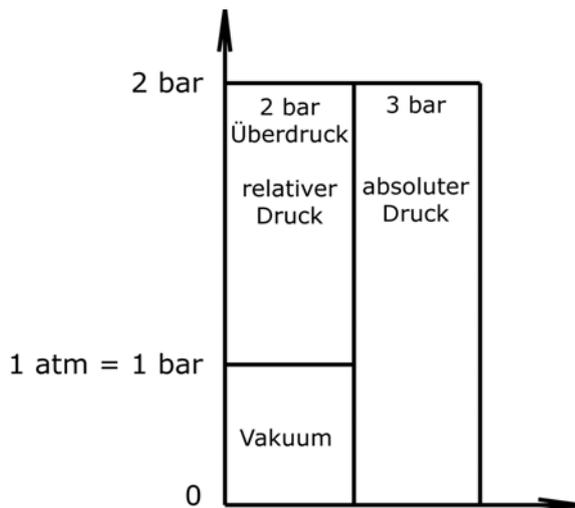
Pneumatische Grundbegriffe



Der **Überdruck** zeigt den Wert des Druckes über dem **atmosphärischen Druck**.

Wird der Wert als **absoluter Druck** angegeben, wird auch der vorhandene atmosphärische Druck mitgerechnet. Der absolute Druck wird also ab 0 Pa = komplettes Vakuum gerechnet.

Absoluter Druck = normaler atmosphärischer Druck + Überdruck (relativer Druck)



Zusammenfassung von Bezeichnungen:

- $P_{(a)}$: Absoluter Druck
- $P_{(t)}$: Überdruck
- $-P_{(t)}$: Vakuum

Beispiele:

- 6 bar Überdruck = 6 bar_(t)
- 7 bar absoluter Druck = 7 bar_(a)
- 0.7 bar absoluter Druck = 0.7 bar_(a) oder -0,3 bar_(t)

Die Ausdrücke „Überdruck“ und „Vakuum“ beziehen sich darauf, ob der Druck größer oder kleiner ist als der normal atmosphärische Druck.

Die Qualität des Vakuums wird in **verschiedenen Klassen** unterschieden:

Normal atmosphärischer Druck	101325 Pa	= 1,01325 bar = 1 bar
Grobovakuum	100 kPa ... 3 kPa	= 1 bar ... 0,03 bar
Feinvakuum	3 kPa ... 100 mPa	= 0,03 bar ... 0,001 mbar
Hochvakuum	100 mPa ... 1 μ Pa	= 0,001 mbar ... 0,01 nbar
Ultrahochvakuum	100 nPa ... 100 pPa	
Extrem hohes Vakuum	< 100 pPa	
Weltraum	100 μ Pa ... < 3 fPa	
Perfektes Vakuum	0 Pa	

In der Pneumatik wird die Maßeinheit **bar** sowohl für Überdruck als auch Vakuum verwendet.

Ohne weitere Angaben versteht man in der Pneumatik unter „**Druck**“ den **Überdruck = relativer Druck**.

Kapitel 1:

Pneumatische Grundbegriffe



In der Praxis:

Nachstehend rechnen wir beispielhaft aus, welche Kraft ein Zylinder mit angegebener Größe bei gegebenem Druck ausüben kann:

Nach dem Pascalschen Gesetz : $p = \frac{F}{A}$

- **p**: Druck [Pascal]
- **F**: Kraft [N]
- **A**: Oberfläche [m²]

Welche Kraft übt ein Zylinder mit Durchmesser 40 mm bei 6 bar Druck aus?

Damit wir in der Formel die richtigen Maßeinheiten verwenden, nehmen wir für den Druck die Einheit Mpa. Dies entspricht N/mm². Längenmaße geben wir in mm an.

Der Kolbendurchmesser des Zylinders:

d = 40 mm

Die Oberfläche des Kolbens ist als Kreisfläche zu berechnen:

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

In Zahlen:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{40(\text{mm})^2 \cdot 3,14}{4} = 1256 \text{ mm}^2$$

Bei einem Betriebsdruck von p = 6 bar = 0,6 $\frac{N}{\text{mm}^2}$

Ergibt sich als Druckkraft des Zylinders nach dem Pascal-Gesetz:

$$F = p \cdot A$$

In Zahlen:

$$F = p \cdot A = 0,6 \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right) \cdot 1256 (\text{mm}^2) = 753,6 \text{ N}$$

Berechnet wurde die theoretische Kraft. In der Praxis muss mit einem in Höhe von ca. 5% gerechnet werden.

Demnach kann ein Zylinder mit 40 mm Durchmesser bei 6 bar Druck etwa **716 N Druckkraft ausüben.** Dies entspricht einer Masse von ca. **73 kg.**

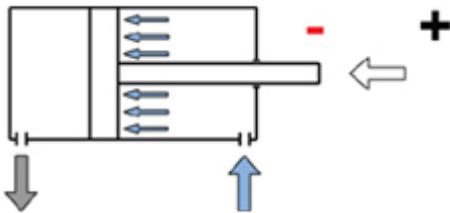
Kapitel 1:

Pneumatische Grundbegriffe



Welche Kraft übt derselbe Zylinder aus, wenn wir ihn von der Endstellung in Richtung Grundstellung zurückfahren?

Die Zugkraft desselben Zylinders **ist kleiner als die Druckkraft**, da ein Teil der Kolbenfläche von der Kolbenstange abgedeckt ist. D.h. es fehlt ein Stück der Oberfläche, auf die kein Druck einwirken kann. Die fehlende Oberfläche muss entsprechend abgezogen werden.



D = Durchmesser des Kolbens (40 mm)

d = Durchmesser der Kolbenstange (16 mm)

$$F = p \cdot A = p \cdot \left(\frac{D^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \right) = 0,6 \left(\frac{N}{mm^2} \right) \cdot \left(\frac{40(mm)^2 \cdot 3,14}{4} - \frac{16(mm)^2 \cdot 3,14}{4} \right)$$

$$F = 0,6 \left(\frac{N}{mm^2} \right) \cdot 1055,04(mm^2) = 633,024 N$$

Nach Berechnung mit einem kalkulierten Verlust von ca. 5%, kommen wir auf folgendes Ergebnis: **die Zugkraft des Zylinders ist etwa 601 N**, gegenüber der **Druckkraft** von 716 N.