

Leseprobe

Christiani

seit 1931

Betriebliche Ausbildung · Berufsfeld Metalltechnik

Pneumatik/E-Pneumatik

Pneumatische Antriebstechnik



Lösungsband für
den Ausbilder

Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG
www.christiani.de

Vorwort

In der Automatisierungstechnik haben pneumatische Antriebe eine enorme Bedeutung. Sie stehen im direkten Wettbewerb mit elektrischen und hydraulischen Antrieben. Im Vergleich zum Elektromotor sind pneumatische Antriebe einfacher zu handhaben und günstiger in der Investition, aber weniger flexibel in der Anwendung. Im Vergleich zu hydraulischen Antrieben sind pneumatische Antriebe kleiner, schneller, kostengünstiger, mit weniger Umweltproblemen belastet, aber können bei Weitem nicht die gleichen Kräfte aufbringen.

Der praktische Einsatz pneumatischer Antriebe verlangt sowohl Grundlagenkenntnisse der Pneumatik als auch Kenntnisse darüber, wie der Pneumatikzylinder einzusetzen ist, und welche Vielfalt unterschiedlicher Zylinder es heute gibt.

Der vorliegende Übungsband soll Auszubildenden und Schüler/innen die Möglichkeit geben, sich mit den pneumatischen Antrieben experimentell zu beschäftigen. Vor allem in der Ausbildung hat dabei auch der Ausbildungsbetrieb eine große Bedeutung: Welche Antriebe werden eingesetzt, welche Randbedingungen sind zu berücksichtigen, warum dieser und kein anderer Antrieb?

Daneben bietet das Angebot an Übungs-Hardware umfangreiche Möglichkeiten, in der Ausbildungswerksstatt oder im Pneumatik-Labor der Berufsschule die pneumatischen Antriebe kennenzulernen.

Bei der Entwicklung der Übungen und des Aufbaus waren zwei Auszubildende und ihr Ausbilder sehr hilfreich, die Versuchsanleitungen aufgebaut, kommentiert und ergänzt haben.

Herr Joscha Völker und Herr Fabian Lang haben inzwischen ihre Ausbildung zum Mechatroniker erfolgreich abgeschlossen. Herr Petros Kermentzoglou, Ausbilder, hat die beiden betreut und mit ihnen die Versuchsaufbauten besprochen.
DANKE!

Wenn Sie Fragen oder Anregungen, Kritik oder Änderungswünsche haben, senden Sie eine Mail an info@christiani.de

Bergisch Gladbach, April 2020

Übung 1: Kraft, Druck, Luftdruck, Druckluft	3
Kraft	3
Druck	5
Druckluft	7
Übung 2: Woher kommt die Druckluft?	9
Übung 3: Umsetzung von Druckluft in Bewegung: Einfach- und doppeltwirkender Kolbenstangenzylinder	13
Übung 4: Druckluft schalten: Das Pneumatikventil	25
Übung 5: Die Geschwindigkeit des Pneumatikzylinders	31
Übung 6: Eine Drehbewegung mit Druckluft erzeugen	35
Übung 7: Ein Zylinder ohne Kolbenstange	37
Übung 8: Pneumatisch greifen	39
Übung 9: Mit Unterdruck arbeiten	43
Übung 10: Material stoppen	49
Übung 11: Die Kolbenstange anhalten	53
Übung 12: Sonderbauformen von pneumatischen Antrieben	61
Anhang	
Geräteliste für die Übungen	65
Sachwortverzeichnis	67

Übung 1

3

Übung 1: Kraft, Druck, Luftdruck, Druckluft

Kraft

Mit pneumatischen Antrieben wird Kraft ausgeübt. Daher ist es wichtig, den Begriff der Kraft zu kennen und zu verstehen.

- **Definieren** Sie den Begriff „Kraft“,
- benennen Sie **Formelzeichen** und **Einheit**.

Kraft ist nicht sichtbar, sondern nur an seiner **Wirkung** zu erkennen.

Eine Kraft kann einen Körper beschleunigen: Mit der Kraft meiner Beine setze ich das Fahrrad in Bewegung.

Eine Kraft kann einen Körper halten: Mit der Kraft meines Arms halte ich eine Flasche Wasser hoch.

Eine Kraft kann einen Körper verformen: Mit der Kraft meines Armes verbiege ich ein Rohr.

Eine Kraft kann einen Körper zerstören: Mit der Kraft meines Armes (und mit Hilfe eines Hammers) zerstöre ich die Scheibe.

Physikalisch: Kraft ist Masse mal Beschleunigung.

Kraft ist $F = m \cdot a$ ($F = m \cdot g$)

F: **Formelzeichen** für Kraft

m: Formelzeichen für die Masse (das Gewicht)

a: Formelzeichen für die Beschleunigung

g: Formelzeichen für die Erdbeschleunigung

Die Einheiten sind:

Einheit der Kraft: N (Newton)

Einheit der Masse: kg (Kilogramm)

Einheit der Beschleunigung: $\frac{m}{s^2}$ (Meter pro Sekunde zum Quadrat)



Formelzeichen
symbol

Einheit
unit

Kraft
force

Formelzeichen und Einheiten



Kraft ist Masse mal Beschleunigung
force is the product of mass and acceleration
force is mass times acceleration

4

Übung 1



Gewichtskraft
weight force

Beschleunigung
acceleration

Erdbeschleunigung
gravity

Beispiel: Mein Rucksack

Sie packen Ihren Rucksack mit Büchern, Taschenrechner, Wasserflasche und mehr. Anschließend stellen Sie Ihren Rucksack auf eine Waage und messen das „Gewicht“. Sie wissen, dass dieser Rucksack auf dem Mond viel „leichter“ ist als bei uns auf der Erde. Der Fachbegriff ist die „Gewichtskraft“ F_G .

- Was ist die Gewichtskraft?
- Angenommen die Waage zeigt für Ihren Rucksack den Wert 8,3.
 - Welche Einheit gehört zu diesem Wert?
 - Welche Gewichtskraft hier auf der Erde ergibt sich daraus?

Die Gewichtskraft $F_G =$ Masse mal Erdbeschleunigung, $F_G = m \cdot g$

Die Waage zeigt die Masse des Objektes an, sie benutzt dafür allerdings die Gewichtskraft. Auf dem Mond würde die Waage nicht funktionieren.

Konkret: Die Waage zeigt 8,3.

Das ist die Masse, also ist $m = 8,3 \text{ kg}$.

Die Erdbeschleunigung ist $g: g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Dann ist $F_G = 8,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 81,4 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} = 81,4 \text{ N}$

Beispiel: Beschleunigung

Ein Mittelklasse-Auto mit einem Gewicht von etwa 1,5 to beschleunigt laut Datenblatt in 9 Sekunden von 0 auf 100 km/h.

- Wie groß ist die durchschnittliche Beschleunigung?
- Wie groß ist die Beschleunigung im Vergleich zur Erdbeschleunigung?
- Welche Kraft ist nötig für diese Beschleunigung?

Gegeben: $m = 1,5 \text{ to} = 1500 \text{ kg}$ $t = 9 \text{ s}$

$v_{\text{Anfang}} = 0 \text{ km/h}$

$v_{\text{Ende}} = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$

Gesucht: a, F

Formeln: $F = m \cdot a, v = a \cdot t$

Rechnung: $a_{\text{Auto}} \cdot 9 \text{ s} = 27,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad | : 9 \text{ s}$

$a_{\text{Auto}} = 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

$\frac{a_{\text{Auto}}}{g} (\%) = \frac{3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 100}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 31,46 \%$

Übung 1

5

Die Erdbeschleunigung ist rund 3 mal stärker als die Beschleunigung des beschriebenen Autos.

$$F = 1500 \text{ kg} \cdot 3,1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 4650 \text{ N} = 4,65 \text{ kN}$$

Druck

Pneumatik arbeitet mit Druckluft, das dürfte Ihnen bekannt sein. Um Druckluft zu verstehen, muss geklärt sein, was „Druck“ ist. Denn Druck muss nicht mit Luft (oder gasförmigen Medien) verknüpft sein, sondern hat eine große Bedeutung in vielen Bereichen der Technik.

- **Definieren** Sie den Begriff „Druck“,
- benennen Sie **Formelzeichen** und **Einheit**

Definition: Druck ist Kraft pro Fläche.

Das **Formelzeichen** des Drucks ist p (klein geschriebenes p).

Die **Einheit** des Drucks ist Pa (Pascal).

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$$

- „1 Pa“ ist eine unhandliche und schwer vorstellbare Einheit. Daher soll sie etwas verständlicher werden. Da $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2}$ ist, soll diese Einheit anschaulicher werden:
 - Nennen Sie drei Beispiele für die Gewichtskraft von 1 N.
 - Nennen Sie drei Beispiele für die Fläche von 1 m^2

Die Gewichtskraft von 1 N wird hier auf der Erde verursacht von einer Masse von rund 0,1 kg (genauer 101,94 g). Beispiele für diese Masse sind

- eine Tafel Schokolade,
- etwa 2 kleine Eier,
- 100 ml Wasser, also ungefähr $\frac{1}{2}$ Glas Kölsch, ein kleines Glas Wein ... oder
- ein halbes iPhone 8plus.

Die Fläche von 1 m^2 ist

- die Fläche eines Quadrats mit der Kantenlänge von 1 m,
- die Fläche eines Rechtecks mit beispielsweise den Kanten $\frac{1}{2} \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 500 \text{ mm} \cdot 2000 \text{ mm}$,
- die Kreisfläche mit dem Durchmesser von 1128 mm,
- die Fläche eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge $l = 1,075 \text{ m}$ oder
- die Fläche eines Bildschirm mit dem Seitenverhältnis 16:9 und einer Diagonale von 60“.



Druck
pressure



Quadrat
square

Rechteck
rectangle

Kreis
circle

Dreieck
triangle

6

Übung 1



Umgebungsdruck
 ambient pressure

Die Einheit Pa für Pascal ist auch deshalb nicht sehr gebräuchlich, weil sie nicht zu dem Druck passt, der im Alltag am häufigsten genannt wird: Der Umgebungsdruck. In unserer Umgebung herrscht ein Druck von etwa 100 000 Pa, genannt „1 bar“. Das bedeutet:
 1 bar = 100 000 Pa
 Bitte füllen Sie die nachfolgende Tabelle aus:

1 bar	Pa	MPa	kPa	N/cm ²	N/mm ²	mbar
1	100 000	0,1	100	10	0,1	1000

Nun soll die Abhängigkeit des Drucks von Kraft und Fläche noch etwas genauer betrachtet werden.

Betrachten Sie einen Schifahrer. Schifahrer können über Schnee fahren, auch wenn Wanderer längst einsinken würden. Angenommen unser Wintersportler habe ein Gewicht von 85 kg, der Ski habe eine Länge von 1,8 m und eine Breite von 6 cm, ein Wanderschuh der Größe 42 habe eine Länge von 300 mm und eine Breite von 150 mm (Schi und Schuhe werden vereinfacht als Rechteck betrachtet). Welchen Druck übt der Schifahrer, welchen Druck der Wanderer auf den Schnee aus?

Geg.: $A_{\text{Schi}} = 1,8 \text{ m} \cdot 6 \text{ cm}$ $A_{\text{Schuh}} = 300 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm}$ $m = 85 \text{ kg}$

Ges.: $p_{\text{Schi}}, p_{\text{Schuh}}$

Formeln: $F = p \cdot A$ $F_G = m \cdot g$

Rechnung: $p_{\text{Schi}} = \frac{85 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{1,8 \text{ m} \cdot 0,06 \text{ m}} = 7720,8 \text{ Pa} = 0,0772 \text{ bar}$

$p_{\text{Schuh}} = \frac{85 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,3 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m}} = 18530 \text{ Pa} = 0,185 \text{ bar}$

Der Druck des Wanderers auf den Schnee ist also mehr als doppelt so hoch wie der Druck des Skifahrers.



Fläche
 area

Bei der Klärung, was Gewichtskraft ist, haben Sie einen Rucksack so gepackt, dass er 8,3 kg schwer ist. Wenn der Rucksack auf dem Boden steht, belege er eine Fläche von rund $40 \cdot 15 \text{ cm}^2$. Welchen Druck übt der Rucksack auf den Boden aus? Und wie klein müsste die Standfläche sein, damit der Druck auf 500 bar ansteigt?

Geg.: $m = 8,3 \text{ kg}$ $A = 40 \text{ cm} \cdot 15 \text{ cm}$

Ges.: p, A , bei $p = 500 \text{ bar}$

Formeln: $F = p \cdot A$ $F_G = m \cdot g$

Rechnung: $p_{\text{Rucksack}} = \frac{8,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,4 \text{ m} \cdot 0,15 \text{ m}} = 1357 \text{ Pa} = 0,0136 \text{ bar}$

$A_{500 \text{ bar}} = \frac{8,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{5000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1,628 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 1,628 \text{ mm}^2$

Hinweis

Beachten Sie sorgfältig die Einheiten.

Um die Fläche zu berechnen benutzen Sie die Formel:

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

Die Einheiten sind:

$\text{m}^2 = \frac{\text{N}}{\text{Pa}}$

Damit das funktioniert, muss Pa zurück auf die SI-Einheiten geführt werden:

$\text{m}^2 = \frac{\text{N}}{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{N}} = \text{m}^2$

Übung 1

7

Druckluft

Wenn klar ist, was Druck ist, dann kann auch die Druckluft verstanden werden. Dazu sind wieder einige Begriffe zu erklären.

- **Definieren** Sie die Begriffe Druckluft und Luftdruck.
- Erstellen Sie eine **grafische** Darstellung mit den Begriffen Überdruck, Unterdruck, Umgebungsdruck, Absoluter Druck, Vakuum.

Definitionen:

Druckluft ist komprimierte Luft mit einem Druck, der anders als der umgebende (atmosphärische) Druck ist.

Luftdruck ist der Druck, den die Luft in einem Raum hat. Der Luftdruck in unserer Umgebung ist etwa 1 bar (absolut), der Luftdruck in einem Langstreckenflugzeug während des Flugs entspricht ungefähr dem Luftdruck in 2500 m Höhe, also rund 0,75 bar (absolut).

Druckbereiche:

Druck ist Kraft pro Fläche.

Umgebungsdruck oder atmosphärischer Druck ist der Luftdruck in der Umgebung.

Überdruck ist Druck, der höher als der Umgebungsdruck ist.

Unterdruck ist Druck, der niedriger als der Umgebungsdruck ist.

Absoluter Druck ist Druck gemessen ab dem absoluten Nullpunkt oder ist die Summe aus Umgebungsdruck und Überdruck.

Vakuum ist ein Synonym für Unterdruck, wird manchmal auch als „absolutes Vakuum“ benutzt, also einen Raum ohne jeden Druck.



Druckluft
compressed air

Luftdruck
air pressure



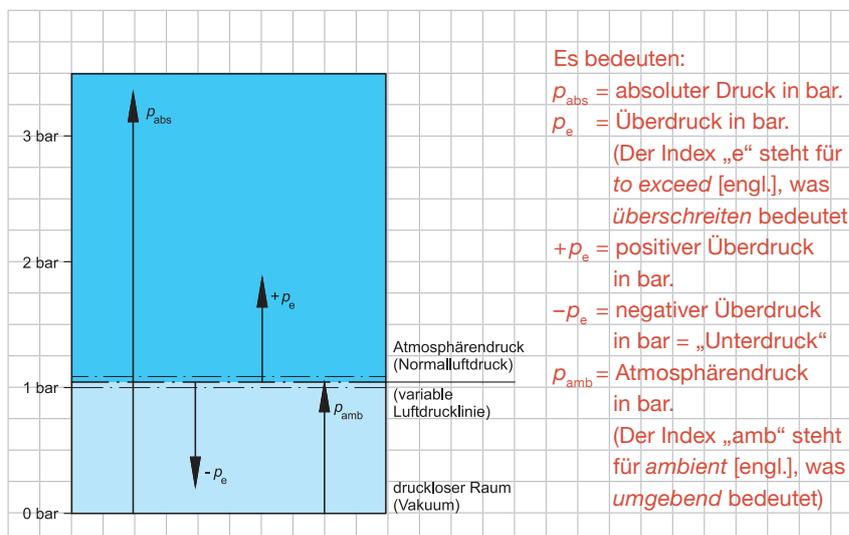
Umgebungsdruck
ambient pressure

Überdruck
pressure, positive pressure

Unterdruck
negative pressure, vacuum

Absoluter Druck
absolute pressure

Vakuum
vacuum



Es bedeuten:

p_{abs} = absoluter Druck in bar.

p_e = Überdruck in bar.

(Der Index „e“ steht für *to exceed* [engl.], was *überschreiten* bedeutet.)

$+p_e$ = positiver Überdruck in bar.

$-p_e$ = negativer Überdruck in bar = „Unterdruck“

p_{amb} = Atmosphärendruck in bar.

(Der Index „amb“ steht für *ambient* [engl.], was *umgebend* bedeutet)

L-Bild 1 Die Beziehung von Druck, Überdruck und Unterdruck

