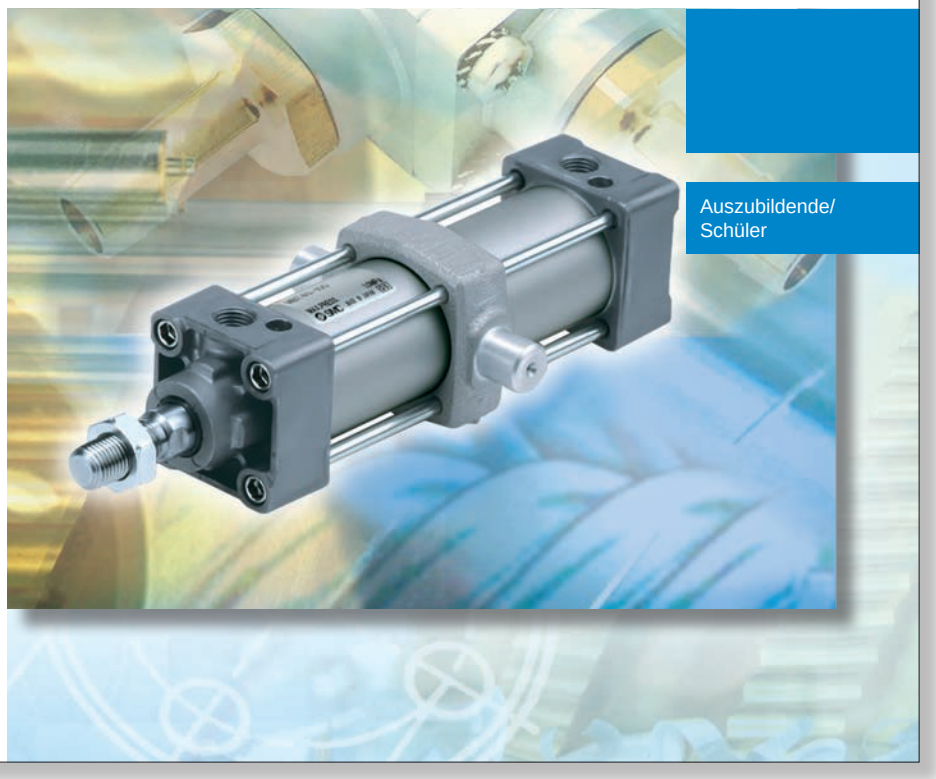
Leseprobe

Christiani

seit 1931

Pneumatik

Lehrgang für gewerbliche Berufe



Auszubildende/
Schüler

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

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

Christiani
seit 1931

Pneumatik – Lehrgang

Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Thema	Seite
Vorwort		1
Theoretischer Teil		
1	**Druckluft und gesetzliche Einheiten**	**3**
1.1	Allgemeines	3
1.2	Wirtschaftlichkeit der Druckluftgeräte	3
1.3	Physikalische Gesetze der Druckluft	3
1.4	Vorteile der Druckluft	4
1.5	Grenzen der Druckluft	4
1.6	Luftdruck (Druck)	4
2	**Drucklufterzeugung**	**7**
2.1	Erzeugeranlagen	7
2.2	Verdichterbauarten (Kompressorbauarten)	7
2.3	Druckluftbehälter	9
2.4	Lufttrockner	9
2.5	Gebräuchliche Drucklufterzeuger für kleinere Pneumatik-Anlagen	11
2.6	Sinnbilder für Verdichter und Speicher (nach DIN ISO 1219-1)	11
2.7	Sinnbilder zur Druckluftübertragung (nach DIN ISO 1219-1)	11
2.8	Aufbereitung der Druckluft	12
3	**Druckluftverteilung**	**13**
3.1	Druckluft-Verteilungsanlage	13
3.2	Druckluftnetz	13
3.3	Druckluftleitungen	14
4	**Pneumatische Bauelemente – Zylinder**	**15**
4.1	Allgemeines	15
4.2	Zylinderarten	15
4.3	Formeln zur Berechnung des Druckluftbedarfs	17
4.4	Formeln zur Berechnung der Kolbenkräfte	19
5	**Pneumatische Bauelemente – Wegeventile**	**21**
5.1	Allgemeines	21
5.2	Ventilarten	21
5.3	Wegeventile	21

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

Christiani
seit 1931

6 Kenntnissprüfung (Lernzielkontrolle 1) **27**

7 Schaltplanaufbau, Schaltkreis und Kennzeichnungsbeispiel 29
7.1 Schaltplanschema 29
7.2 Bauelemente eines Schaltkreises 29
7.3 Kennzeichnung der Bauelemente 29

8 Pneumatische Grundschaltungen 33
8.1 Allgemeines 33
8.2 Steuern einfachwirkender Zylinder 33
8.3 Steuern doppeltwirkender Zylinder 35
8.4 Steuerung mit Speicherverhalten 36
8.5 Wegabhängige Steuerung 37
8.6 Steuerungen mit Sperrventilen 38

9 GRAFCET 45
9.1 Grafische Darstellungen von Abläufen 45
9.1 Beispiel mit einem Zylinder 46
9.2 Beispiel mit 2 Zylindern 47
9.3 Symbole des GRAFCET 49

10 Kenntnissprüfung (Lernzielkontrolle 2) **55**

Praktischer Teil

11 Schaltplanaufgabe Praktische Übungen **57**
11.0 Arbeitssicherheit – Unfallverhütung 57
11.1 Praktische Übungen 1 „Schüttgutbehälter“ 58
11.2 Praktische Übungen 2 „Fallmagazin“ 60
11.3 Praktische Übungen 3 „Prägestempel“ 63
11.4 Praktische Übungen 4 „Stempeleinrichtung“ 66
11.5 Praktische Übungen 5 „Entfettungsanlage“ 68
11.6 Praktische Übungen 6 „Sortiereinrichtung“ 71
11.7 Praktische Übungen 7 „Bohrvorrichtung“ 74
11.8 Praktische Übungen 8 „Bohrvorrichtung erweitert“ 77
11.9 Praktische Übungen 9 „Prägevorrichtung“ 79

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

Christiani
seit 1931

Vorwort

Die PNEUMATIK wurde zu einem sich schnell entwickelnden Zweig der Steuerungstechnik. Die vielfältige Einsatzmöglichkeit, die verhältnismäßig einfachen Bauelemente und die relativ niedrigen Kosten sind Hauptgründe für die expansive Entwicklung.

Ohne den Einsatz von pneumatischen Arbeitsgeräten und Steuerungen ist die Rationalisierung und Automatisierung heute nicht mehr denkbar. Die Automatisierung wurde somit zum wichtigsten Anwendungsgebiet der PNEUMATIK.

Um den gewerblichen Nachwuchs und die Auszubildenden in die Technik rationalisierter Arbeitsvorgänge und automatisierter Fertigungsabläufe einzuführen, wurde die PNEUMATIK als Unterrichtseinheit in die Ausbildungspläne der Berufsschulen, der betrieblichen Ausbildungsstätten und der überbetrieblichen und technischen Bildungszentren aufgenommen.

Das vorliegende Fachbuch soll dazu beitragen, die wichtigsten Grundlagen der pneumatischen Steuerungstechnik zu vermitteln. Bei der Ausarbeitung wurde als Lernziel festgelegt, dass die Auszubildenden nach Durcharbeiten des methodisch-didaktisch aufbereiteten Stoffes einfachere pneumatische Schaltpläne lesen, Steuerungen zusammenbauen, Geräte erkennen und die Überwachung und Wartung pneumatischer Anlagen vornehmen können.

Das PNEUMATIK-Fachbuch wurde bewusst als Lehr- und Arbeitsbuch konzipiert. Das Lösen der Aufgaben, das Beantworten der Fragen und das Anfertigen der Schaltpläne kann im Unterricht oder als Hausaufgabe erfolgen. In jedem Fall sollten die Lösungen sorgfältig ausgeführt werden. Durch eine farbliche Gestaltung lassen sich die Lösungen anschaulicher darstellen.

Bestimmend für einen erfolgreichen Unterricht sind die praxisnah durchgeführten Steuerungsübungen der im Buch behandelten Grundschaltungen und Schaltplanaufgaben. Eine Grundausstattung der wichtigsten PNEUMATIK-Elemente sollte deshalb zur Verfügung stehen.

Die Grundschaltungen und Schaltplanaufgaben eignen sich besonders als Grundlage für eine handlungsorientierte Ausbildung im Beruf und in der Schule.

Die technischen Einheiten entsprechen den SI-Einheiten.

Durch Farbdruck wurden die Sinnbilder, die Schaltpläne und die Funktionsdiagramme anschaulicher.

Die Zeichnungen wurden bewusst so gestaltet, dass vor allem die Funktion einwandfrei verfolgt werden kann. Auch wurde versucht, die Wirkungsweise verständlich darzustellen.

Die einzelnen Kapitel und Abschnitte enthalten Aufgaben und Übungen zur Lernkontrolle. Die Aufgaben sind mit dem Symbol a gekennzeichnet. Für Ausbilder und Lehrer sowie für Lernende, die sich den Unterrichtsstoff im Selbststudium aneignen wollen, gibt es die „Ausgabe mit Lösungen“. Die Ergebnisse der Aufgaben sind in dieser Ausgabe grünfarben gedruckt.

Für die verwendeten Begriffe und Darstellungen wurden die entsprechenden Normen beachtet.

Dankbar wären Herausgeber und Verfasser für Anregungen und Verbesserungsvorschläge sowie für eine kritische Beurteilung des Buches. Herausgeber und Verfasser

Konstanz, Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

2.2.1 Hubkolbenverdichter

Hubkolbenverdichter gibt es als **einstufige** Kolbenverdichter (Bild 2/1) und als **mehrstufige** Kolbenverdichter (Bild 2/2) sowie als Membranverdichter (Bild 2/3). Mit einstufigen Kolbenverdichtern werden bis 8 bar Druck erzeugt, mit zweistufigen bis 20 bar und mit drei- und mehrstufigen bis 250 bar. Die lieferbare Druckluftmenge kann bis zu 8 m^3/s (≈ 500 m^3/min) betragen.

Kolbenverdichter sind in der Praxis weit verbreitet. Sie haben jedoch den **Nachteil**, dass die Luftförderung nicht stoßfrei erfolgt. Es tritt ein pulsierender Luftstrom auf. Bei geschmierten Verdichtern kann es manchmal zur unerwünschten ölhaltigen Druckluft kommen, z. B. in der Lebensmittelindustrie.
Der **Vorteil** der Kolbenverdichter liegt in der robusten Bauart und in der Sicherheit, dass ein hoher Druck der Luft erreichbar ist.

Membranverdichter (Bild 2/3) haben den Vorteil, dass die Druckluft nicht mit gleitenden Teilen in Berührung kommt. Daher werden Membranverdichter bevorzugt in der Lebensmittelindustrie, in der chemischen und pharmazeutischen Industrie eingesetzt.

2.2.2 Drehkolbenverdichter

Drehkolbenverdichter gibt es als Vielzellen-Rotationsverdichter, als Zweizellen-Schraubenverdichter und als Rootsverdichter.

Vielzellen-Rotationsverdichter (Bild 2/4) sind für kleinere bis mittlere Drücke (einstufig bis 4 bar und zweistufig bis 8 bar) geeignet. Die lieferbare Druckluftmenge beträgt bis 1,7 m^3/s (≈ 100 m^3/min).

Schraubenverdichter (Bild 2/5) liefern Drücke bis 10 bar und Druckluftmengen zwischen 0,25 m^3/s und 7 m^3/s (15 und 420 m^3/min).

Rootsverdichter[1] (Bild 2/6) sind Kompressoren für niedrige Drücke bis etwa 1 bar. Sie haben zwei gegenläufige Drehkolben und arbeiten ohne innere Verdichtung. Der Druck wird allein durch den Widerstand erzeugt, welcher der strömenden Luft entgegenwirkt. Man erreicht deshalb nur verhältnismäßig niedrige Drücke. Der Arbeitsraum läuft mit dem rotierenden Teil des Verdichters um. Dabei ändert er periodisch sein Volumen. Rootsverdichter benötigen deshalb weder Saug- noch Druckventile.

[1]Rootsverdichter = (sprich: *rut*-Verdichter; nach dem amerikanischen Erfinder Root). Rootsverdichter sind Kapselverdichter zur Förderung von Gasen und Luft nach dem Verdränger-Verdichter-Prinzip.

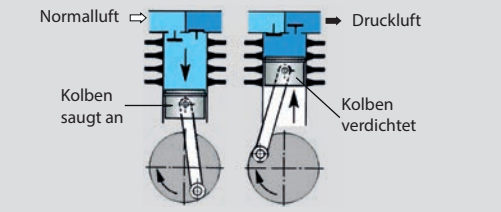


Bild 2/1: Einstufiger Kolbenverdichter

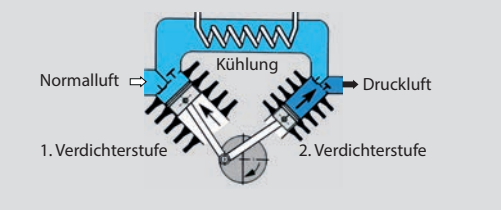


Bild 2/2: Zweistufiger Kolbenverdichter

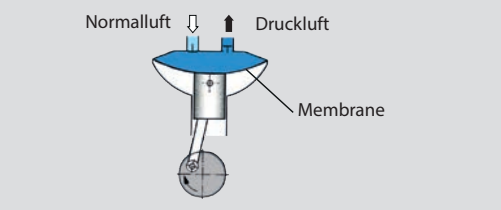


Bild 2/3: Membranverdichter

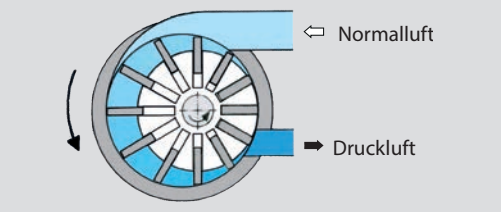


Bild 2/4: Vielzellen-Rotationsverdichter

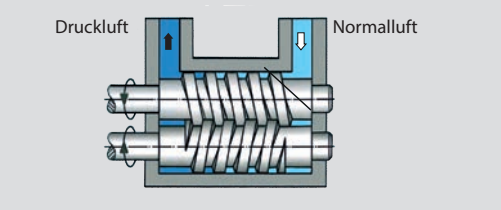


Bild 2/5: Schraubenverdichter

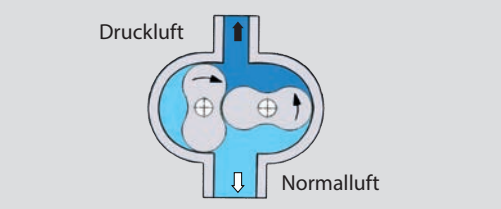


Bild 2/6: Rootsverdichter

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

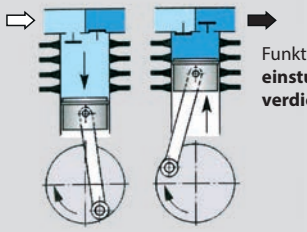
Christiani
seit 1931

2 Drucklufterzeugung

Name _____
Klasse _____
Datum _____

2.5 Gebräuchliche Drucklufterzeuger für kleinere Pneumatik-Anlagen

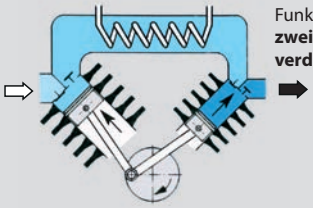
Einstufiger Kolbenverdichter
(Hubkolbenverdichter)



Funktionsschema eines **einstufigen Hubkolben-verdichters**

Bild 2/12

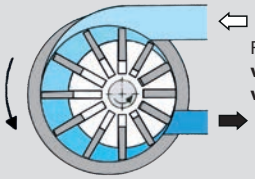
Zweistufiger Kolbenverdichter
(Hubkolbenverdichter)



Funktionsschema eines **zweistufigen Hubkolben-verdichters**

Bild 2/13

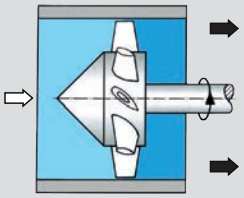
Vielzellen-Rotationsverdichter
(Drehkolbenverdichter



Funktionsschema eines **vielzelligen Drehkolben-verdichters**

Bild 2/14

Axialverdichter
(Strömungsverdichter)



Funktionsschema eines **axialen Strömungs-verdichter**

Bild 2/15

2.6 Sinnbilder für Verdichter und Speicher (nach DIN ISO 1219-1)

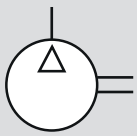


Bild 2/16

Bild 2/17

2.7 Sinnbilder zur Druckluftübertragung (nach DIN ISO 1219-1)

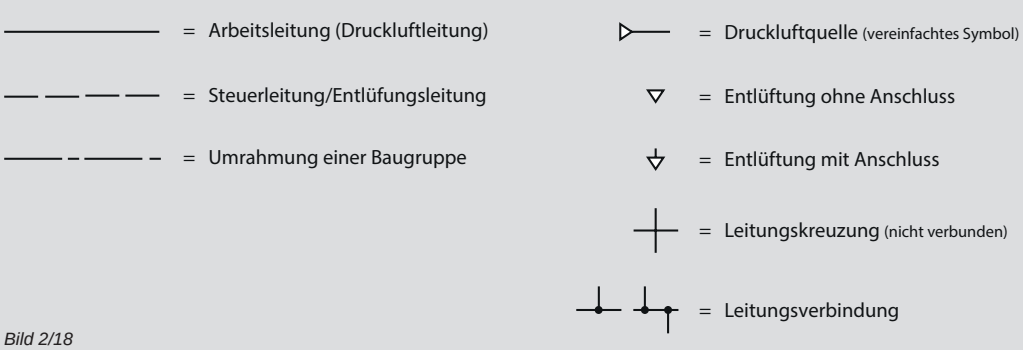


Bild 2/18

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

Beispiele für Druckluftnetze mit Ringleitungen, Querleitungen und Stichleitungen

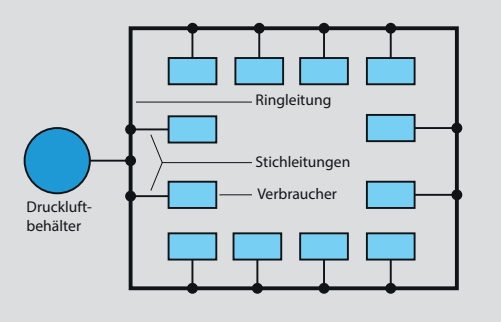


Bild 3/2: Stichleitungen gehen von der Ringleitung ab

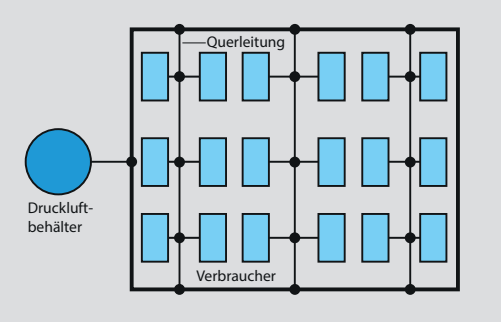


Bild 3/3: Stichleitungen gehen von den Querleitungen ab

3.3 Druckluftleitungen

Als **Druckluftleitungen** verwendet man verschraubtes oder geschweißtes **Stahlrohr** sowie **Kunststoffrohre**.

In Strömungsrichtung werden die Leitungen mit 1 bis 2 % Gefälle verlegt, damit das im Rohrnetz anfallende Kondensat abfließen kann.

Der erforderliche Leitungsquerschnitt ist von der benötigten Druckluftmenge, der Leitungslänge und den eingebauten Drosselstellen abhängig.

Als Druckluftleitungen für Zylinder und Steuerelemente werden vorwiegend **Kunststoffschläuche** verwendet.

a1 Welche Aufgabe hat der Druckluftbehälter in einer Druckluft-Verteilungsanlage?

a2 Wie wird anfallendes Kondenswasser (Kondensat) in einem Rohrleitungsnetz abgesondert?

a3 Wovon ist der erforderliche Leitungsquerschnitt eines Druckluft-Verteilungsnetzes abhängig?

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

Beispiel für Druckluftbedarf und Druckluftkosten

Ein einfachwirkender Zylinder mit 50 mm Kolbendurchmesser und einem Hub von 70 mm wird mit Druckluft von p_e = 6 bar beaufschlagt und 20-mal je Minute betätigt.

a Berechnen Sie:

a) Den Druckluftbedarf je Minute und je Stunde

b) Die Druckluftkosten je Stunde, bei einem Preis von 0,05 € je m^3 angesaugter Luft (Preis angenommen)

c) Wie groß wäre der Druckluftbedarf und wie hoch wären die Druckluftkosten, wenn der Zylinder doppeltwirkend wäre?

Gegeben: D = 50 mm = 5 cm

s = 70 mm = 7 cm

n = 20 $\frac{1}{\text{min}}$ (Hubzahl je Minute)

p_e = 6 bar

Druckluftpreis = 0,05 € je m^3 angesaugter Luft (Preis angenommen)

Gesucht: a) Q = ? $\frac{cm^3}{min}$ = ? $\frac{L}{min}$ = ? $\frac{m^3}{min}$

= ? $\frac{L}{h}$ = ? $\frac{m^3}{h}$

b) Druckluftkosten = ? €

c) Druckluftbedarf und Druckluftkosten bei einem doppelwirkenden Zylinder mit gleichen Abmessungen?

(Bei doppeltwirkenden Zylindern sind auch andere Hublängen möglich, z. B. 140 mm; 200 mm; 250 mm.)

Lösung

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG

M. Bodmer, R. Luz | Pneumatik
Auszubildende/Schüler
2. Auflage 2024
Artikelnr.: 77363 | ISBN 978-3-86522-537-5

Christiani
seit 1931

4 Pneumatische Bauelemente – Zylinder

Name _____
Klasse _____
Datum _____

4.4 Formeln zur Berechnung der Kolbenkräfte

$$F = p_e \cdot A \cdot \eta$$

Es bedeuten:

F = Kraft in N

p_e = Überdruck in $\frac{N}{mm^2}$ $\left(\frac{N}{cm^2}\right)$

A = mit Druckluft beaufschlagte Kolbenfläche in mm^2; (cm^2)

η = Wirkungsgrad

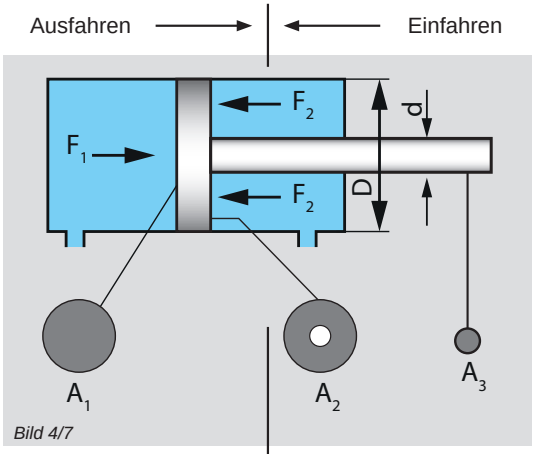


Bild 4/7

Kraft beim Ausfahren der Kolbenstange

$$F_1 = p_e \cdot A_1 \cdot \eta$$

Kraft beim Einfahren der Kolbenstange

$$F_2 = p_e \cdot A_2 \cdot \eta$$

Es bedeuten:
D = Kolbendurchmesser in mm; (cm)
d = Kolbenstangendurchmesser in mm; (cm)

A_1 = Kolbenfläche; $A_1 = \frac{D^2 \cdot \delta}{4}$ in mm^2; (cm^2)

A_2 = Kolbenringfläche in mm^2; (cm^2)

A_3 = Kolbenstangenfläche; $A_3 = \frac{d^2 \cdot \delta}{4}$ in mm^2; (cm^2)

$$A_2 = A_1 - A_3$$

© by Dr.-Ing. Paul Christiani GmbH & Co. KG