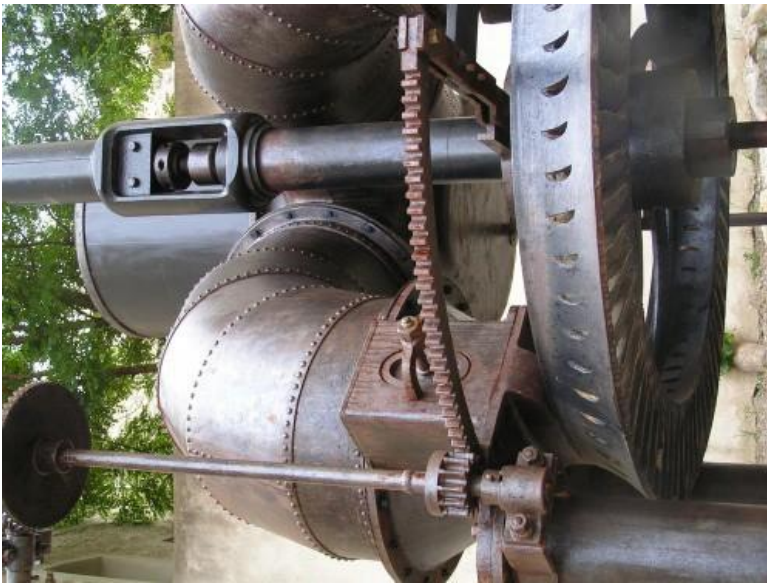


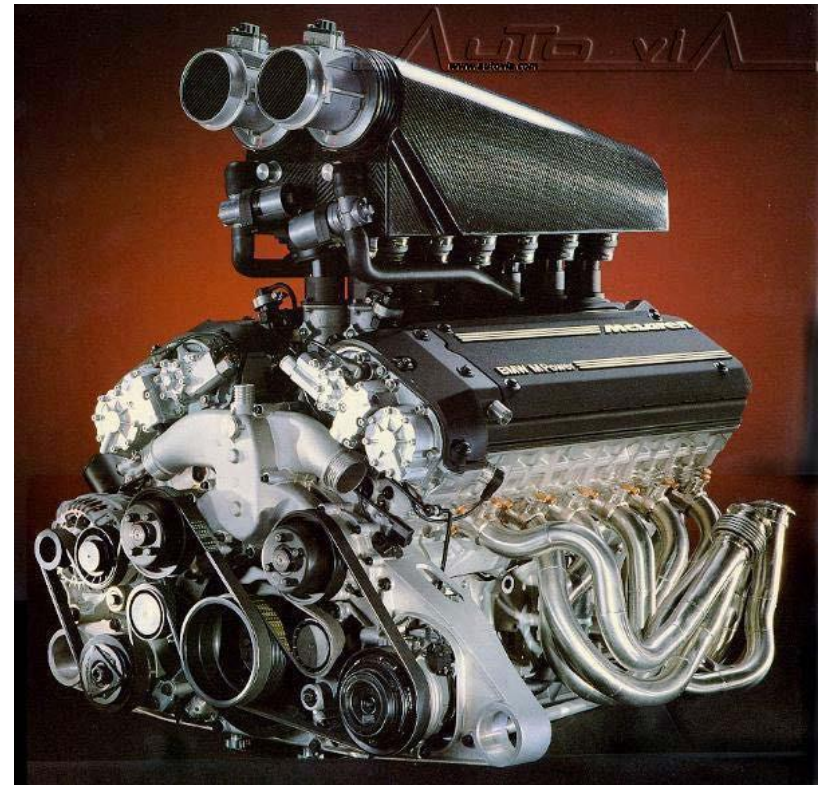
Kolben- und Strömungsmaschinen

Praktikum 0: Einführung

Praktikum 1: Pumpen und Verdichter



Peter Weilacher Alte Wasserturbine in Frankreich
www.fotocommunity.de/pc/pc/display/22312296



http://www.autovia.com/extras/wallpaper/McLaren/McLaren_F1_motor.jpg

Studienangebote:

de.wikipedia.org/wiki/Wasserturbine ver

Vorlesung:

**Professor B. Buchholz am Dienstag
um 11:00 Uhr im Großer Hörsaal**

Ab Ende Mai Professor Wurm



Praktika:

Freitag 07:30 Uhr

Raum 112

Sascha Prehn

Mittwoch 07:30 Uhr

Raum 07

Volker Wichmann

Modul: Kolben- und Strömungsmaschinen: **6 Leistungspunkte**

Geplanter Lehrumfang für 6LP:

Präsenzzeit: 2 Semesterwochenstunden - Vorlesung

Präsenzzeit: 2 Semesterwochenstunden - Praktika

Eigenstudium: 4 Semesterwochenstunden

Organisatorisches:

- Nehmen Wirtschaftsingenieure bzw. Physiker an den Übungen teil?
- Es werden zwei Übungen mit jeweils maximal 25 Teilnehmern angeboten
- Zu jeder Übung werden online auf der LKV – Internetseite die Aufgaben und Hausaufgaben bereitgestellt
www.lkv.uni-rostock.de **Passwort : seiliger**
- Zu den einzelnen Übungen müssen die Aufgaben, die Formelsammlung „Thermodynamik“ und Taschenrechner mitgebracht werden.

Literaturverzeichnis:

1. Küttner: Kolbenmaschinen: Kolbenpumpen, Kolbenverdichter, Brennkraftmaschinen Vieweg Verlag 2011;
2. W. Kalide: Energieumwandlung in Kraft- und Arbeitsmaschinen Carl Hanser Verlag Wien (2005)

Weitere Literatur siehe: Buchverzeichnis

unter www.lkv.uni-rostock.de

Arbeitsmaschine 5000 Jahre alt
Grundlage der Bronzezeit
Leistung 100 Watt



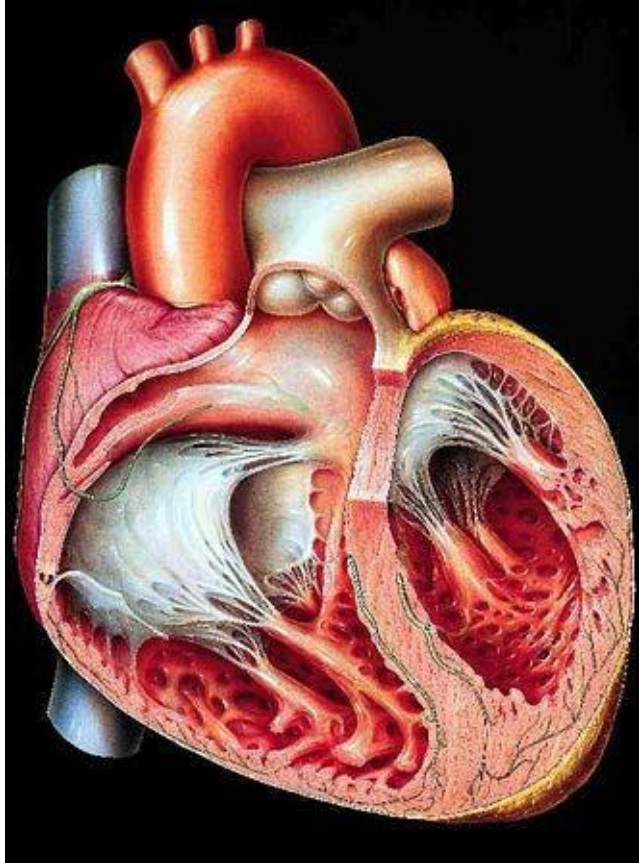
www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/506045

Kraftmaschine 80 Jahre alt
Grundlage der Raumfahrt
Leistung 6720 MW thermisch



[www.ask.com/wiki/RD-170_\(rocket_engine\)](http://www.ask.com/wiki/RD-170_(rocket_engine))

www.planet-wissen.de/..herz/index.jsp



http://web.me.com/michael.mac.mann/te mp/motor_schnitt.jpg



Gemeinsamkeiten/Definition Kolbenmaschine:

- veränderliches Volumen des Arbeitsraumes
- örtlich druckhomogener Arbeitsraum
- diskontinuierliche Arbeitsweise

Ziele der Praktika

sind das legen von Grundlagen für die Berechnung und Auslegung von Kolbenmaschinen:

- Verbrennungsmotoren
- Pumpen
- Verdichtern

Hierfür werden die verschiedenen Vergleichsprozesse kurz erläutert, die Unterschiede zwischen den idealen und realen Kreisprozessen dargestellt und die aus der Verbrennung resultierende Kräfte am Kurbeltriebwerk ausgewiesen. Weiterhin wird die Abgasnachbehandlung für Verbrennungsmotoren kurz erläutert.

Einen vertiefenderen Einblick in dieses Thema wird in den Vorlesungen Verbrennungsmotoren I und II Strömungsmaschinen I und II gegeben, ist also nicht Ziel der Vorlesung Kolben- und Strömungsmaschinen

Passwort : seiliger

Stoffwerte die häufig für Berechnungen benötigt werden:

Luft:

$$R = 287 \text{ J/kg K}$$

$$c_p = 1004 \text{ J/kg K}$$

$$c_v = 717 \text{ J/kg K}$$

$$m_s = 0,286$$

$$\kappa = 1,4$$

$$\text{Dichte bei Normzustand (1bar; } 0^\circ\text{C)} = 1,29 \text{ kg/m}^3$$

Wasser:

$$c_p = 4200 \text{ J/kg K}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Kraftstoff: zutreffend in erster Näherung sowohl für Dieselmotoren als auch Benzin

$$\rho = 840 \text{ kg/m}^3$$

$$H_u = 42600 \text{ kJ/kg}$$

$$l_{\min} = 14,6 \text{ kg/kg}$$

$$c_p = 2100 \text{ J/kg K}$$

Schmieröl:

$$\rho = 860 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 2100 \text{ J/kg K}$$

Kolben- und Strömungsmaschinen

Praktikum 1: Kolbenpumpen und Verdichter



Quelle: Bachelorarbeit Sebastian Kühn, Systematisierung von Kolbenpumpen und -verdichtern nach Bauformen und Betriebsdrehzahlen

1. Praktikum:

- Abgrenzung zur Strömungsmaschine
- Unterschied Kraft- und Arbeitsmaschine
- Kolbenpumpen und Kolbenverdichter
- reale/ideale Kolbenpumpe und –verdichter im $p - V$ Diagramm
- Aufbau und Wirkungsweise von Kolbenpumpen und –verdichtern
- Beispiele und Einsatzgebiete von Kolbenpumpen und -verdichter
- Übungsaufgabe: Kolbenpumpe

Unterschied zwischen Kolben- und Strömungsmaschinen

➤ Kolbenmaschine:

- arbeitet nach dem Verdrängerprinzip
- diskontinuierliche Arbeitsweise
- örtlich homogener Druck im Arbeitsraum
- veränderliche Volumina des Arbeitsraumes
- geringe Geschwindigkeiten

➤ Strömungsmaschine:

- kontinuierliche Arbeitsweise
- Druck im Arbeitsraum muss nicht homogen sein
- offene konstante Volumina / strömendes fluid
- die Turbomaschine als Strömungsmaschine wird über die Eulergleichung beschrieben



oberschächtiges Wasserrad



<http://www.heinz-jürgen-schymura.de>

unterschächtiges Wasserrad



<http://www.fotos.sc/PHPSESSID=3f4ac5e977180864def8ec6ede3eea31/pop+733559/mediafile.html>

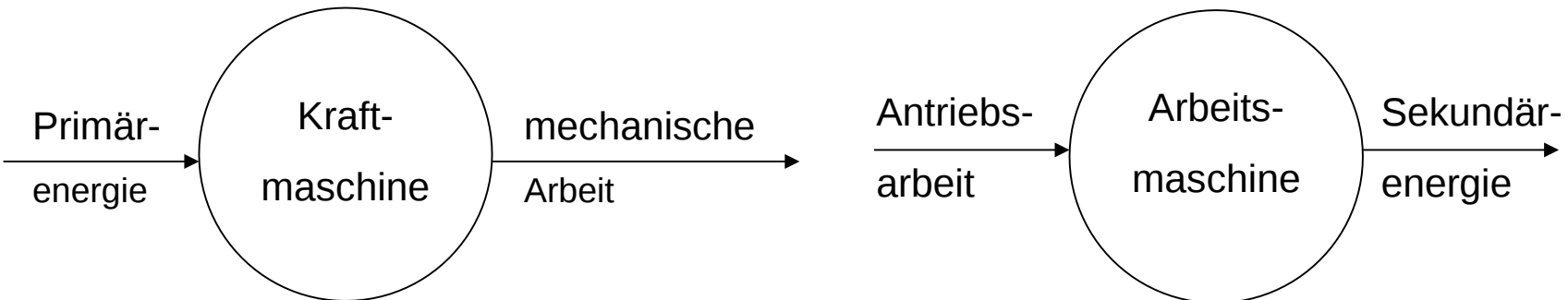
Unterschied zwischen einer Kraft- und Arbeitsmaschine

Kraftmaschine

Die Energie eines Fluides wird in mechanische Arbeit umgewandelt

Arbeitsmaschine

Die Energie eines Fluides wird durch mechanische Arbeit erhöht



- Nennen Sie mögliche Primär- und Sekundärenergieformen!
- Ist der Verbrennungsmotor eine Kraft- oder Arbeitsmaschine?
- Wozu gehört der Abgasturbolader?

Was sehen Sie?

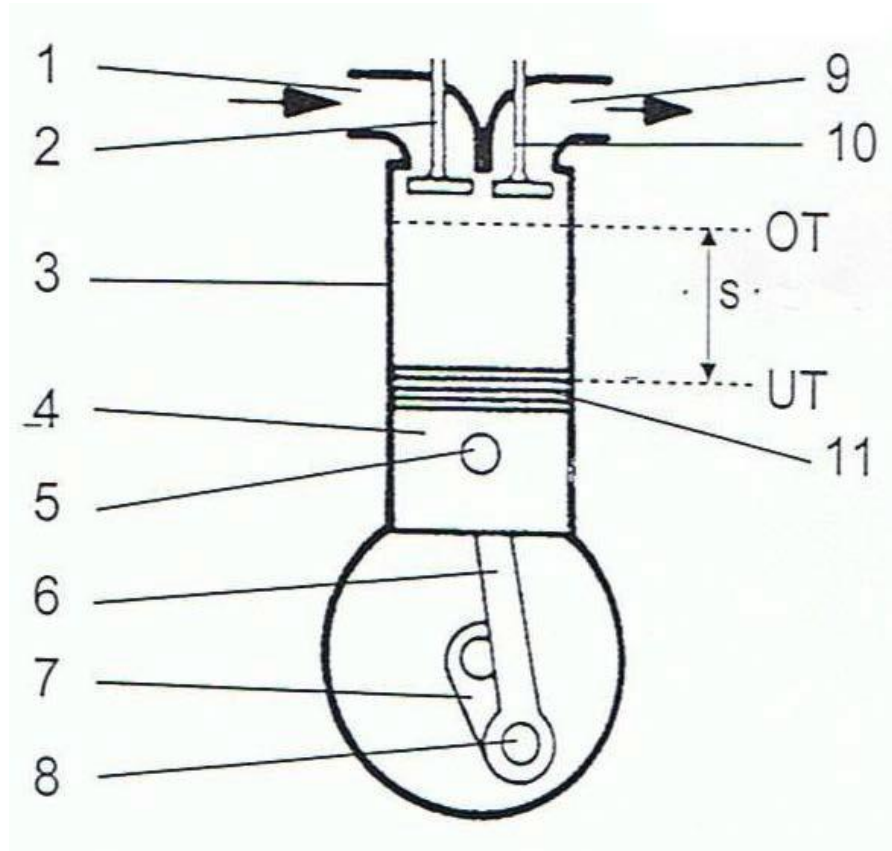
Kraft- oder Arbeitsmaschinen? Kolben oder Strömungsmaschinen?



Von Begawasser - Eigenes Werk, CC0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24973865>

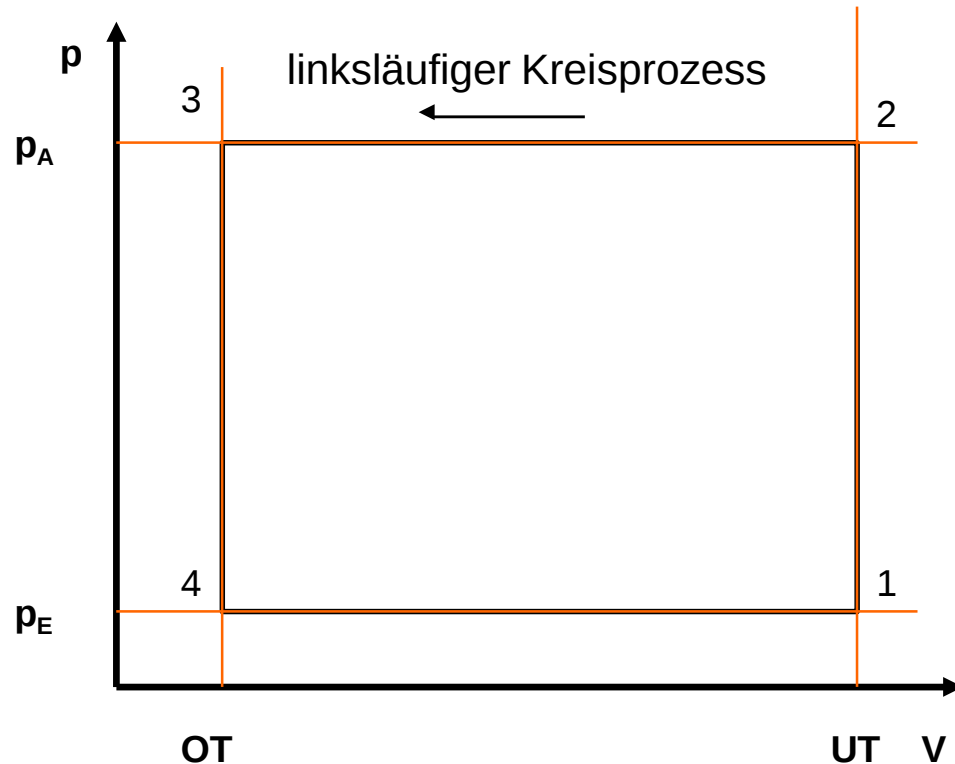
[http://www.hausen.de/seite/de/gemeinde/336/-/Wasserrad in der Regnitz.html](http://www.hausen.de/seite/de/gemeinde/336/-/Wasserrad%20in%20der%20Regnitz.html)

Bauteile an der Hubkolbenpumpe / Hubkolbenverdichter



- 1: Einlasskanal
- 2: Einlassventile Druckgesteuert
- 3: Zylinder
- 4: Kolben
- 5: Kolbenzapfen
- 6: Pleulstange
- 7: Kurbelwelle
- 8: Kurbelzapfen
- 9: Auslasskanal
- 10: Auslassventile Druckgesteuert
- 11: Kolbenringe
- OT: oberer Totpunkt
- UT: unterer Totpunkt
- s: Kolbenhub

Die ideale Pumpe im p-V-Diagramm



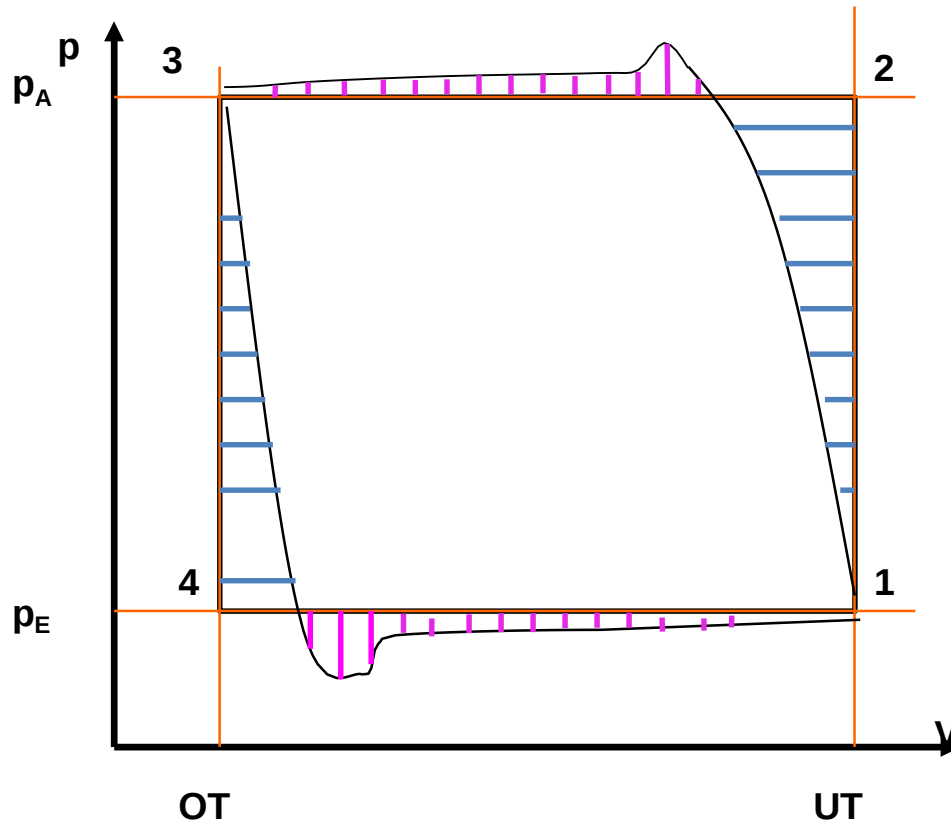
1-2 isochore Verdichtung

2-3 Ausschieben

3-4 isochore Entspannung

4-1 Ansaugen

Die reale Pumpe im p-V-Diagramm

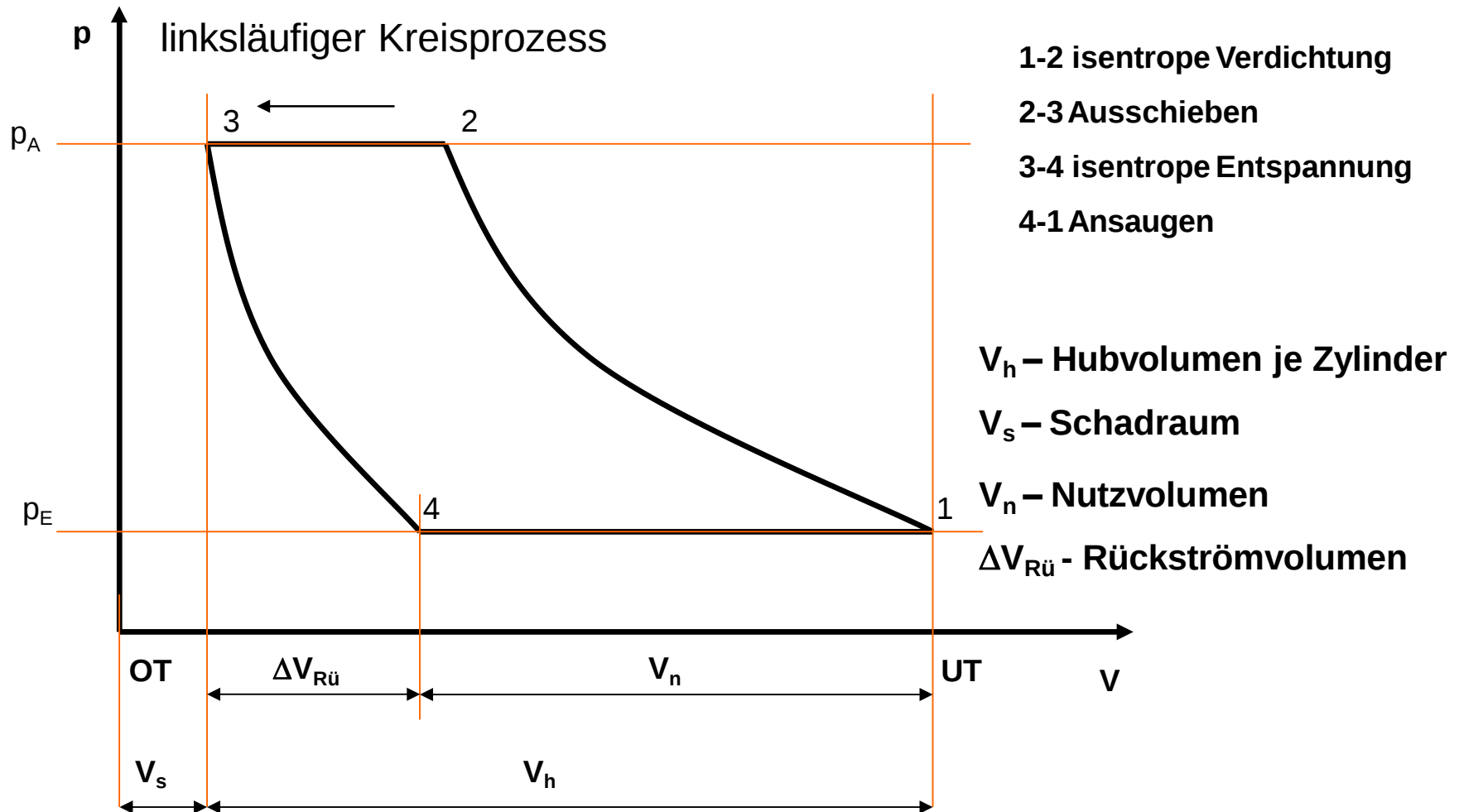


volumetrische Verluste/
Druckverluste Verluste durch
Ausscheiden von Luft aus der
Förderflüssigkeit

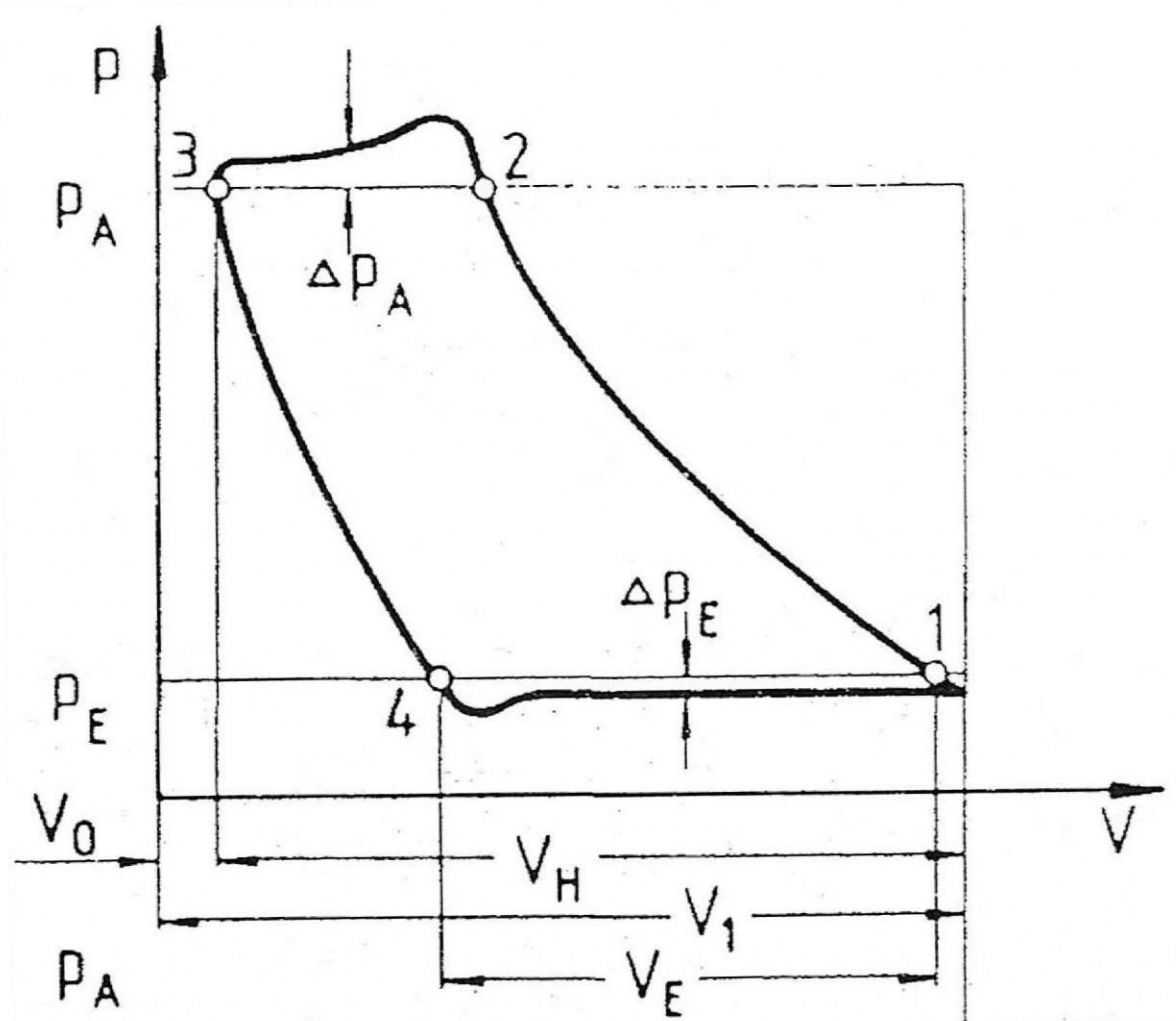
Verluste durch Massenkräfte und
Strömungswiderständen in den
Ventilen

Gegendruckverluste

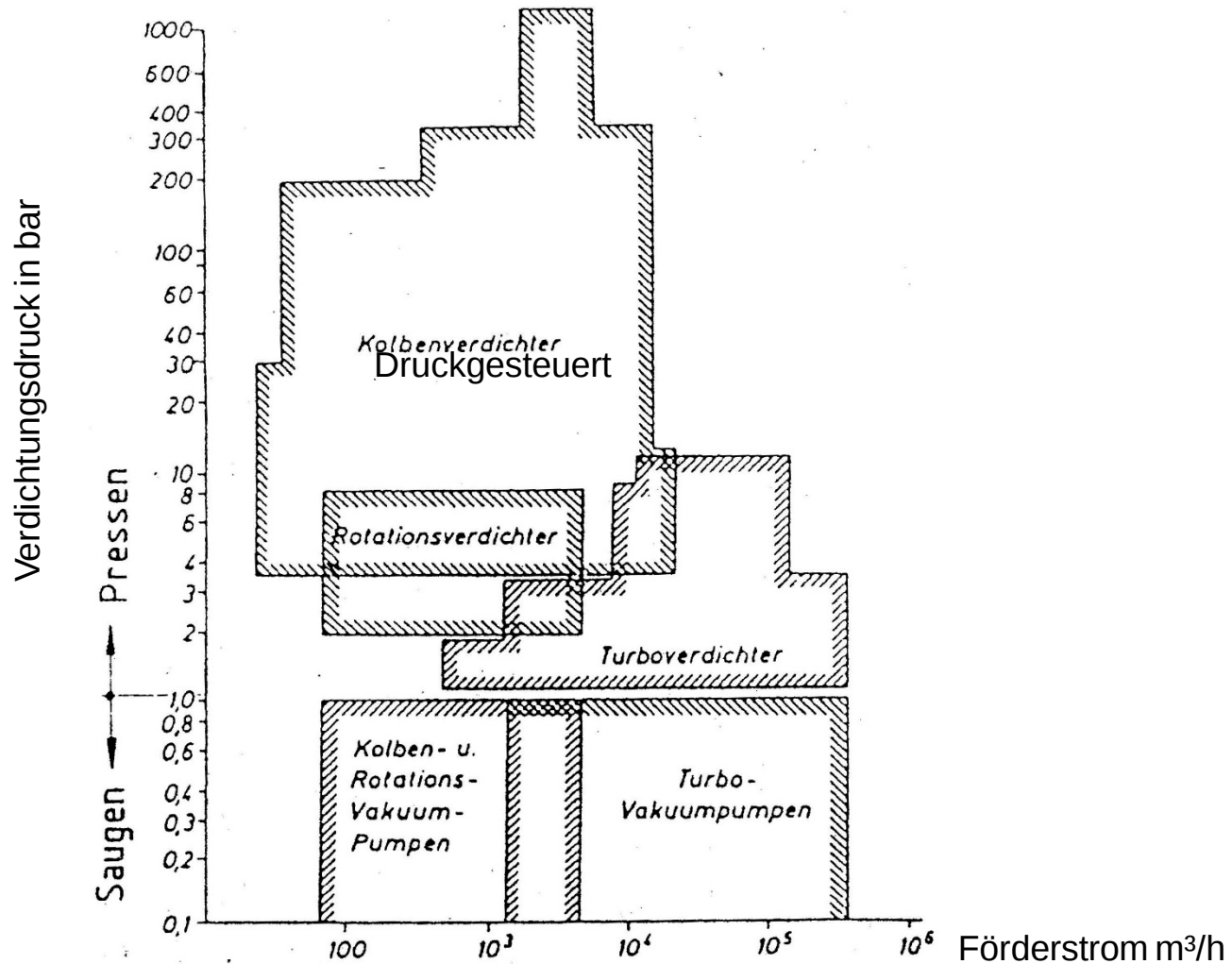
Der ideale isentrope Verdichter im p-V-Diagramm

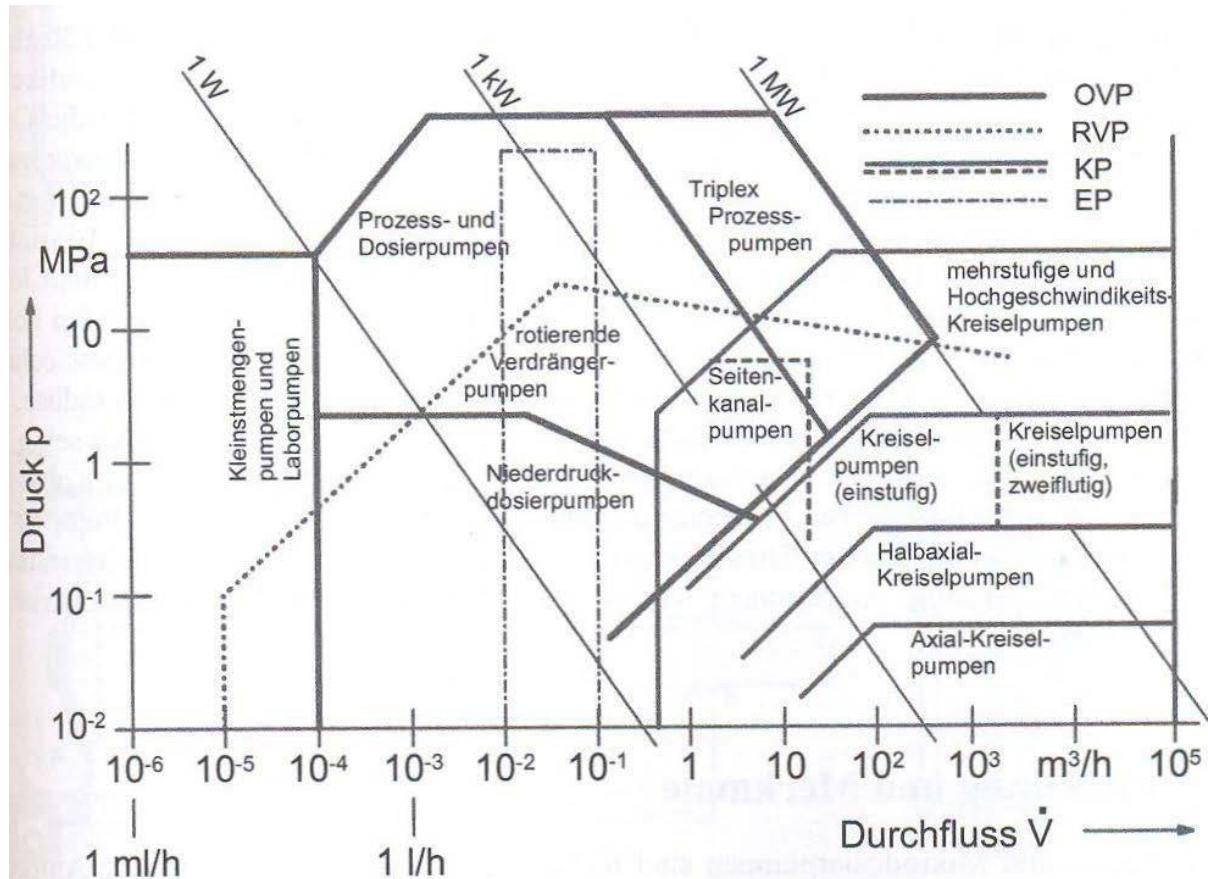


Der reale Verdichter im p-V-Diagramm



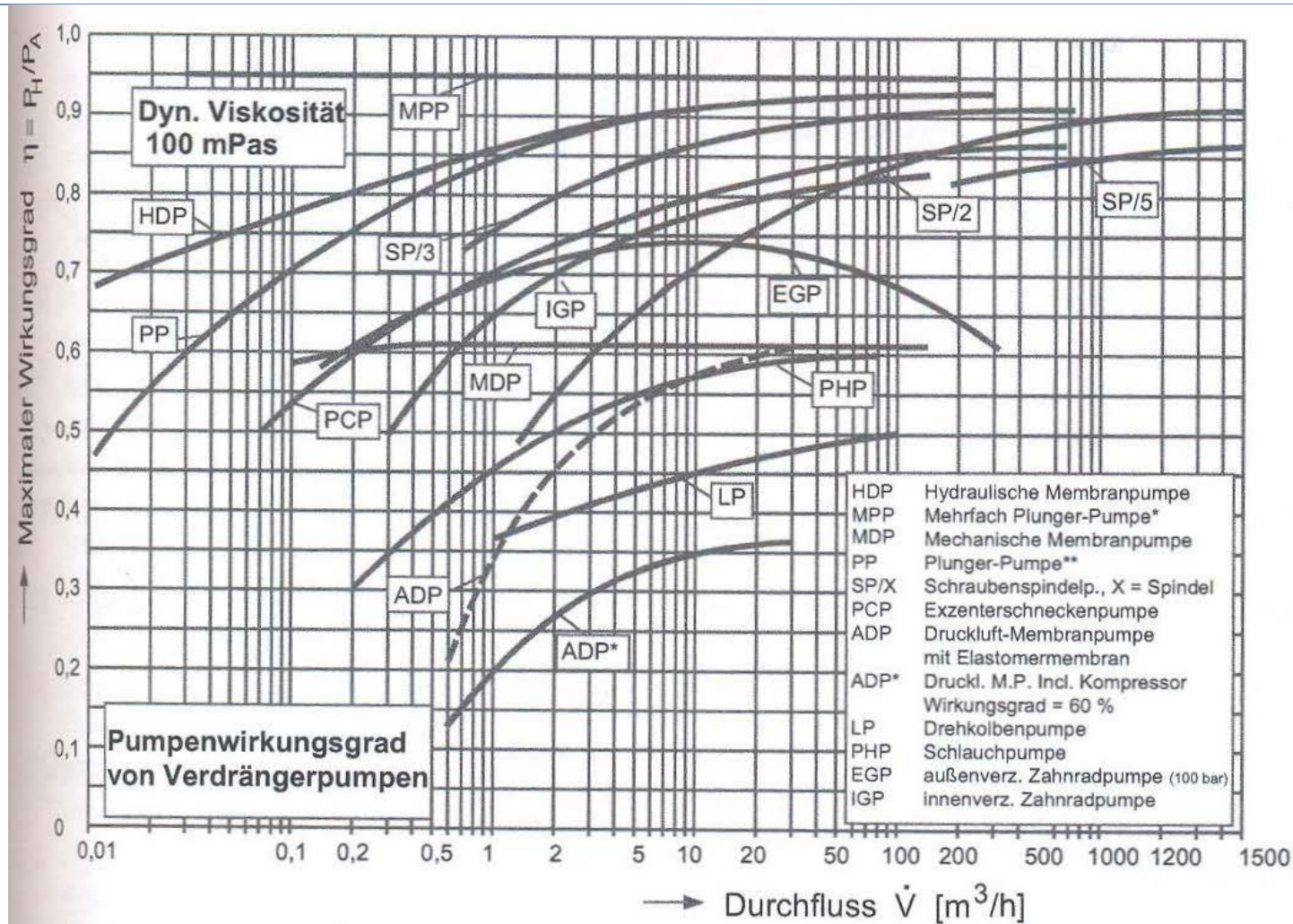
Einsatzgebiete von Pumpen und Verdichtern





d 2-1 Vergleich der Leistungsparameter der Pumpenhauptgruppen: oszillierende Verdrängerpumpen (OVP), rotierende Verdrängerpumpen (RVP), Einspritzpumpen für die Motorentechnik (EP) und Kreiselpumpen (KP)

Quelle: Küttner, Kolbenmaschinen: Kolbenpumpen, Kolbenverdichter, Brennkraftmaschinen



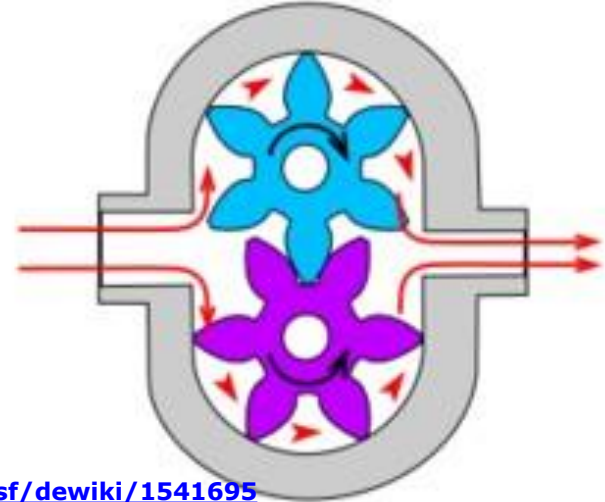
Quelle: Küttner, Kolbenmaschinen: Kolbenpumpen, Kolbenverdichter, Brennkraftmaschinen

Zahnradpumpe

- Für Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis hoch
- Berührung der Laufflächen
- nicht verschleißfrei
- für alle schmierende Medien
- halbwegs Mediendicht
- großer Leistungsbereich
- Schmierölpumpen
- Hydraulik



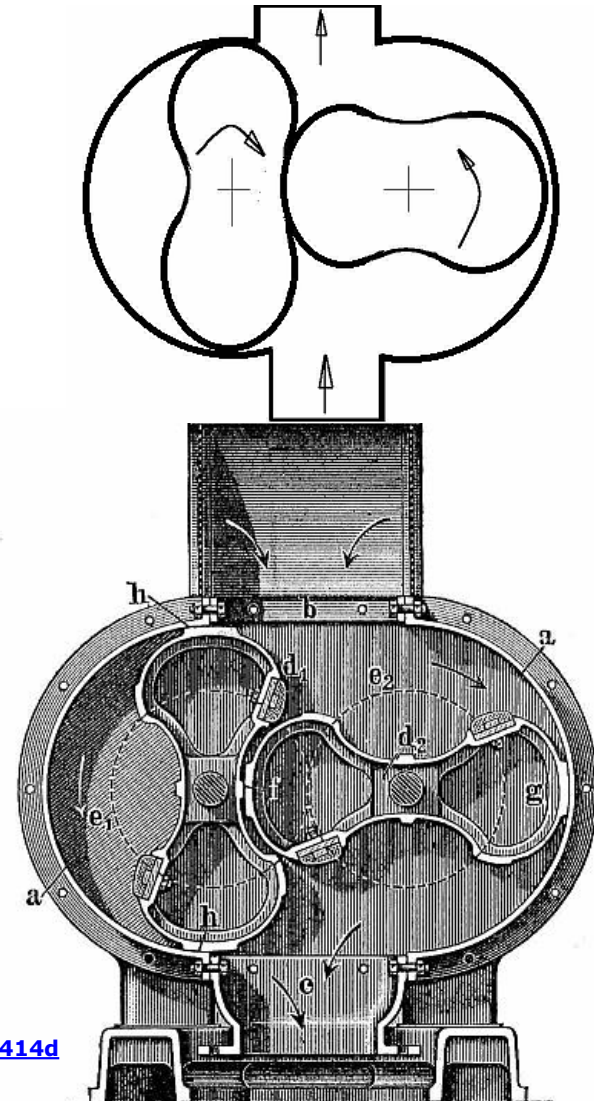
[Quelle:www.tankhandel.de/.../Pumpen-fuer-Oel/](http://www.tankhandel.de/.../Pumpen-fuer-Oel/)



[Quelle de.academic.ru/ dic.nsf/dewiki/1541695](http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1541695)

Rootsgebläse

- für Gase
- Verdichtungsverhältnis kleiner 3
- kein Berührung der Laufflächen
- Kopplung über Zahnräder
- Verschleißfrei
- sehr hohe Drehzahlen 15000 U/min
- für Motoraufladung 2 / 4 Takt
- für Hochöfen (Luftzufuhr)
- teuer



Quelle: www.zeno.org/Meyers-1905/I/Wm07414d

Schraubenverdichter I

- für Gase und Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis 10 bis 12
- Berührung der Laufflächen
- Ölgeschmiert
- bedingt verschleißfrei
- sehr hohe Drehzahlen 15000 U/min
- für Kälteverdichter
- für Luftverdichter
- mit interner Ölkühlung
- teuer aber Leistungsstark

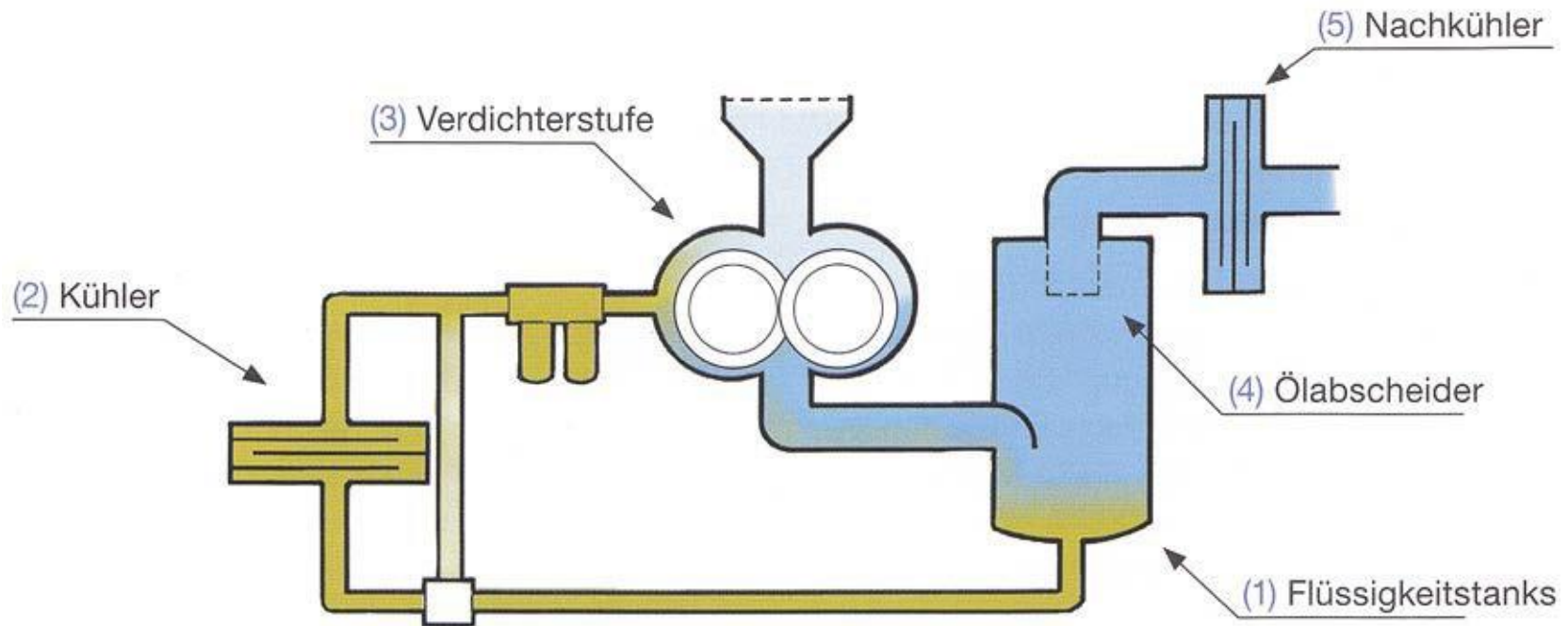


Quelle: [www.schaeffler.com/](http://www.schaeffler.com/content.schaeffler.at/de) content.schaeffler.at/de

Quelle: [www.zorn-ingenieure.de/](http://www.zorn-ingenieure.de/index.php?site=maschin) index.php?site=maschin



Schraubenverdichter II



Funktionsprinzip eines flüssigkeitsgekühlten Schraubenkompressors

Schraubenverdichter III

Quelle: **KIESS**

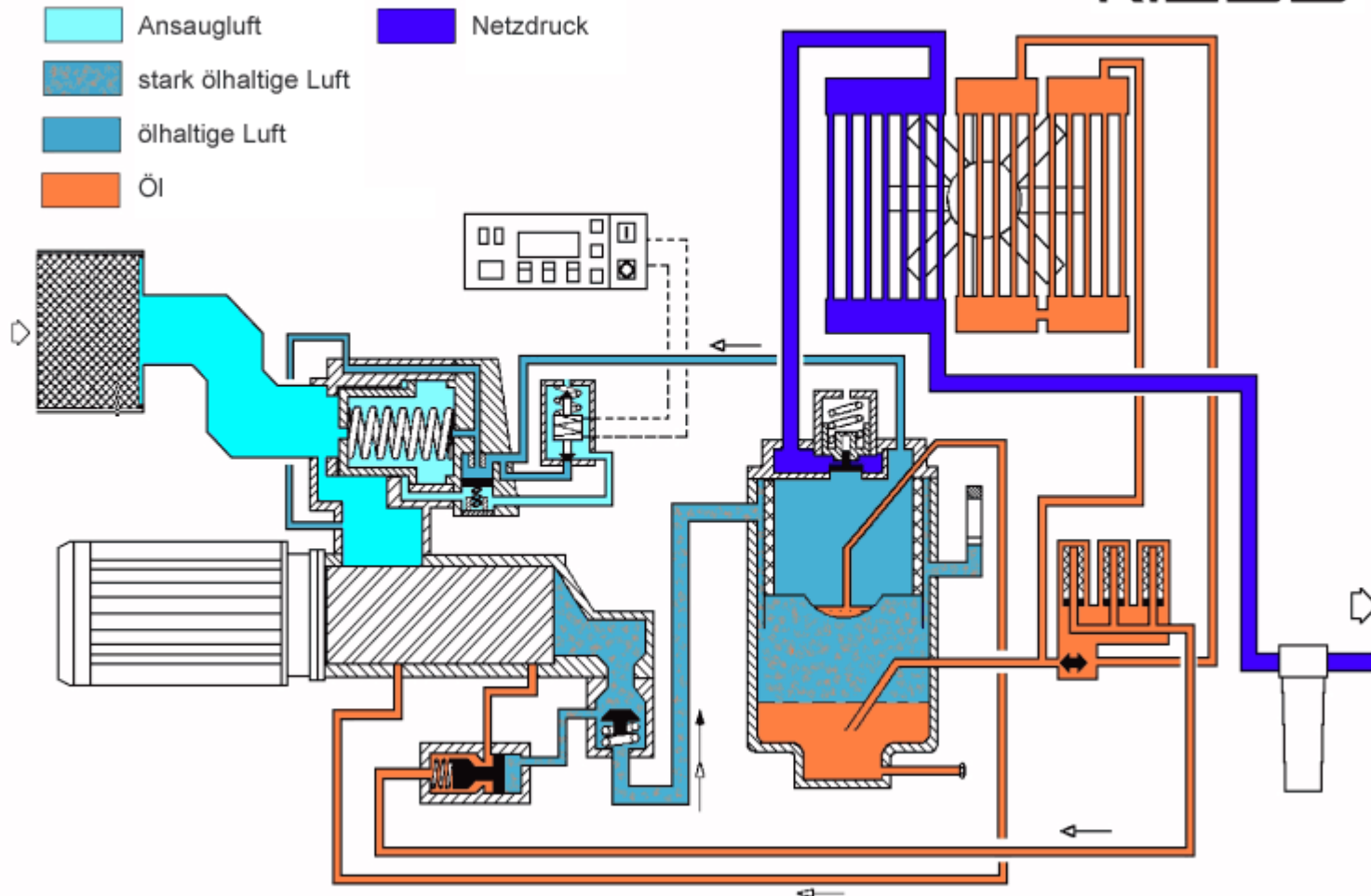
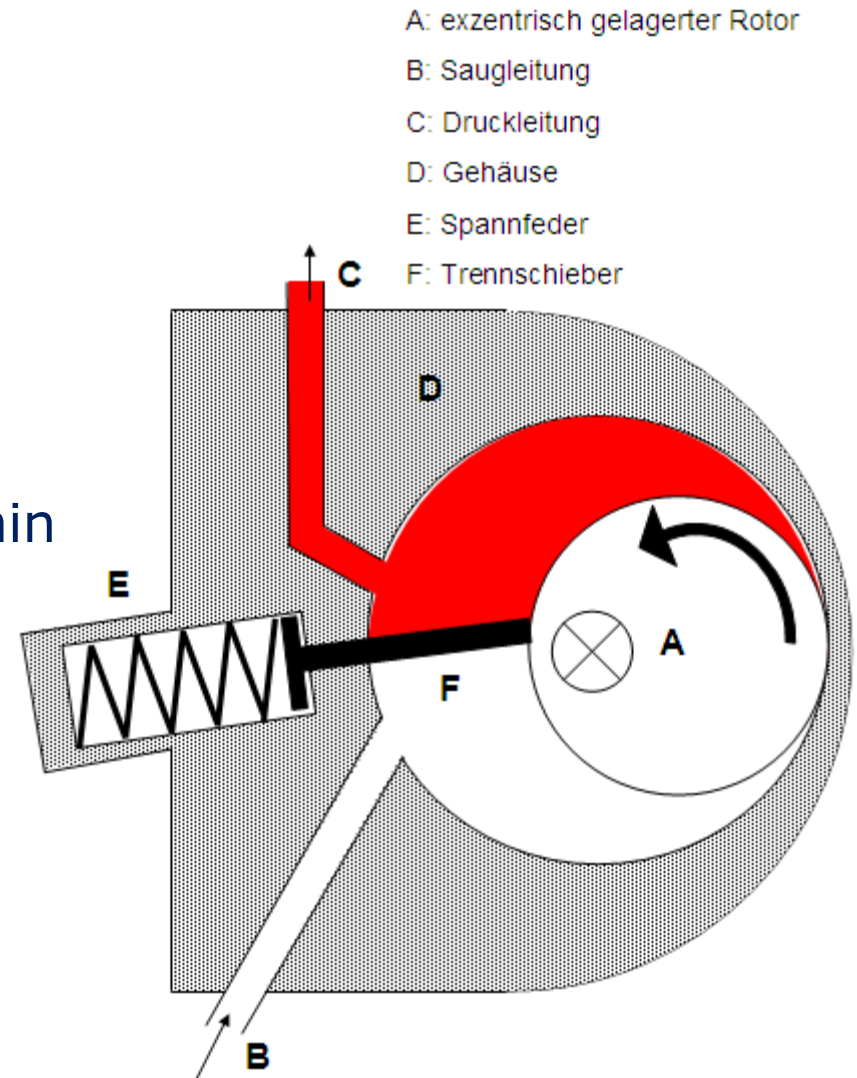


Abb.: Regelsystem - bei Entlastung -

Rollkolbenverdichter

- für Gase und Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis klein
- nicht verschleißfrei
- kleine Volumenströme
- kleine Drehzahlen $< 2000 \text{ U/min}$
- für Kraftstoffe
- für Wasser / Luft
- billig



Mehrkommerrotationsverdichter

Auch Zellenverdichter genannt

- für Gase
- Verdichtungsverhältnis kleiner 3
- Berührung der Lauflächen
- nicht verschleißfrei
- geringe Drehzahlen
- für Kraftstoffe
- für Wasser
- preiswert
- einfache Vakuumpumpen (0,1 bar)

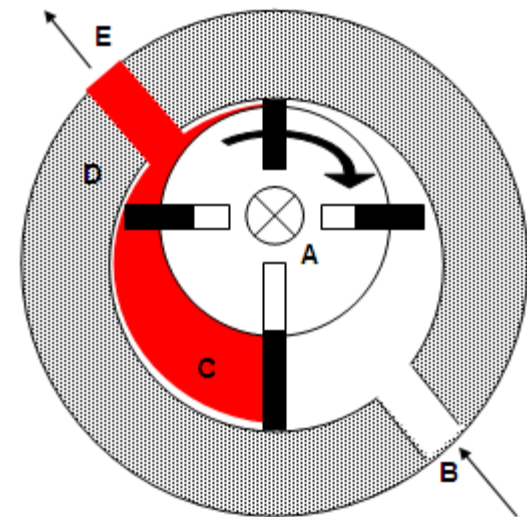
A: Rotor

B: Ansaugöffnung

C: Druckkammer

D: Gehäuse

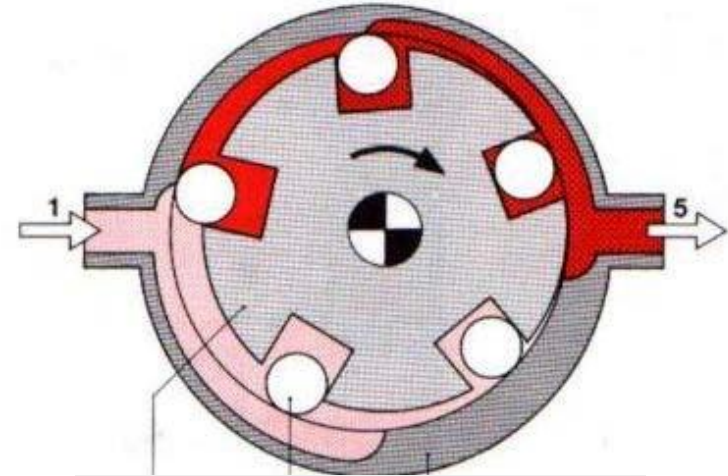
E: Druckstutzen



Quelle: www.ford-forum.de/showthread.php?t=80319&page=2

Rollenkolbenpumpe

- für Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis 10
- Berührung der Lauflächen
- nicht verschleißfrei
- schmierendes Arbeitsmedium
- normale Drehzahlen
- für Kraftstoffe
- Kraftstoffpumpen von Bosch
- preiswert



Sichelpumpe

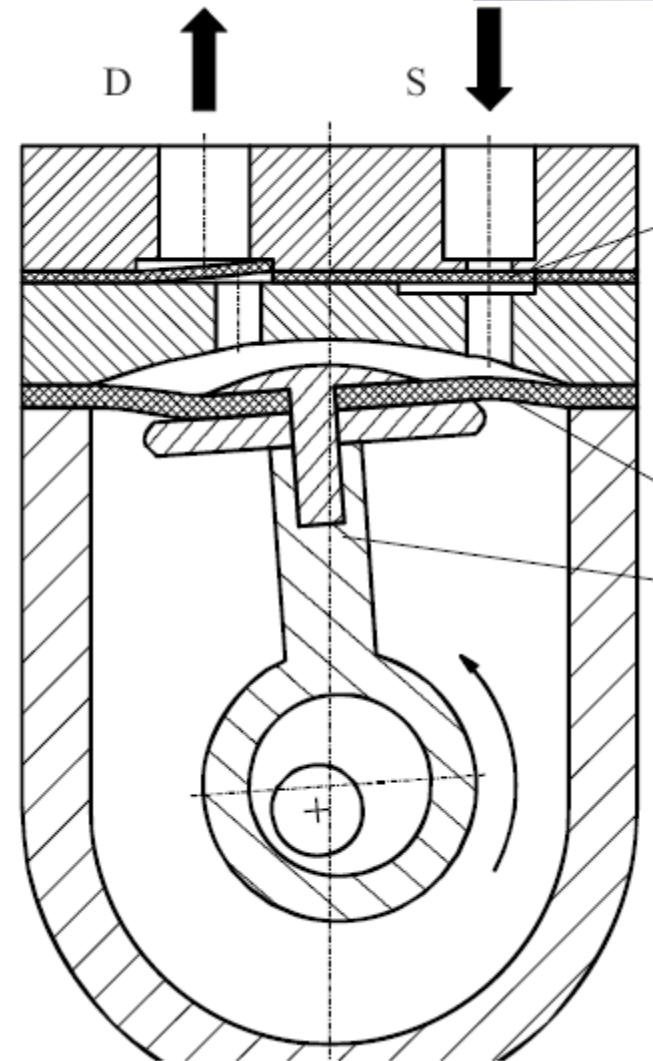
- Für Flüssigkeiten
- Berührung der Laufflächen
- nicht verschleißfrei
- für alle schmierende Medien
- Schmierölpumpen
- Kraftstoffpumpen
- normale Drehzahlen

Quelle: www.kfz-tech.de/Sichelpumpe.htm



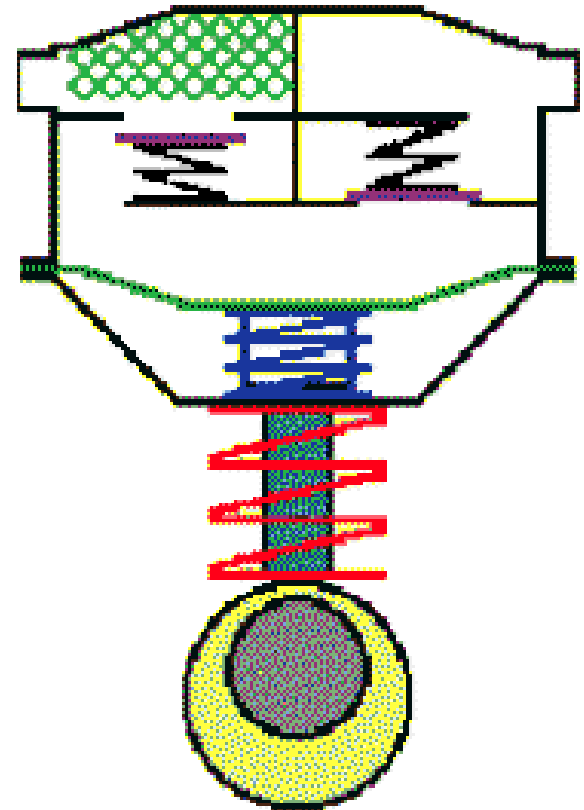
Membranpumpe

- für Gase / Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis klein
- keine Laufflächen
- verschleißfrei
- geringe Drehzahlen
- für alle Medien auch giftige
- Mediendicht
- kleinste Leistungen
- Gasanalyse Kraftstoffpumpen
- teuer



Quelle: www.zeno.org/Meyers-1905/I/Wm07414dr

Quelle: [www.schlauch-profi.de/ product_info.php?info](http://www.schlauch-profi.de/product_info.php?info)

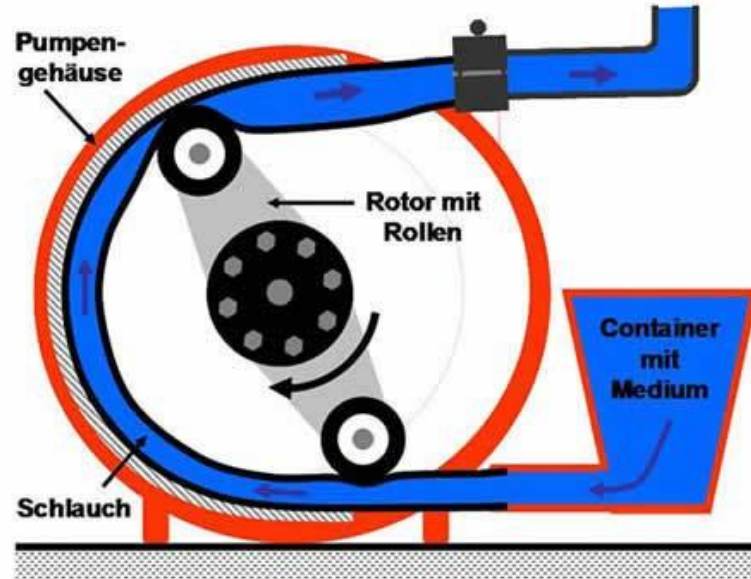


Schlauchpumpen

- Für Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis klein
- keine Laufflächen
- verschleißfrei
- geringe Drehzahlen
- für alle Medien auch giftige
- Mediendicht
- kleinste Leistungen
- Medizintechnik
- Gasanalyse / Chemie



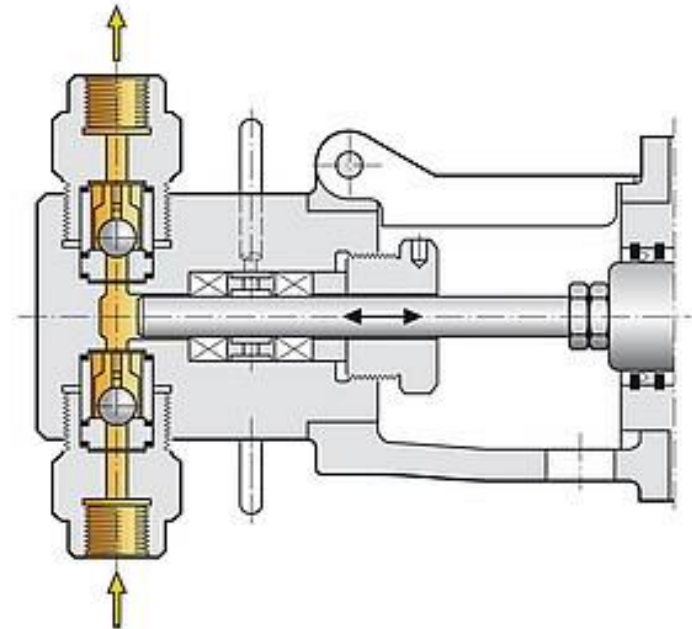
Quelle: [fifl.de/ pb_schlauchpumpe.htm](http://fifl.de/pb_schlauchpumpe.htm) Schlauchpumpe



Quelle: [www.neu-zlt.de/unser-service/ maschinenpark/57...Schlauchpumpe](http://www.neu-zlt.de/unser-service/maschinenpark/57...Schlauchpumpe)

Hubkolbenverdichter klassisch

- für Gase / Flüssigkeiten
- Verdichtungsverhältnis hoch
- Pumpen bis $\Pi = 600$
- Berührung der Laufflächen
- nicht verschleißfrei
- geringe Drehzahlen
- für alle Medien
- für Wasser
- teuer



Quellen: www.steffens-pumpen.de/... Itemid,46/
www.lewa.com/main/de/2_1_1_4_plu0/Kolbenpumpe



Quelle: WWW.de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/885821luftpumpe

Zeichnen Sie ein Luftpumpe im Schnittbild !

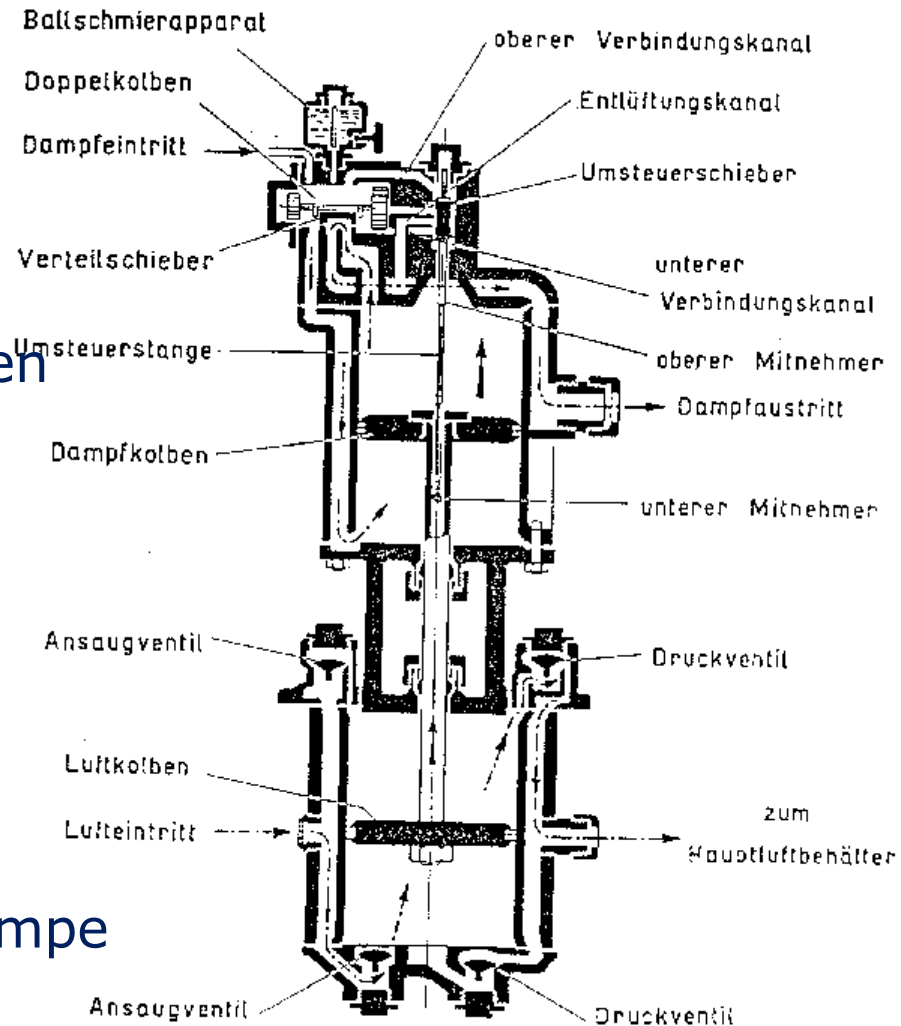


Luftpumpe.mp4

Quelle: youtube

Hubkolbenverdichter

- für Gase / Flüssigkeiten
- Dampfgetrieben
- Berührung der Laufflächen
- nicht verschleißfrei
- geringe Hubzahl
- Kesselausrüstung
- Hoher Wirkungsgrad gegenüber Dampfstrahlpumpe
- teuer



Quelle: www.lokifahrer.ch/Lukmanier/Druckluft.htm

Übungsaufgabe

Eine Hubkolbenpumpe fördert Wasser mit $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ von der Höhe 62 m über NN (Normalnull / Meereshöhe) auf die Höhe von 89 m über NN. Wie groß ist die Nutzleistung der Pumpe, wenn pro Stunde 10.000 m³ gefördert werden?

Wie groß ist die benötigte Kolbenpumpe?

Diskutieren Sie das Ergebnis!

Übungsaufgabe

Eine Hubkolbenpumpe fördert Wasser mit $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3$ von der Höhe 62 m über NN (Normalnull / Meereshöhe) auf die Höhe von 89 m über NN. Wie groß ist die Nutzleistung der Pumpe, wenn pro Stunde 10.000 m³ gefördert werden?

1. Hauptsatz der Thermodynamik

$$W_t + Q + \bar{m} \cdot \left[h_1 - h_2 + \frac{c_1^2}{2} - \frac{c_2^2}{2} + g \cdot (z_1 - z_2) \right] = 0 \quad [Q=0; \Delta h=0]$$

$$P_N = W_t = g(z_2 - z_1) \cdot \bar{m} = g(z_2 - z_1) \cdot \rho \cdot \bar{V}$$

$$P_N = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (89\text{m} - 62\text{m}) \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\underline{\underline{P_N = 735,75 \text{ kW}}}$$