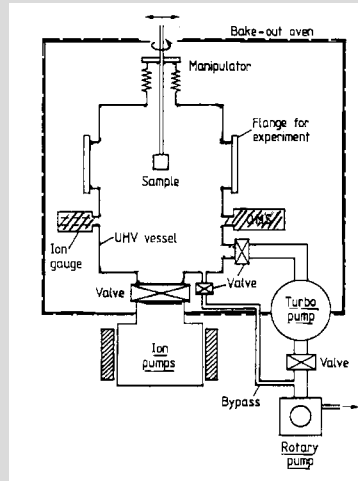


- Zur Erzeugung von UHV benötigt man die entsprechenden **Pumpen**
- Zur Messung des Drucks benötigt man **Meßsonden**



Und eine **Vakuumkammer:**

- besteht aus VA-Stahlkörper (ausheizbar)
- hat verschiedene Öffnungen
 - Fenster
 - Messgeräte
 - Herstellungsgeräte (z.B. Knudsenzellen)
- An den Wänden adsorbiert Restgas
Ausheizen z.B. 10 h bei 150-180°C
- Flansche werden mit Cu-Ringen gedichtet

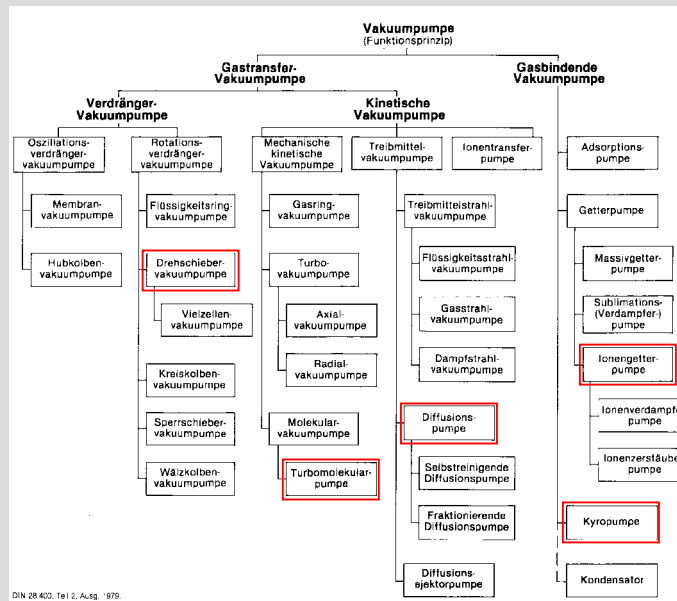
Bem.: für HV ($< 10^{-7}$ mbar) reichen nicht ausheizbare Gummi oder Viton Dichtungen

apl.Prof. Dr. D.J. As

Otto von Guericke
(20. Nov. 1602 – 11. Mai 1686)



apl.Prof. Dr. D.J. As



apl.Prof. Dr. D.J. As

Druckbereiche der verschiedenen Pumpen

Pressure range (mbar)	Pump type	
10^{-3} to 10^{-3}	Oil-sealed rotary pumps	
	Rotary vane/rotary piston pumps	
	1-stage, $p_{ult} \sim 10^{-1}$ mbar	
	2-stage, $p_{ult} \sim 10^{-3}$ mbar	
	Dry pumps	
	Piston pumps, $p_{ult} \sim 1-3 \times 10^{-2}$ mbar	
	Diaphragm pumps	
	1-stage, $p_{ult} \sim 100$ mbar	
	2-stage, $p_{ult} \sim 8$ mbar	
	Hook-and-claw and related pumps	
$p_{ult} \sim 3-8 \times 10^{-1}$ mbar		
10^{-3} to 10^{-8}	Liquid ring pumps + gas ejectors ^a	
	$p_{ult} \sim$ few mbar	
	Diffusion pumps ^{b,c}	
	Turbomolecular pumps ^{b,c}	
	10^{-8} to 10^{-13}	Cryopumps (cryopanels)
		Turbomolecular pumps ^d
		Diffusion pumps ^{c,d}
		Sputter ion pumps
		Getter pumps
		Evaporable (titanium sublimation)
Non-evaporable		

^a For high gas throughputs at low pressures, Roots pumps can be used to boost their performance, as long as $S_{Roots}/S_{backing}$ is acceptable (see Section 3.2.3).
^b In certain applications such pumps are usually used in combination with cryosurfaces at -100°C to -196°C to enhance the pumping speed for water vapour.
^c Used in combination with suitable backing pumps.
^d Rarely used.

apl.Prof. Dr. D.J. As

Vorpumpen um Vakuum zu erzeugen:

- Adsorptionspumpen (ölfrei)
- Membranpumpen (ölfrei)
- Rotationspumpen (Öl mit Kühlfalle oder Zeolite-Falle abfangen)

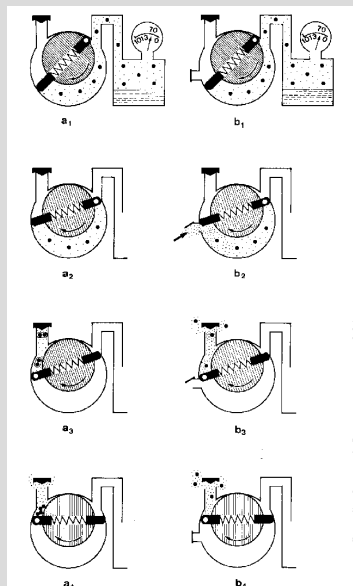
Adsorptionspumpe:

Dabei wird ein molekulares Sieb (Pulver) gekühlt

→ Adsorption

Anwendung auch in Exsikkatoren um Luftfeuchtigkeit zu binden

Rotations- oder Drehschieberpumpe



Gas Ballast verhindert die Kondensation von Dampf

Ölfilm dichtet → Öl !

Geeignet für Grobvakuum $p \sim 10^{-3}$ mbar

Abb. 13.1 Veranschaulichung des Pumpvorganges in einer Drehschieberpumpe ohne (links) und mit (rechts) Gasballasteinrichtung beim Abaugen kondensierbarer Dämpfe
 ● = Dampftröpfchen

Ohne Gasballast
 a.) Die Pumpe ist an das schon fast luftleere Gefäß angeschlossen (ca. 70 mbar). Sie muß also fast nur Dampftröpfchen fördern. Sie arbeitet ohne Gasballasteinrichtung.
 b.) Der Schieberraum ist vom Gefäß getrennt. Die Verdichtung beginnt.
 c.) Der Inhalt des Schieberraumes ist schon so weit verdichtet, daß sich der Dampf zu Tropfchen kondensiert. Überdruck ist noch nicht erreicht.
 d.) Erst jetzt erzeugt die reale Luft den erforderlichen Überdruck und öffnet das Auspuffventil. Nach der Dampf ist bereits kondensiert, und die Tröpfchen sind in der Pumpe niedergeschlagen.

Mit Gasballast
 b.) Die Pumpe ist an das schon fast luftleere Gefäß angeschlossen (ca. 70 mbar). Sie muß also fast nur Dampftröpfchen fördern. Sie arbeitet mit Gasballasteinrichtung.
 c.) Der Schieberraum ist vom Gefäß getrennt. Jetzt öffnet sich das Gasballastventil, durch das der Schieberraum zusätzlich von außen mit Luft, dem „Gasballast“, gefüllt wird.
 d.) Das Auspuffventil wird aufgedrückt. Dampf- und Gasströmung werden ausgestoßen. Der hierzu erforderliche Überdruck wurde durch die zusätzliche Gasballastluft schon sehr früh erreicht. Es konnte also gar nicht erst zu einer Kondensation kommen.
 e.) Die Pumpe stößt weiter Luft und Dampf aus.

- Turbomolekularpumpe
- Diffusionspumpe
- Ionengerterpumpe
- Kryopumpe



Funktioniert ähnlich wie Düsenantrieb eines Flugzeugs.

- Rotor dreht sich mit 15 – 30000 U/min im Stator und „schaufelt“ die Gas-moleküle weg.

Vorpumpe notwendig

- Pumpwirkung beruht auf Impulsübertrag

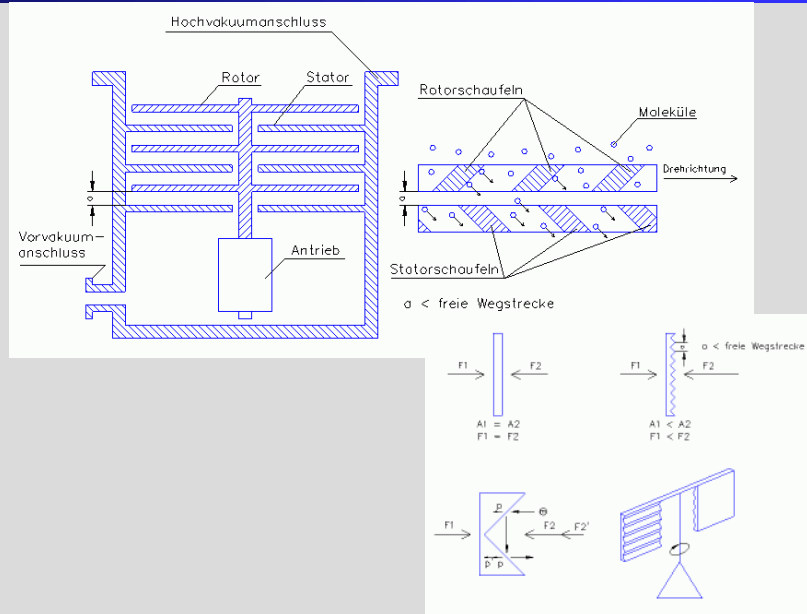
Vorteile:

- keine chemischen Prozesse
- große Gasmengen können gepumpt werden

Nachteile:

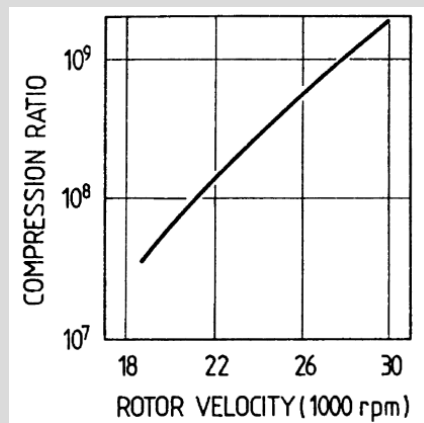
- Mechanisch hohe Beanspruchung der Lager
- kleine Pumpgeschwindigkeit für leichte Gase

Unterschiedliches Kompressionsverhältnis der Gase



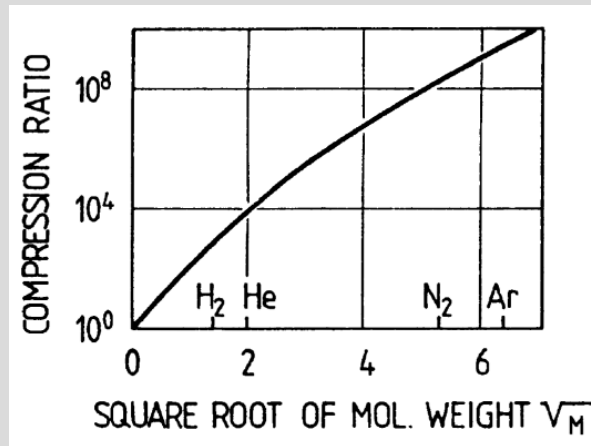
apl.Prof. Dr. D.J. As

Kompressionsverhältnis:
Verhältnis des Auslassdruckes zum Einlassdruck einer Pumpe für ein bestimmtes Gas



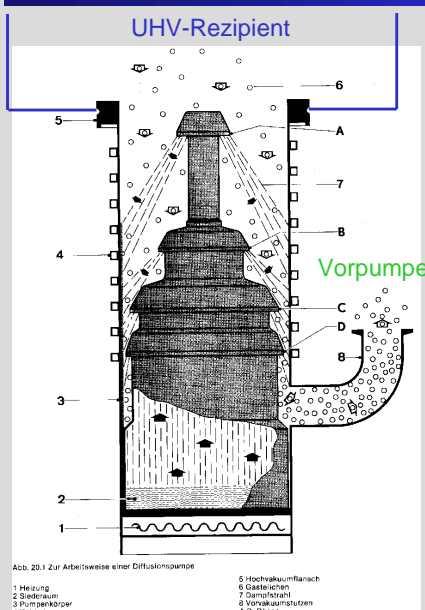
Je höher die Rotorgeschwindigkeit desto höher ist das Kompressionsverhältnis und damit die Abpumpgeschwindigkeit

apl.Prof. Dr. D.J. As



Je schwerer das Molekül desto höher ist das Kompressionsverhältnis
und damit die Abpumpgeschwindigkeit
Niedrige Pumpgeschwindigkeit für leichte Gase (insbesondere H₂)

apl.Prof. Dr. D.J. As



Heißer Öldampf steigt in der Säule hoch. Die heißen und damit sehr schnellen Öl Moleküle werden durch Umlenkklappen nach unten abgelenkt und reißen die Gasmoleküle nach unten mit wo sie von einer Vorpumpe wegtransportiert werden.

2 Fälle:

- a) Freie Weglänge der Gasmoleküle größer als die Ansaugöffnung
Transport durch Diffusion
- b) Weglänge kleiner als Ansaugöffnung
Dampfstrahl wirkt als viskoses Medium mit Strömung und turbulenter Mischung

Enddruck: bis zu 10⁻¹⁰ mbar

Nachteil: Rückdiffusion des Öldampfes und des zu pumpenden Gases

apl.Prof. Dr. D.J. As

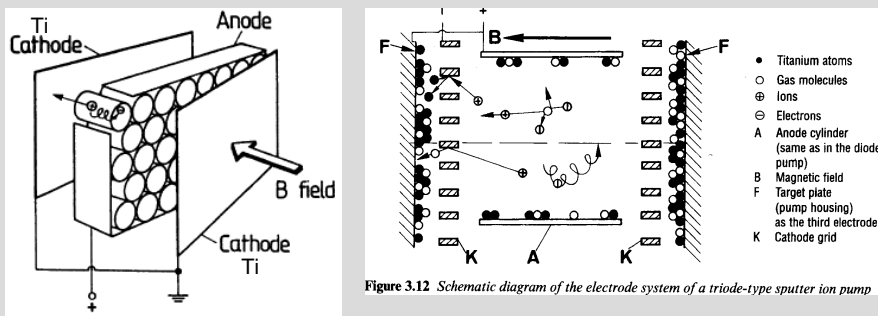
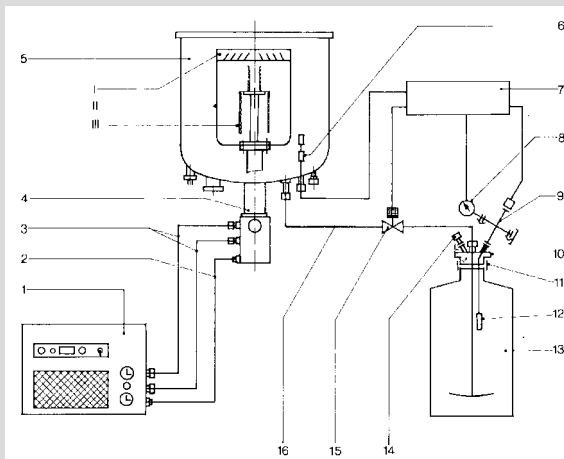


Figure 3.12 Schematic diagram of the electrode system of a triode-type sputter ion pump

Iongetterpumpe ist eine Sonderform der Sorptionspumpe, bei der die Restgaspartikel durch e^- Stoß ionisiert und durch ein elektrisches Feld auf eine Oberfläche (Ti-Kathode) beschleunigt werden. Dort werden sie chemisch gebunden und damit dem Restgas entzogen. Beim Auftreffen der Ionen wird immer wieder Titan herausgeschlagen und auf der gegenüberliegenden Elektrode abgelagert, also die Getterschicht permanent erneuert.

- Vorteile:**
 - Keine beweglichen Teile -> wartungsfrei
 - Benötigt zum Betrieb Hochspannung (DC 3-7 kV)
 - Enddruck: bis zu 10^{-11} mbar
- Nachteile:**
 - Benötigt Hochvakuum zum Betrieb
 - Für Edelgase nicht gut geeignet

apl.Prof. Dr. D.J. As



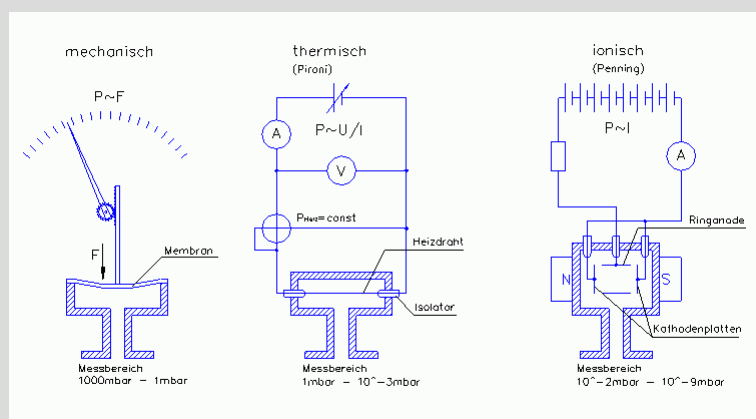
An einer gekühlten Fläche (z.B. mit flüssigem Helium oder Wasserstoff) kondensieren die meisten Gase aus daher wird diese Pumpe auch **Kondensationspumpe** genannt. Sie dient zum Erzeugen von Ultrahochvakuum.

Abb. 33.1 Aufbauschema einer Refrigerator-Kryopumpe

- | | | |
|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1 Kompressor | 9 Kreuzstück | I Baffle |
| 2 Verbindungsleitungen, elektrisch | 10 Kanneindeckel | II Schutzschild |
| 3 Flexible He-Leitungen | 11 Adapter | III Kaltfläche mit Belegung |
| 4 Refrigerator-Kalkopf | 12 Heizung | |
| 5 Pumpenmotor | 13 Vorheizkanne | |
| 6 Maximum-Minimum-Druckmessstab | 14 Sicherheitsventil | |
| 7 Netzgerät mit Heizungssteuerung | 15 Kontakt | |
| 8 Kontakt-Manometer | 16 Vakuummanometerheber | |

apl.Prof. Dr. D.J. As

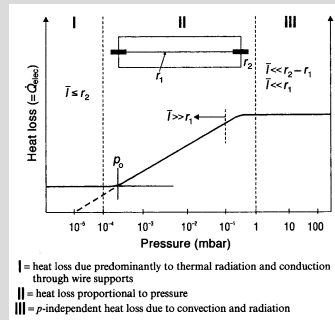
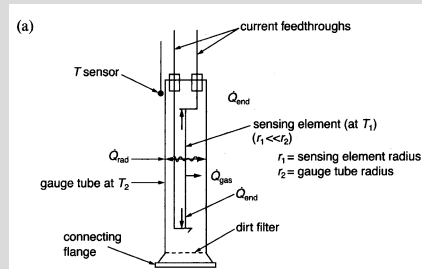
1. Mechanische Vakuummeter (gasunabhängig)
 - Feder-Vuummeter
 - Membranvakuummeter (Barometer)
 - Flüssigkeitsvakuummeter (Hg U-Rohr)
 - Reibungsvakuummeter
(für Grob und Finvakuum geeignet)
2. Pirani-Messröhre (Vorvakuum)
3. Ionisations-Messröhre
4. Quadrupol Massenspektrometer



Geeignet für Vorvakuum ($100 \text{ mbar} - 10^{-3} \text{ mbar}$)

Messung der thermischen Leitfähigkeit des Gases:

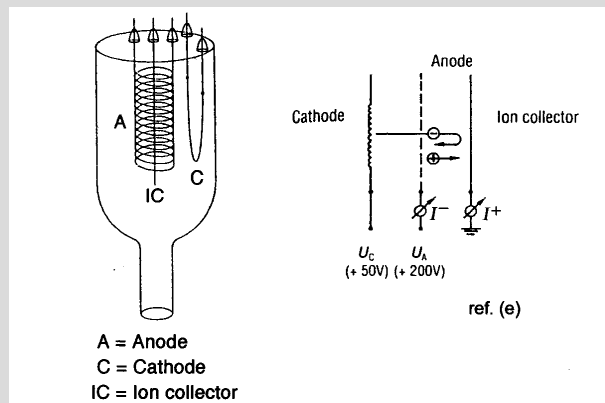
Ein Platin oder Wolfram-Glühfaden wird durch einen Strom geheizt und die Temperatur-änderung des Glühfadens (vs. p) wird über eine Widerstandsänderung gemessen (Wheatstone'sche Brücke). Kalibrierung notwendig.



Ionisationsröhre – Bayard-Alpert-Röhre

Geeignet für HV und UHV ($10^{-4} - 10^{-10} \text{ mbar}$)

Gasatome (Moleküle) werden durch e^- -Strahl ionisiert, wobei die Ionisationsrate eine direkte Funktion des Gasdruckes ist.

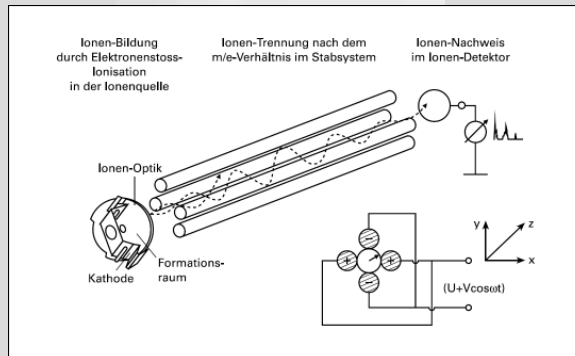


12.6 eV für H_2O und O_2
 15-15.6 eV für N_2 , H_2 , Ar , ..
 24.6 eV für He

Die elektrisch geheizte Kathode (Filament mit + 40 V) emittiert e^- , die das Gas ionisieren. Der Elektronenstrom wird an der Anode gemessen, der Ionenstrom am Ionenkollektor.

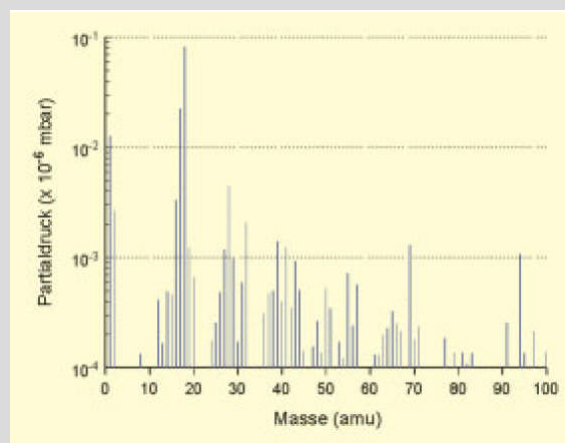
Kalibrierung für jede Gassorte wegen unterschiedlicher Ionisationsquerschnitte notwendig!

Üblicherweise ist die Kalibrierung für N_2 vom Hersteller durchgeführt



apl.Prof. Dr. D.J. As

Restgas einer 500 l Vakuumkammer



J.B. Breitenbach, J. Dirscherl, R. Lachenmann: Vakuum in Forschung und Praxis 15 (2003) Nr. 1, 30-33

apl.Prof. Dr. D.J. As