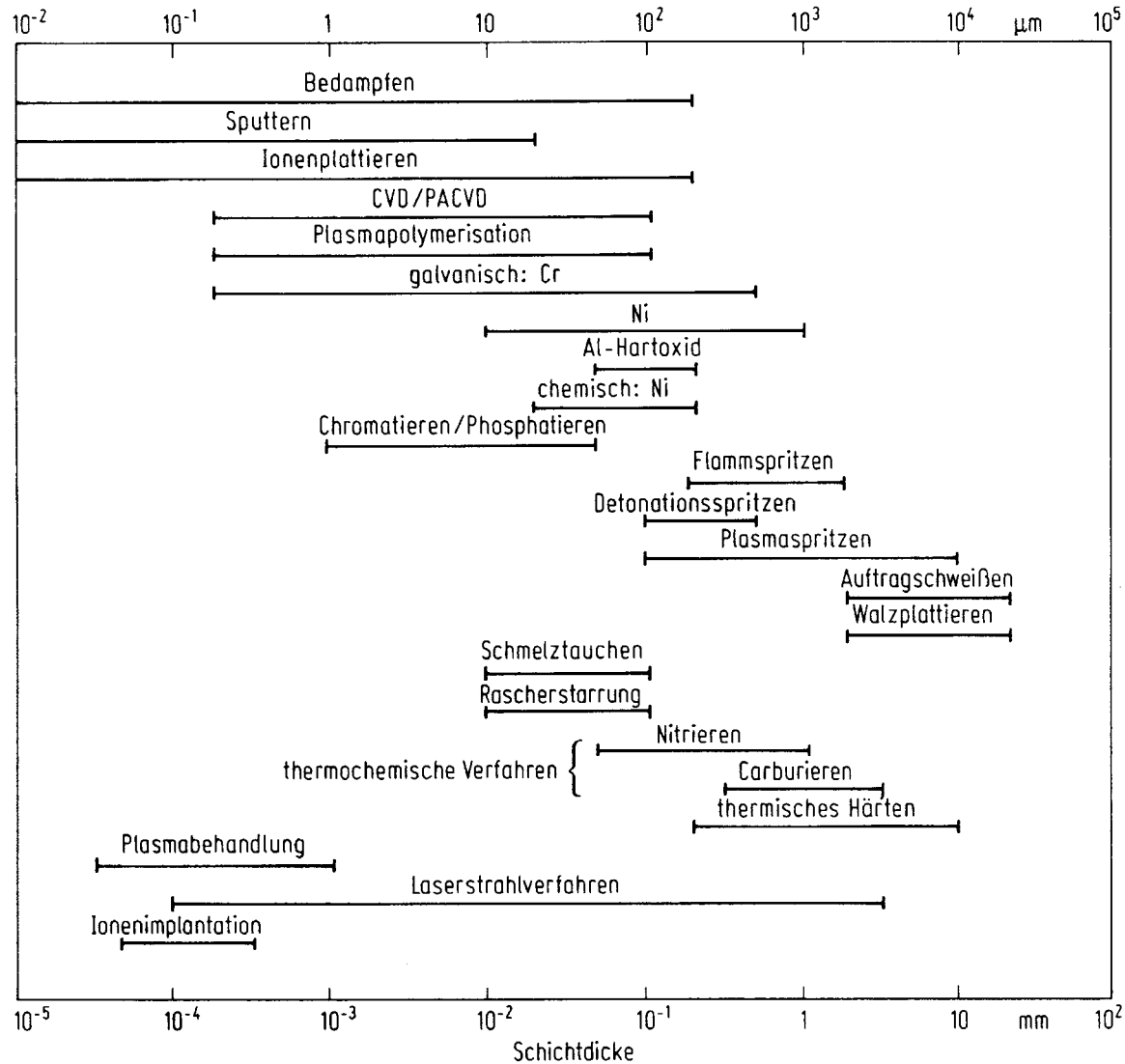


Wiederholung: erzielbare Schichtdicken



Wiederholung: physikalische Verfahren

PVD (Physical Vapour Deposition)

Aufdampfen

Sputtern

Dioden-System

Trioden-System

Magnetron-System („balanced/unbalanced“)

Ionenstrahl-System

Ionenplattieren

DC-Glimm-Entladung

HF-Glimm-Entladung

Magnetron-Entladung

Bogen (Arc)-Entladung

Ionen-Cluster-Strahl

Reaktive Varianten der obigen Verfahren

Vakuumtechnik

Begriffsdefinition:

Rezipient: "Vakuumbehälter"

Pumpstand: System aus mehreren Vakuummpmpen

Vakuumentypen

Großvakuum

Feinvakuum

Hochvakuum (HV)

Ultrahochvakuum (UHV)

Extremes UHV (XHV)

Atm \rightarrow 1 Pa

1 Pa \rightarrow 0.1 Pa

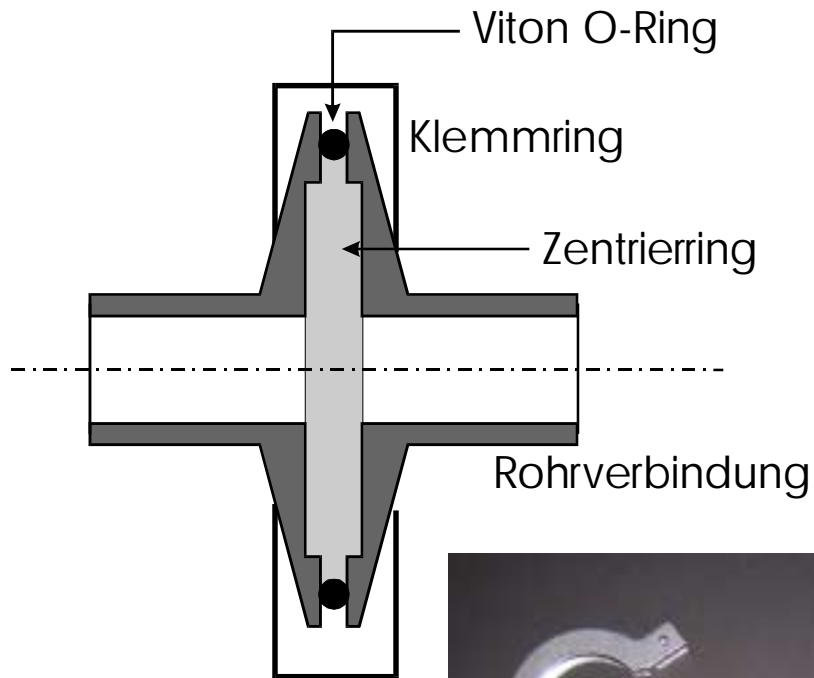
0.1 Pa \rightarrow 10^{-5} Pa

10^{-5} Pa \rightarrow 10^{-10} Pa

$< 10^{-10}$ Pa

Vakuumbindungen I

KF-Verbindungen:



KF = "Kleinflansch"

Vorteile:

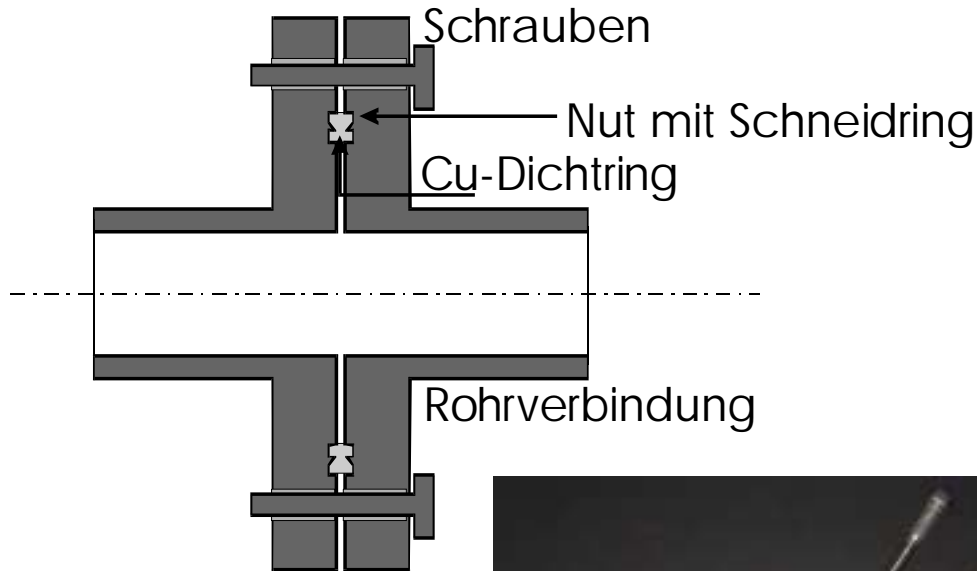
- ☺ jederzeit lösbar
- ☺ schnell montierbar
- ☺ robust

Nachteile:

- ☹ nicht UHV-tauglich
- ☹ nicht temperaturbeständig, d. h. nicht ausheizbar

Vakuumverbindungen II

CF-Verbindungen:



CF = "Cone Flat"

Vorteile:

- ☺ UHV-tauglich
- ☺ kein Kunststoff
- ☺ temperaturbeständig

Nachteile:

- ☹ Cu-Dichtring nicht mehrfach verwendbar
- ☹ aufwändige Montage
- ☹ teuer



Vakuumerzeugung

Pumpentypen:

Gasfördernde Pumpen:

Rotationspumpen

Atm → 0.1 Pa

Diffusionspumpen

10 Pa → 10⁻⁵ Pa

Turbomolekularpumpen

10 Pa → 10⁻⁵ Pa

Gasbindende Pumpen:

Kühlfallen (LN₂)

10 Pa → 10⁻⁶ Pa

Kryopumpen (Aktivkohle)

10 Pa → 10⁻⁷ Pa

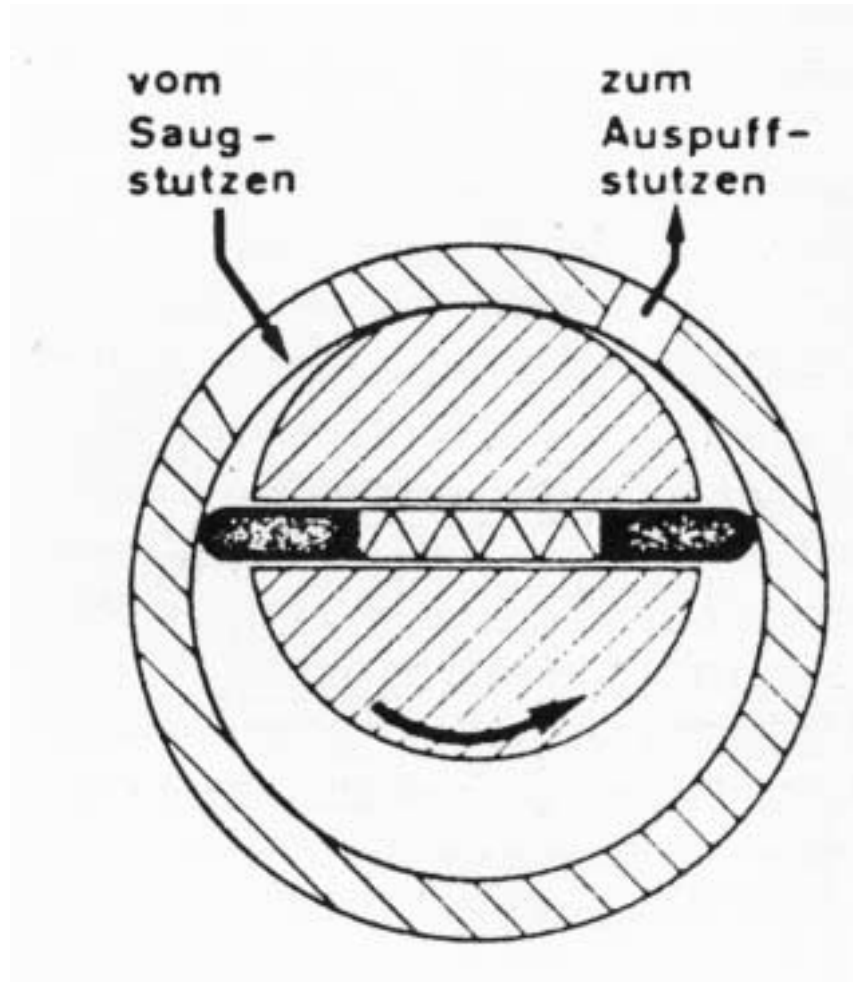
Getterpumpen

10 Pa → 10⁻⁸ Pa

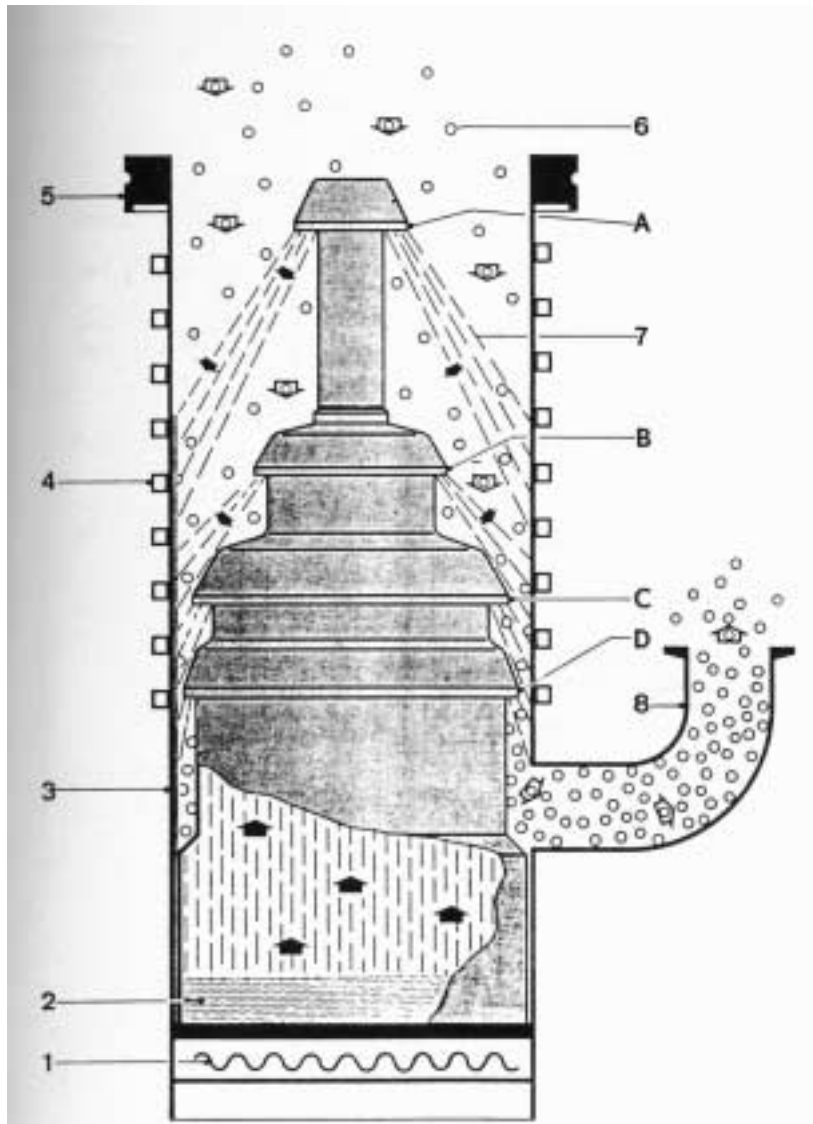
Ti-Sublimationspumpen

10 Pa → 10⁻⁸ Pa

Rotationspumpe

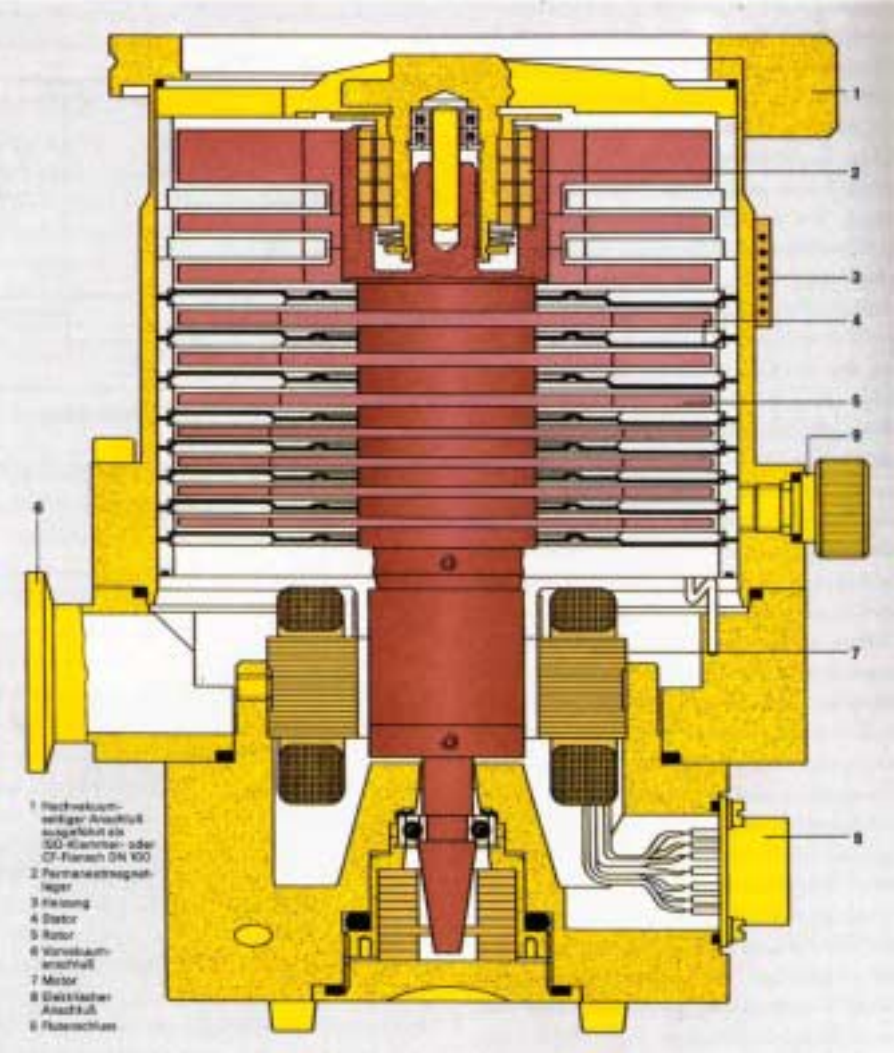


Diffusionspumpe



- A-D: Düsenkränze
- 1 Heizplatte
- 2 Siederaum
- 3 Pumpenkörper
- 4 Wasserkühlung
- 5 Ansaugflansch
- 6 Gasmoleküle
- 7 Treibmittelstrom
- 8 Vorvakuumstutzen

Turbomolekularpumpe



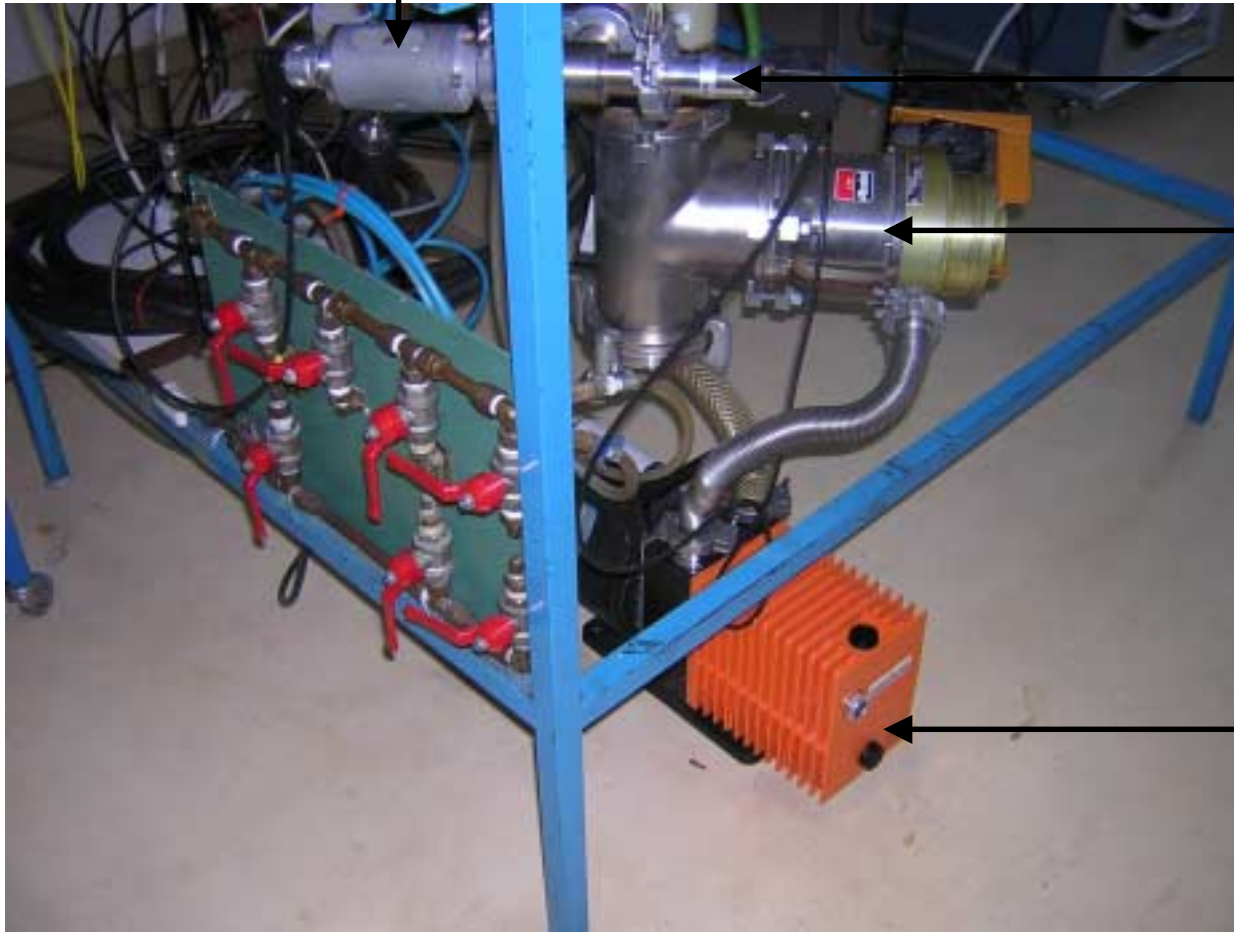
Druckmessung

Messgerätetypen:

Wärmeleitungsmanometer ("Pirani")	Atm → 0.1 Pa
Baratron-Messzelle	10 Pa → 0.1 Pa
Gasentladungsmanometer ("Penning")	0.1 Pa → 10⁻⁵ Pa
Quarzfadenmanometer	10⁻³ Pa → 10⁻⁸ Pa
Ionisationsmanometer	10⁻³ Pa → 10⁻¹⁰ Pa
Kugelreibungsmanometer	10⁻³ Pa → 10⁻¹⁰ Pa

Massenspektrometer: Partialdruckmessung

Pumpstand



**Penning
Messzelle**

**Pirani
Messzelle**

**Turbomolekular-
pumpe**

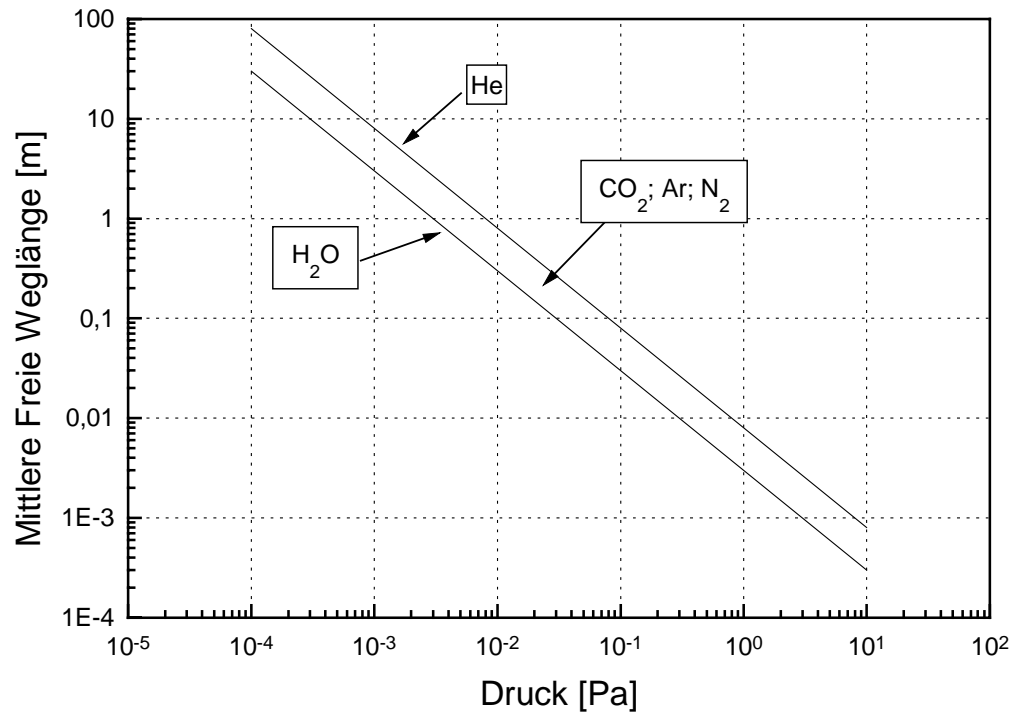
Rotationspumpe

Mittlere Freie Weglänge

$$\lambda p = 5 \text{ mm Pa}$$

$$p = 1 \text{ Pa} \rightarrow \lambda = 5 \text{ mm}$$

$$p = 10^{-4} \text{ Pa} \rightarrow \lambda = 50 \text{ m}$$



Flächenstossrate I

$$Z = Z(p, T, m) = \frac{p}{m} \sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}}$$

$$p = 0.1 \text{ Pa}$$

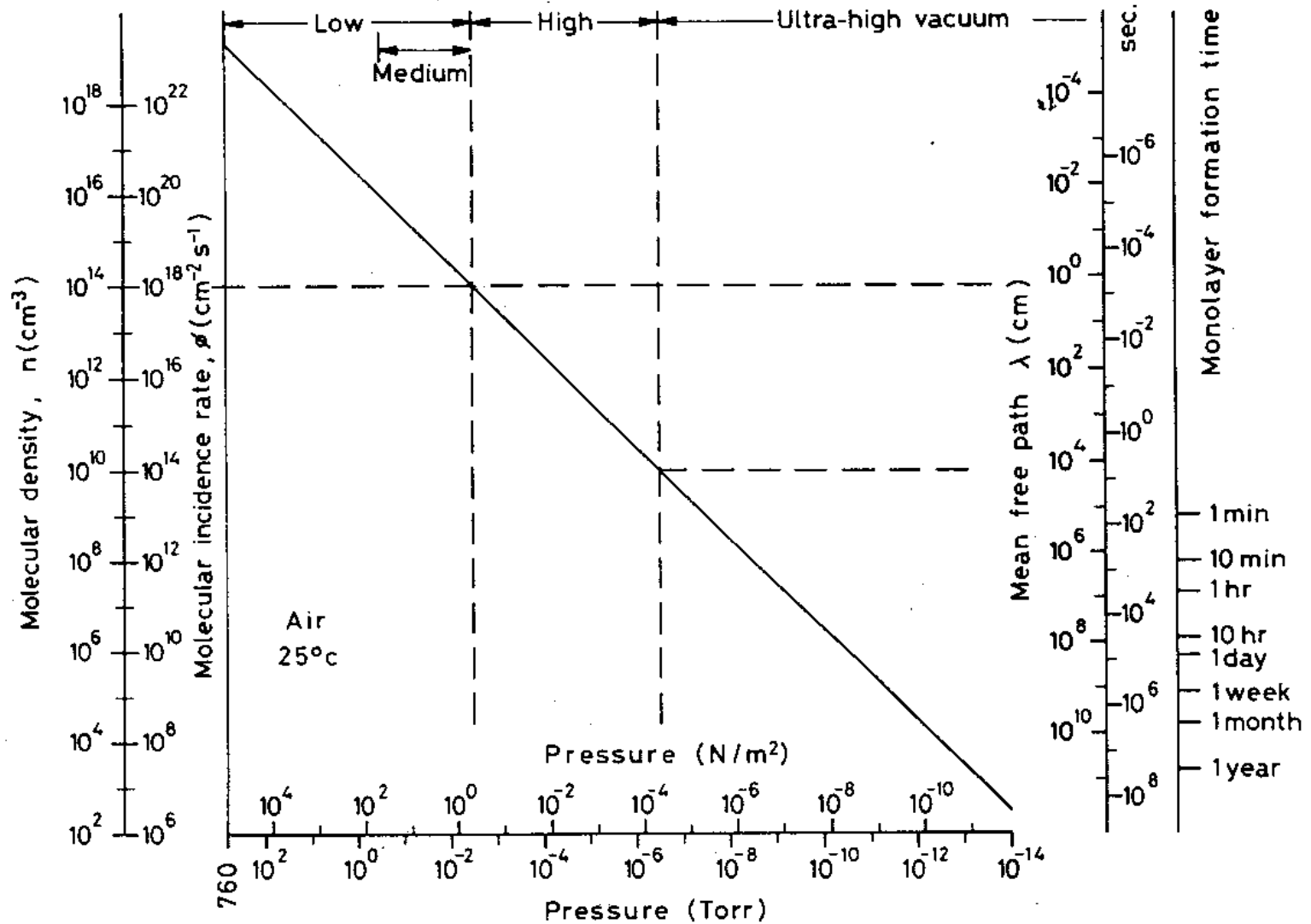
$$m = 10^{-27} \text{ kg}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

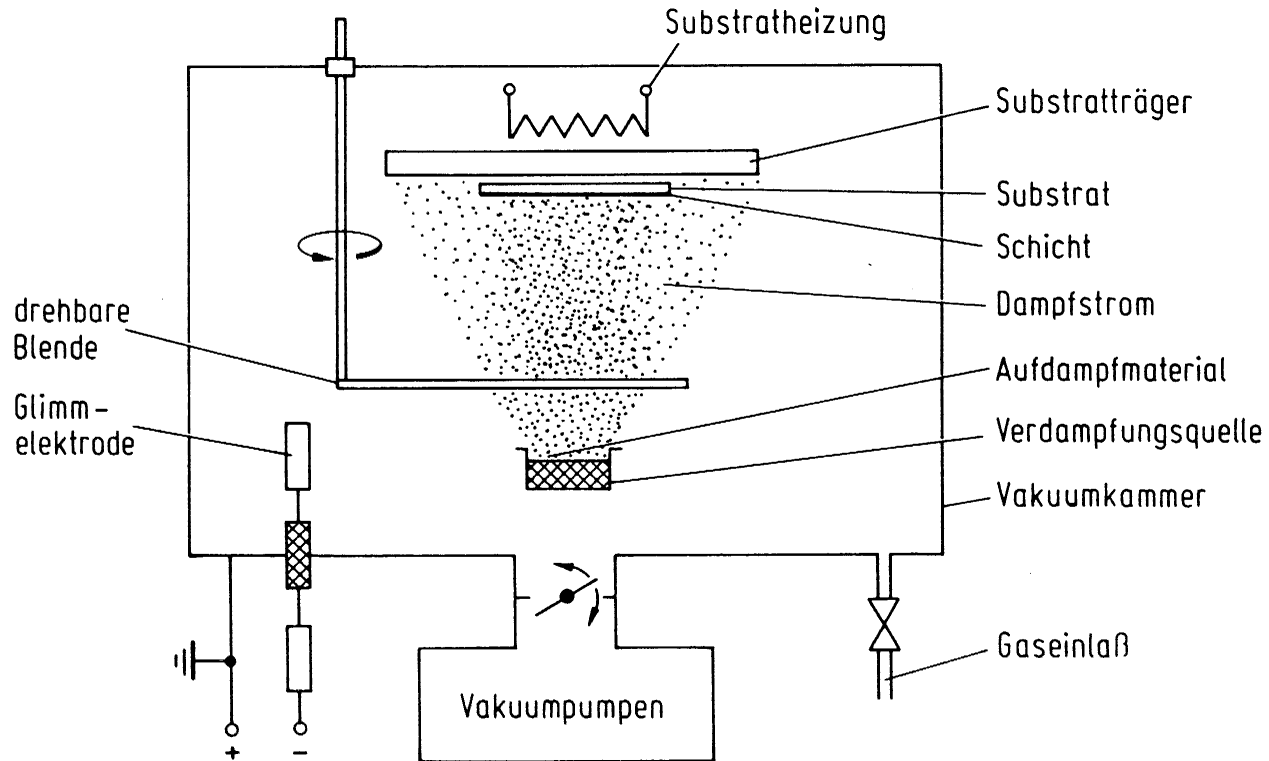
$$Z = 2 \cdot 10^{18} \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$$

Flächenstossrate II



Der Aufdampfprozess

Schema:



Verdampfungsrate: Temperaturabhängigkeit

$$Z = Z(p, T, m) = a_V \frac{p^* - p}{m} \sqrt{\frac{m}{2\pi k_B T}}$$

p^* = Temperaturabhängiger Dampfdruck des Quellenmaterials
 a_V = Verdampfungskoeffizient

$$p^* = p_0 \exp[-(E_V / (k_B T_Q))]$$

T_Q = Quelltemperatur

p_0 = Referenzdampfdruck, z. B. bei RT

Dampfdruckkurven

