

# P2-42: Vakuum (1)

Vorbereitung Sascha Meißner, Arnold Seiler

## 0. Grundlagen, Messgeräte

### 0.1 Pirani Vakuummeter (Wärmeleitungsmanometer)

Messbereich:  $10^{-3} - 100 \text{ mbar} \hat{=} 0,075 - 75 \text{ Torr}$

Eigenschaften: nutzt folgenden Effekt aus:

Bei einem bestimmten Druck und Temperaturintervall ist die Wärmeleitfähigkeit von Gasen druckabhängig.

Funktionsweise:

Ein Messdraht (z.B. Wolfram) im Vakuum wird auf konst. Temperatur beheizt. Dieser gibt an die Umgebung konst. Wärme ab über das Gas.

Die abgegebene Leistung ist ein Maß für den Druck.

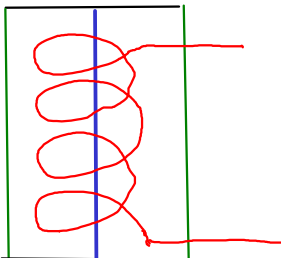
Mit Hilfe einer Wheatstone-Bridge wird der Draht auf konst. Temp. gehalten, da der Widerstand prop. zur Temp. ist. Wobei man hier zusätzlich elektronische Verschaltgeräte benutzt um die angelegte Spannung zu regeln.

### 0.2 Ionisations Vakuummeter (Gleichkathoden-Ionisationsmanometer (Icnisac))

Messbereich:  $10^{-11} - 1 \text{ mbar} \hat{=} 0,75 \cdot 10^{-11} - 0,75 \text{ Torr}$

Eigenschaften: um hohe Messgenauigkeit zu erzielen.

Funktionsweise:



Kathode (neg. Ladung)

Anode (pos. geladener Zylinder)

Jonenkollektor (negativer als Kathode)

Eine beheizte Kathode erzeugt freie Elektronen, die von der Anode beschleunigt werden und das Gas ionisieren. Die Gasionen wandern zum Ionenkatheter. Dieser Ionenstrom ist proportional zur Teilchendichte. Daraus lässt sich der Druck bestimmen. Die Druckanzeige ist abhängig von der Art des Gases wegen der Teilchendichte.

### 0.3 Kathoden-Vakuummeter (Penning) (Kathoden Ionisations!)

Messbereich:  $10^{-11} - 10^{-2} \text{ Torr} \hat{=} 0,75 \cdot 10^{-11} - 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ Torr}$

Eigenschaften: nicht so große Messgenauigkeit  
einfacher zu verwenden

Funktionsweise:

Hier wird der Gasentladungsstrom gemessen, der durch die Elektronen verursacht wird. (Ähnliches Prinzip wie bei Leuchtstoffröhren)

### 0.4 Membran-Vakuummeter

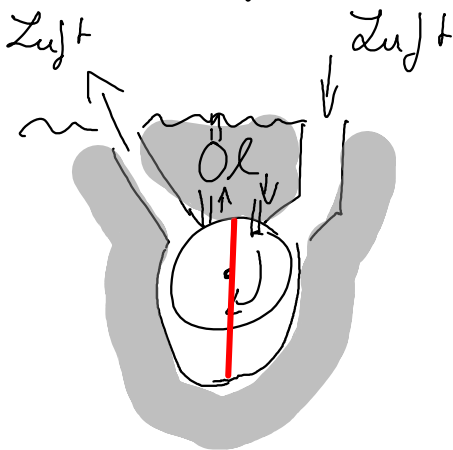
Messbereich: 0 - 200 bar

Eigenschaften: Für alle Bereiche, aber sehr ungenau ab Feinbereich an

Funktionsweise:

Die Kraft auf eine Membran wird gemessen zur Druckbestimmung.

### 0.5 Vorpumpe (Drehschieberpumpe)

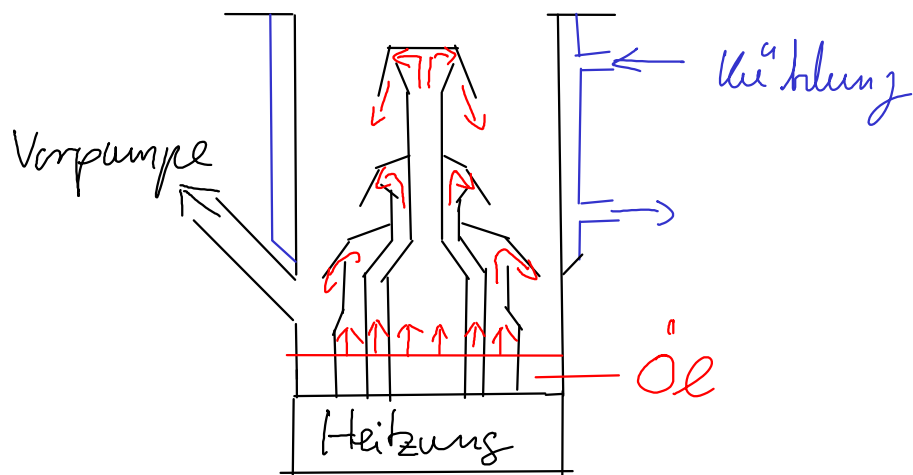


Schieber

## 0.6 Diffusionspumpe (Öl, Luftg. Kühlt)

3-Stufige Pumpe:

Vakuumapparatur



Das verdampfende Öl strömt mit hoher Geschwindigkeit aus den kleinen Öffnungen nach unten. Dabei diffundiert das Gas in den Ölstrom und wird nach unten befördert, wenn das Öl an den kühlen Wänden wieder kondensiert.

## 0.7 Leitwert $L$ [ $\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ ] eines Rohrs [Quelle: Watz]

Im Feinvakuum:

$$L = 12,1 \cdot \frac{d^3}{l} \cdot f(\bar{p} \cdot d)$$

$d$ : [cm] Durchmesser

$l$ : [cm] Länge

$p$ : [mbar]

$\bar{p} = \frac{p_1 + p_2}{2}$  Druckunterschied

$$\text{Leitwertfunktion } f(\bar{p} \cdot d) = \frac{1 + 200 \cdot \bar{p} \cdot d + 2620 \bar{p}^2 \cdot d^2}{1 + 235 \bar{p} \cdot d} \quad \left[ \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right]$$

Gültigkeitsbereich:

$$10^{-2} < \frac{\text{mittlere freie Weglänge}}{d} < 0,5$$

unter 0,5 stoßen mehr Moleküle gegenseitig als mit dem Rohr.

Im Hagen-Poiseuille:

$$L = A \cdot \left(1 + \frac{3}{16} \cdot \frac{l \cdot \eta}{A}\right)^{-1} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot T}{2\pi M_{\text{molar}}}}$$

Innenquerschnitt  $A = \frac{\pi d^2}{4}$

Querschnittsumfang  $U = \pi \cdot d$

Molare Gaskonstante  $R = 83,14 \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

Gaskonstante  $T = 295 \text{ K}$

Molare Masse  $M_{\text{molar}} \left[ \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$

Gültigkeitsbereich:

$$\frac{\text{mittlere freie Weglänge}}{d} > 0,5$$

Die mittlere freie Weglänge ist viel größer als der Durchmesser des Rohrs, es ist zu vernachlässigen, dass Moleküle untereinander stoßen.

## 0.8 Saugleistung, effektives Saugvermögen

Saugleistung:  $S = S_{\text{eff}} \cdot p$

$V$ : leeresaugtes Volumen

Saugvermögen:  $S_{\text{eff}} = \frac{V}{t}$

## 0.9 mittlere freie Weglänge $\lambda$

$\lambda$  ist die durchschnittliche Weglänge die ein Teilchen zurück legt ohne mit anderen Teilchen zu stoßen:

$$\lambda = \frac{1}{n \sigma}$$

$\sigma$ : Wirkungsquerschnitt

$n$ : Teilchendichte

Druckbereich	Druck in bar	Moleküle pro $\text{cm}^3$	Mittlere freie Weglänge
Atmosphäre	1,013	$2,7 \cdot 10^{19}$	68 nm
Grobvakuum	300 - 1	$10^{19} - 10^{16}$	0,1 - 100 $\mu\text{m}$
Feinvakuum	$1 - 10^{-3}$	$10^{16} - 10^{13}$	0,1 - 100 $\mu\text{m}$
Hochvakuum	$10^{-3} - 10^{-7}$	$10^{13} - 10^9$	10 cm - 1 km
Ultrahochvakuum	$10^{-7} - 10^{-11}$	$10^9 - 10^5$	1 km - $10^4$ km
Extremes Ultrahochv.	$< 10^{-11}$	$< 10^5$	$> 10^4$ km

Mittlere Teilchendichte im Universum:  $10^{-6} \frac{\text{Moleküle}}{\text{cm}^3}$

## 1. Apparatur und Gasentladung

- Vergleich der Anzeigen der verschiedenen Messinstrumente
- Anzeigegenauigkeit, Verwendbarkeit
- Beobachtung der Gasentladung in Abhängigkeit vom Druck
- Protokoll für 3.1 (Tabelle für Zeit-Druck-Abh. vorher. Zeitintervalle (wann, was aufschreiben))

### Vorgehen:

- Für Verbindungsleitung  $\perp$  Rohr mit bestem Leidwert ( $l = 0,25 \text{ m}$ ,  $d = 40 \text{ mm}$ ) mit NW32 / NW40-Zerhörniger!
- Evakuieren der Diffusionspumpe und Vakuumkammer mit Vorpumpe
- **V2** offen, **V1** und **V3** geschlossen auf 0,04 Torr
- Evakuieren des Rezipienten
- **V3**, **V4** offen, **V1** und **V2** geschlossen auf 0,04 Torr
- Druckabnahme bei **PV1**, **PV2** und **PV3**
- Bei 0,01 Torr KV einschalten
- Bei 0,001 Torr **IV** einschalten

## 2. Vorbereitung für Aufdampfversuch

### Vorgehen:

- $V3$  schließen,  $V2$  öffnen,  $V1$  geschlossen
- Diffusionspumpenheizung einschalten DO30L
- langsames Belüften des Rezipienten über  $BV2$  (gleich wieder schließen)
- Indium im Verdampfungskocher nachfüllen.
- Reinigung von Schraugläsern und Plexiglasauflage.
- Sauberkeit der Dichtflächen von Glasglocke beobachten
- Penning-Messröhre  $KV$  Aufbau beobachten
- Reinigung des Kathodenblechs.
- NW32 / NW40-Zentrierung beachten.

## 3.1 Evakuieren(1) bis 0,05 Torr

### Vorgehen:

- $V2$  schließen
- Evakuieren mit  $D1$ ,  $V3$  und  $V4$  öffnen
- Druck-Zeit-Abhängigkeit aufnehmen
- erst MV, unter 10 Torr  $PV3$  verwenden
- Heizung der Diffusionspumpe DO30L beachten

## 3.2 Evakuieren mit der Diffusionspumpe DO30L

### Vorgehen:

- $V3$  schließen,  $V2$  öffnen, nach einigen Sekunden  $V1$  öffnen
- schnelle Druckänderung! (am Anfang)
- Druck-Zeit-Abh. aufnehmen
- 0,01 Torr  $KV$  einschalten
- 0,001 Torr  $IV$  einschalten
- 0,0002 Torr nach ca. 40 min erreicht.

### 3.3 Kühlfänger

#### Vorgehen:

- bei  $0,0002 \text{ Torr}$  flüssige Luft in Kühlfänger füllen (Schutzhülse!)
- Druck beobachten, Effekt des Kühlfängers

### 4. Aufdampfversuch

- durch  $4 \text{ mm}$ -Blende Indium aufdampfen auf Plexiglas
- Strom langsam erhöhen
- sobald Fleck deutl. sichtbar Strom ausschalten
- flüchtige Luft aus Fänger blasen (Betauer!)
- bei  $0,001 \text{ Torr}$  **IV** ausschalten

### 5. Leckrate des Rezipienten

- **V4** schließen
- Druckanstieg von  $0,0002 \text{ Torr}$  bis  $0,01 \text{ Torr}$  in abh. von Zeit auftragen

### 6. Aufdampfbilder

- **V4** öffnen bis  $0,001 \text{ Torr}$  erreicht sind, wieder schließen
- 2. Fleck aufdampfen
- 3. Fleck bei  $0,01 \text{ Torr}$  aufdampfen
- bei  $0,01 \text{ Torr}$  **KV** ausschalten

7.

- $V4$  geschlossen?
- Heizung der Diffusionspumpe D030L ausschalten
- $V1$  und  $V2$  schließen
- $BV2$  langsam öffnen!
- für  $L$  Rohr mit  $l=0,8\text{m}$ ,  $d=6\text{mm}$  einsetzen
- Zeitweilige beidseitig NW32
- Evakuieren mit D1,  $V3$  und  $V4$
- an  $PV1$  und  $PV2$   $p(t)$  messen
- Druckverlauf zw 10 - 0,3 Torr
- nochmals mit  $L$ :  $l=0,8\text{m}$ ,  $d=2\text{mm}$

## 8. Aufräumen

- bei 0,1 Torr alle  $V$  schließen
- Ventilsteuergerät ausschalten
- Drehschiebepumpe D1 ausschalten
- $BV1$  öffnen