

Die Nutzung von Vakuumpumpen für unterschiedliche Anwendungen aufgrund ihrer Funktionsweise, sowie die Mechanik der Evakuierung ¹

P. Nisblé und D. Bubeck

Abstract: The abstract should preferentially be in English. Here we explain in a few lines (i) what was done, and (ii) what the results were.

Als besondere Auswertung testiert: Datum, Unterschrift:

¹ Versuch F71, ausgeführt am 24.4.17, Betreuer: Frederik Arand, kurze besondere Auswertung

1 Einleitung

Diese Reihe von Versuchen dienen zur Orientierung und Nutzung von Apparaturen die Evakuierung benötigen, sowie zur Verständnis der Vakuumtechnik und auch deren Grenzen. In geringem Maße auch der Sensibilisierung für zuvor unbekannte Fehlerquellen die in der Vakuumtechnik zu Fehlern führen können.

Der komplette Versuch ist getrennt in 6 Teilversuche: [1]

1. Funktionsweise einer Drehschieberpumpe

Beobachtung einer Drehschieberpumpe in Betrieb und Bestimmung des maximal erreichbaren Vakuums (nach Abb. 1)

2. Abpumpen kondensierbarer Dämpfe

Beobachtung der selben Drehschieberpumpe unter Abpumpen kondensierbarer Dämpfe und dem daraus resultierenden maximalen Vakuum (nach Abb. 2)

3. Funktionsweise von Molekular- und Turbomolekularpumpe (TMP)

Beobachtung einer Hybridpumpe mit Turbo- und Gaedestufe in Betrieb (nach Abb. 3)

4. Saugvermögen der TMP

Messung des Saugvermögens der TMP mithilfe einer Kapillaren (nach Abb. 4)

5. Bestimmung des Leitwerts von Rohr und Blende
(nach Abb. 9)

6. Lecksuche

mit Teslatransformator und Heliumlecksucher (nach Abb. 13)

2 Versuchsdurchführung

2.1 Inbetriebnahme der Drehschieberpumpe

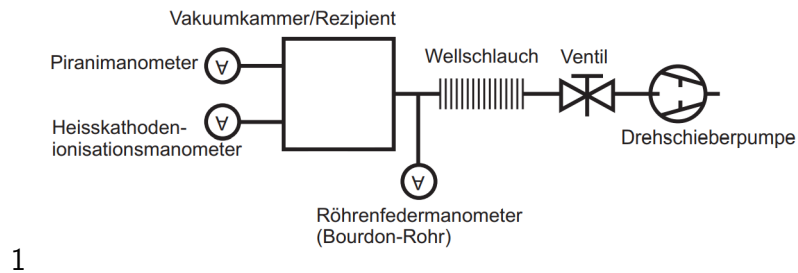


Abbildung 1: generalisierter Aufbau zur Beobachtung der Funktionsweise einer Drehschieberpumpe

Die Erwartung des von der Pumpe zu erzeugenden Vakuums beträgt

$$P_E = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mbar}$$

⇒ Schlussfolgerung: Leck

Messe Druck p in der Vakuumkammer mit Dual Gauge Vakuummeter:

1. Lauf: $p = \cdot 10^{-1} \text{ mbar}$
2. Lauf: $p = \cdot 10^{-1} \text{ mbar}$

2.2 Abpumpen kondensierbarer Dämpfe

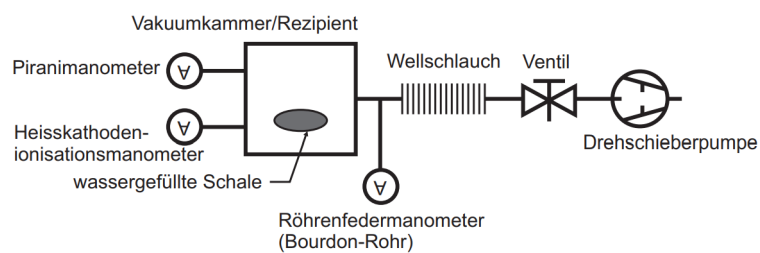


Abbildung 2: Vakuum-Blockschaltbild zum Versuch des Abpumpens kondensierbarer Dämpfe

Beobachtung:

- Wasser beginnt bei niedrigem Druck an zu sieden ($\sim \text{mbar}$)
→ Schalte Gasballast zu um Kondensation des Wasserdampfes zu verhindern
- Wasser gefriert bei $\sim \text{mbar}$

2.3 Inbetriebnahme einer Turbomolekularpumpe

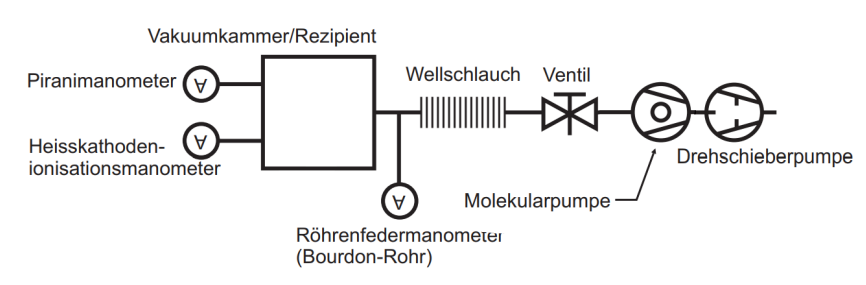


Abbildung 3: Aufbau zur Beobachtung der Funktionsweise von Molekular- und Turbomolekularpumpe

Die Turbomolekularpumpe wird nun nach [1], wie in Aufbau 3 hinzugeschaltet. Die Apparatur wurde eingeschaltet und über Nacht laufen gelassen.

Über Nacht hat sich der Druck im Rezipienten auf $(\pm) \cdot 10^{-6} \text{ mbar}$ eingestellt. (gemessen mit dem Dual-Gauge-Messgerät)

2.4 Saugvermögen der TMP

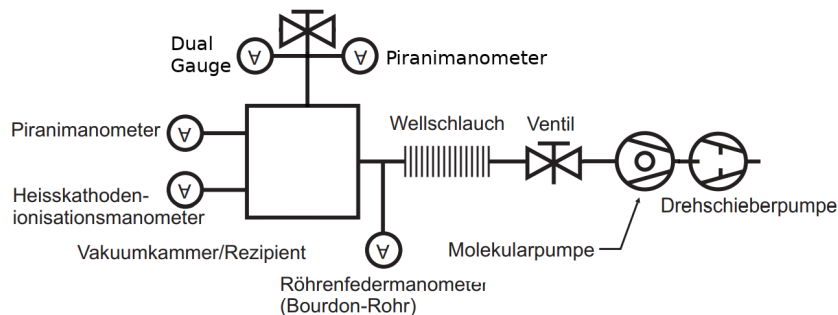


Abbildung 4: Bestimmung des Saugvermögens einer TMP

Es wird nun eine Kapillarröhre an den Rezipienten angeflanscht, diese hat ein Fassungsvermögen von ml

Mithilfe des Binärventils wird nun der gewünschte Druck eingestellt. Ein Seifentropfen wird in die Kapillare eingegeben und die Dauer gemessen, die der Tropfen benötigt um ein gewünschtes Volumen in der Kapillare zu überschreiten

Abbildung 5: Messreihe 1.1: Saugvermögen bei Kapillare 1

p / mbar	t / s	V / ml
0	$(7.10 \pm 0.10) \cdot 10^{-6}$	50.8 ± 3.0
		0.0100 ± 0.0005

Die Kapillare wurde nun durch eine Andere ersetzt, diese besitzt ein Fassungsvermögen von ml , und es wurden folgende Messungen gemacht:

Abbildung 6: Messreihe 1.2: Saugvermögen bei Kapillare 2

Es erfolgt eine weitere Kapillare mit dem Fassungsvermögen von ml , mit den folgenden Messungen:

Abbildung 7: Messreihe 1.3: Saugvermögen bei Kapillare 3

Zuletzt wird ein Kolben angebracht:

- Gesamtvolumen: ml
- Masse: $m = (\pm) g$
- Skalenteilung: ml
- Durchmesser: $d = (\pm) \cdot 10^{-2} m$

Abbildung 8: Messreihe 1.4: Saugvermögen bei Kolben

(Diese Messungen geschehen bei Äußerem Normaldruck) Anschließend wird langsam belüftet um die TMP nicht zu überhitzen

2.5 Leitwert von Rohr und Blende

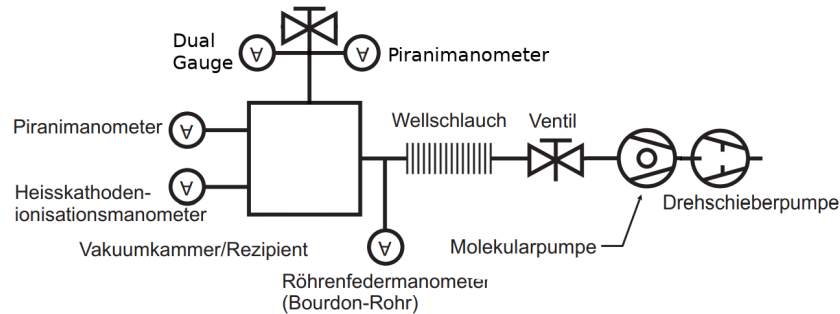


Abbildung 9: Aufbau zur Bestimmung des Leitwerts von Rohr und Blende

Der Rezipient wird nun leer gepumpt und anschließend mittels Binärventil der gewünschte Druck eingestellt. Bei verschiedenen Rohren und Blenden in der Führung wird der Druck jeweils oben am Führrohr und unten am Rezipienten gemessen (mithilfe der Dual-Gauge)

- Maße Blende:

$$d = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

- Maße Rohr:

$$d = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

- Maße Halterohr:

$$d = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$h = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Abbildung 10: Messreihe 2.1: Rohr und Blende

Nach der Messung wird die Pumpe belüftet. Das Halterohr abgeschraubt und die Blende entfernt. Nach erneutem anbringen des Halterohrs wird erneut eine Druckmessung durchgeführt.

Abbildung 11: Messreihe 2.2: Rohr

Die Pumpe wird belüftet und als letzte Messreihe lediglich die Blende in das Halterohr montiert. Der Rezipient wird erneut evakuiert und eine erneute Druckmessung durchgeführt.

Abbildung 12: Messreihe 2.3: Blende

2.6 Lecksuche

Zunächst wird der Aufbau aus Versuchsteilen 4 & 5 benutzt

→ Über Nacht hat sich ein Druck von $(\pm) \cdot 10 \text{ mbar}$ eingestellt.

Die Pumpen werden erneut eingeschalten. Es wird ein aus Glas geschmolzenes Leck aus dem Auslass des Ventils am Rezipienten angebracht.

→ Mit dem Leck stellt sich ein Druck von $(\pm) \cdot 10 \text{ mbar}$ ein.

Die Strahlenkanone wurde dann auf die Glaskapillare gehalten.

→ Der Luftstrom war durch die Gasentladung sehr deutlich zu sehen.

Für die Gegenstromlecksuche wurde folgender Aufbau verwendet:

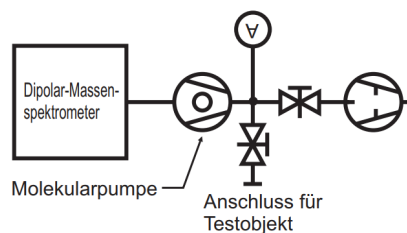


Abbildung 13: Prinzipschaltbild des im Versuchsteil 6 eingesetzten Gegenstromlecksuchers

Mittels einer Heliumgasflasche wurde an verschiedenen Stellen Helium auf die Apparatur gegeben und der Ausschlag am Spektrometer beobachtet.

→ Es konnte eine poröse Schweißnaht ausfindig gemacht werden, die offensichtlich für das Leck im Aufbau verantwortlich ist.

3 Ergebnisse

3.1 Inbetriebnahme der Drehschieberpumpe

Nach Inbetriebnahme der Drehschieberpumpe wurde der Druck im Rezipienten mittels des Dual-Gauge-Druckmessgerätes verfolgt.

Nach kurzer Laufzeit der Pumpe wird die Druckveränderung mitverfolgt, dabei fällt der Druck innerhalb von *min* von $(\pm) \cdot 10^{-2} \text{ mbar}$ auf $(\pm) \cdot 10^{-2} \text{ mbar}$ ab. Aufgrund der Geschwindigkeit dieses Abfalls schätzen wir, dass der Druck nicht unter einen Wert von

$$p = (\pm) \cdot 10^{-2} \text{ mbar} \quad (1)$$

(Fehler ist Schätzung) fallen wird, auch wenn wir die Pumpe über mehrere Stunden hinweg arbeiten lassen könnten.

Das Vakuum kann mit einer Drehschieberpumpe nicht beliebig gut werden, da die Drehschieberpumpe bei einem gewissen Druck das Gas nicht mehr genügend komprimieren kann, was zum Ausstoßen des Gases nötig wäre. Es stellt sich aber ein Gleichgewicht bei einem bestimmten Druck ein, sodass die Menge an Gas, die von der Pumpe nach außen gefördert wird, gerade der Menge Gas entspricht, die durch Lecks in den Rezipienten eintritt.

3.2 Abpumpen kondensierbarer Dämpfe

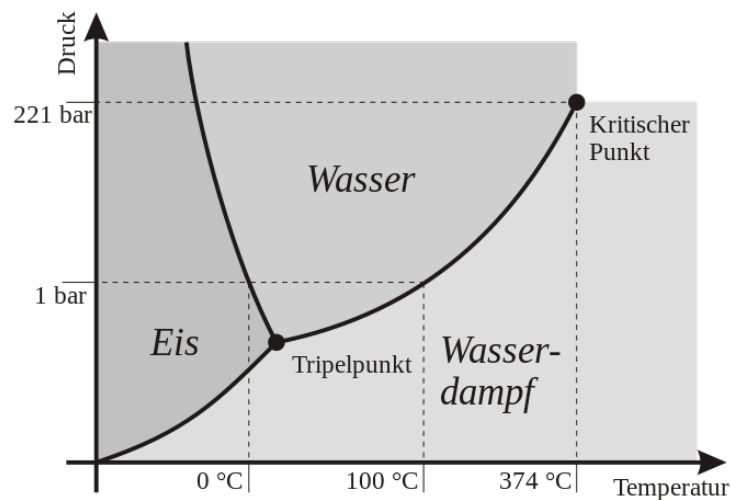


Abbildung 14: Phasendiagramm von Wasser (nach [2])

4 Diskussion

Hier werden alle wesentlichen Ergebnisse nochmals ausgeführt und diskutiert.

Am Schluss kann man noch eine allgemeinere Bemerkung zum Versuch machen.

Literatur

- [1] Versuchsskript zu Versuch F70
- [2] de.wikibooks.org: Aggregatzustandsänderungen
(https://de.wikibooks.org/wiki/Physik_in_unserem_Leben/_Aggregatzustands%C3%A4nderungen)