

Vorbereitung des Versuches  
P2-44  
Vakuum (2)

Manuel Schmidberger  
Markus Engelhardt

2005-06-13

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Überblick über die Apperatur und Grundlagen zum Vakuum</b>	<b>3</b>
1.1	Turbomolekularpumpe . . . . .	3
1.2	Thermovac - Messsonde . . . . .	3
1.3	Ionisations - Messsonde (Ionivac - Sonde) . . . . .	3
1.4	Drehschieberpumpe . . . . .	4
1.5	Vakuum; Klassifikation . . . . .	4
1.6	Gasentladunsrohr . . . . .	4
1.7	Leitwert, Saugleistung und Saugvermögen . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Vorbereitung</b>	<b>7</b>
2.1	Aufgabe 1 . . . . .	7
2.2	Aufgabe 2 . . . . .	7
2.3	Aufgabe 3 . . . . .	7
2.4	Aufgabe 4 . . . . .	7
2.5	Aufgabe 5 . . . . .	7
2.6	Aufgabe 6 . . . . .	8
2.7	Aufgabe 7 . . . . .	8

# 1 Überblick über die Apparatur und Grundlagen zum Vakuum

## 1.1 Turbomolekularpumpe

Eine moderne Turbomolekularpumpe setzt sich aus der Turbineneinheit und dem Antrieb zusammen. Sie gehört zu den mechanisch - kinetischen Vakuumpumpen. Die Pumpe besteht aus zwei Stufen, zum einen aus der Ansaugstufe und zum anderen aus der Kompressionsstufe. Um nun das Gas abzupumpen, erhalten die Gasteilchen von den Rotorflächen einen Impuls in Förderrichtung. Das Saugvermögen der Ansaugstufe sollte weitestgehend konstant sein, bei hohem Ansaugdruck jedoch abnehmen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, sorgt eine Vorpumpe für einen geringen Ansaugdruck. Aus physikalisch-chemischen Gründen werden die schweren Moleküle stärker komprimiert als die leichten.

## 1.2 Thermovac - Messsonde

Bei einer Thermovac - Messsonde handelt es sich um einen Wärmeleitungs-vakuummeter. Man benutzt hier einen feinen Wolfram- oder Nickeldraht. Dieser ist ein Zweig einer Wheatstoneschen Brücke. Die an der Brücke anliegende Spannung wird dabei so geregelt, dass der Widerstand des Messdrahtes (und damit seine Temperatur) unabhängig vom Wärmestrom konstant ist (also auch vom Druck). Dies hat zur Folge, dass die Brücke im Allgemeinen abgeglichen bleibt. Der Gasdruck wird nun über der an der Brücke anliegenden Spannung gemessen. Dabei wird die Eigenschaft genutzt, dass der Wärmeübergang vom Messdraht auf das Gas mit zunehmenden Druck abnimmt.

## 1.3 Ionisations - Messsonde (Ionivac - Sonde)

Eine Ionivac - Messsonde besteht im Allgemeinen aus drei Elektroden: der Glühkathode, der Anode und dem Ionenkollektor. Die von der Kathode emittierten Elektronen mit der Stromstärke  $I$  stoßen mit den Gasteilchen zusammen. Dabei werden die Gasteilchen ionisiert. Die nun gebildeten positiven Ionen gelangen zum Ionenkollektor. Sie werden als Ionenstrom  $I^I$  gemessen. Dieser ist ein Maß für Gasdruck und Gasdichte. Da unterschiedliche Gase unterschiedliche Ionisierungsenergien besitzen, ist die Druckanzeige der Ionivac - Messsonde gasabhängig.

## 1.4 Drehschieberpumpe

Bei der Drehschieberpumpe handelt es sich um eine Rotations - Verdränger - Vakuumpumpe. Dabei sind in einem Rotor bewegliche Schieber eingelassen. Diese komprimieren das Gas und stoßen es aus. Durch eine Öleinspritzung wird der Rotor mit Öl versorgt. Dies gewährleistet eine bessere Kühlung. Um eine Kondensation von Dämpfen zu verhindern, sind Drehschieberpumpen Gasballasteinrichtungen versehen. Diese Dämpfe können nur bis zu ihrem Sättigungsdampfdruck bei der Temperatur der Pumpe verdichtet werden.

## 1.5 Vakuum; Klassifikation

Vakuum ist im Prinzip einfach ein Unterdruck. Das heißt, es beschreibt den Zustand eines Raumes, in dem der Druck unter dem atmosphärischem Normaldruck von 1013 *hPa* liegt. Dabei werden folgende Klassifikationen vorgenommen:

Großvakuum	: 1 – 1000 <i>mBar</i>
Feinvakuum	: $10^{-3}$ – 1 <i>mBar</i>
Hochvakuum	: $10^{-7}$ – $10^{-3}$ <i>mBar</i>
Ultrahochvakuum	: $< 10^{-7}$

## 1.6 Gasentladungsrohr

Die Gasentladungsröhre besteht aus einem mit Gas gefülltem Rohr, an dessen Enden sich eine Kathode bzw. eine Anode befindet. An der Kathode kommt ein Ionenstrahl an, der Elektronen löst. Durch das angelegte elektrische Feld werden diese Elektronen in Richtung Anode beschleunigt. Die Beschleunigungsenergie der Elektronen lässt sich mittels Beschleunigungsspannung erhöhen. In dem Gas treffen die Elektronen nun auf die Gasatome. Ist die Energie der Elektronen groß genug, schießen die Elektronen Photonen aus der Elektronenhülle des Gasatoms heraus. Die Elektronen fallen dabei wieder in ihren Grundzustand zurück. Nun durchlaufen sie wieder eine gewisse Strecke in der Röhre in der sie nicht genügend Energie besitzen um Photonen auszulösen. Diese Strecke muss groß genug sein, damit die Elektronen aufgrund der Beschleunigung durch das elektrische Feld wieder genug Energie aufnehmen können. Diese Bereiche nennt man Dunkelräume. Sie kommen in regelmäßigen Abständen vor. Die Gasentladung setzt deshalb erst ab einem gewissen Druck ein. Das heißt bei Normaldruck fließt kein Strom. Senkt man den Druck weiter ab, so beginnt ein Strom zwischen Kathode und Anode zu fließen. Dies erkennt man anhand des Leuchteffektes in der Röhre.

## 1.7 Leitwert, Saugleistung und Saugvermögen

Um ein Gefäß zu evakuieren, muss das darin befindliche Gas abgepumpt werden. Für die Gasmengenänderung gilt:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{d(N)}{dt}$$

Unter der Annahme, dass es sich um ein ideales Gas handelt folgt mit der Zustandsgleichung  $p \cdot V = N \cdot R \cdot T$  für ideale Gase:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{m}{k \cdot T} \cdot \frac{d(pV)}{dt}$$

Die  $pV$ -Stromstärke oder der  $pV$ -Durchfluss  $Q_{pV}$  ist wie folgt definiert:

$$Q_{pV} = \frac{d(pV)}{dt} \quad \text{in} \quad \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{s}}$$

Des Weiteren gilt bei einer Molekularströmung folgende Beziehung:

$$Q_{pV} = L \cdot \Delta p = L(p_2 - p_1)$$

Das heißt der Durchfluss ist proportional zur Druckdifferenz.

Der Proportionalitätsfaktor wird Leitwert  $L$  genannt und berechnet sich wie folgt:

$$L = \frac{8\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{kT}{2\pi m}} \cdot \frac{r^3}{l}$$

Hierbei ist  $r$  der Rohrdurchmesser,  $l$  die Rohrlänge und  $m$  die Masse des Moleküles.

Für eine Parallel- bzw. Reihenschaltung zweier Rohre  $L_1$  und  $L_2$  gilt folgende Beziehung:

- Parallelschaltung:

$$L = L_1 + L_2$$

- Reihenschaltung:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Das Saugvermögen einer Pumpe wird durch die Saugleistung  $Q_{\uparrow}$  dargestellt. Es gilt folgende Beziehung:

$$S = \frac{Q_{\uparrow}}{p}$$

Dabei ist  $Q_{\uparrow}$  der Druckfluss durch die Pumpe und  $p$  der Druck am Saugstutzen. In Verbindung mit einer Rohrleitung gilt auch hier die Beziehung

$$Q_{pV} = Q_{\uparrow} = L(p_2 - p_1)$$

Dabei wird nun die Druckdifferenz zwischen Saugstutzen und Rezipient eingesetzt. Dabei ist  $p_1$  der Druck am Saugstutzen und  $p_2$  der Druck im Rezipienten.

Für das effektive Saugvermögen gilt

$$\frac{1}{S_{\text{eff}}} = \frac{1}{S} + \frac{1}{L}$$

und für  $S_{\text{eff}}$  gilt letztendlich:

$$S_{\text{eff}} = \frac{S}{1 + \frac{S}{L}}$$

## 2 Vorbereitung

### 2.1 Aufgabe 1

Sollte die Versuchsanordnung unter Vakuum stehen, soll sie nun belüftet werden. Die Glasglocke soll dabei nicht abgehoben werden. Des Weiteren soll man sich ein Bild vom Versuchsaufbau machen. Es ist zu überprüfen wie der Aufbau angeschlossen ist und wo welche Teile eingebaut sind.

### 2.2 Aufgabe 2

Nun soll der Rezipient und die Gasentladungsröhre mittels Drehschieberpumpe evakuiert werden. Dabei wird die Gasentladung in Abhängigkeit vom Druck beobachtet und skizziert. Der Druck wird soweit erniedrigt bis die Gasentladung erlischt.

Nach der Aufgabe soll das Ventil  $V_2$  an die Gasentladungsröhre angeschlossen werden, da diese sonst nicht dicht ist und dadurch Messfehler entstehen würden.

### 2.3 Aufgabe 3

Wie in Aufgabe 2 soll hier wiederum die Apparatur evakuiert werden. Mittels Thermovac - Messsonde und Stoppuhr soll nun die Änderung des Druckes  $p$  am Saugstutzen der Drehscheibenpumpe aufgenommen werden. Es soll ein  $S(p)$ -Diagramm erstellt werden und aus dessen linearen Kurvenverlaufs das mittlere Sauvermögen  $\bar{S}$  bestimmt werden.

### 2.4 Aufgabe 4

Für diesen Versuch wird die Verbindungsleitung  $L$  mit einem gleichlangem Rohr (mit 2 mm Rohrdurchmesser) ausgetauscht. Während dem Versuch soll an beiden Messstellen  $T_1$  und  $T_2$  gleichzeitig der zeitliche Verlauf des Druckes gemessen werden.

### 2.5 Aufgabe 5

Die Apparatur wird erneut mittels Drehschieberpumpe evakuiert. Ist der Druck auf  $p < 4 \cdot 10^{-2} \text{ mbar}$  abgefallen, werden die Turbomolekularpumpe und das Ionivac-Messgerät eingeschalten. Mit dem Ionivac wird nun erneut das Saugvermögen der Turbomolekularpumpe bestimmt. Zusätzlich soll die Kraft abgeschätzt werden, welche die Glocke auf die Gummidichtung ausübt.

## 2.6 Aufgabe 6

Im Folgenden soll bei drei verschiedenen Drücken ( $p_1 < 10^{-5} \text{mbar}$ ,  $p_2 \approx 10^{-5} \text{mbar}$  und  $p_3 \approx 10^{-2} \text{mbar}$ ) durch eine Kreisblende ein metallischer Fleck auf die schwenkbare Plexiglasscheibe im Rezipient aufgenommen werden. Dazu soll der jeweils benötigte Heizstrom beobachtet werden.

## 2.7 Aufgabe 7

Nun soll die Apparatur wieder für die folgende Praktikumsgruppe vorbereitet werden. Es soll die Glasglocke, sowie die Plexiglasscheibe gereinigt werden. Zusätzlich soll das Aufdampfschiffchen wieder mit Indium befüllt werden und die Glasglocke wieder auf den Dichtungsring gesetzt werden. Zum Schluss wird die Apparatur mittels Drehschieberpumpe evakuiert und die Ventile geschlossen.