

# Versuch 3: Vakuum

Team 2-13: Jascha Fricker, Benedict Brouwer

30. August 2022

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Theorie</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>3</b>
3.1	Kalibrierung des Piranimeters . . . . .	3
3.2	Saugvermögen . . . . .	3
3.3	Theoretische Leitwerte . . . . .	3
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>4</b>

## 1 Einleitung

In diesem Versuch wurden die verschiedenen Eigenschaften einer Vakuumpumpe untersucht. Dazu musste aber zuerst das Druckmessgerät kalibriert werden.

## 2 Theorie

**Piranimeter** Die Wärmeleitfähigkeit eines Gases ist bei kleinen Drücken abhängig vom dessen Druck. Damit einhergehend ist die benötigte Leistung um einen sich im Messaufbau befindlichen Wolframdraht auf Temperatur zu halten Druckabhängig. Diese Abhängigkeit kann genutzt werden indem Widerstand und Stromstärke gemessen werden um Rückschlüsse auf den Druck zu ziehen.

**Saugvermögen** Bei konstantem Druck kann das Saugvermögen  $S$  durch die (negative) Volumenänderung  $\Delta V_L$

$$\underbrace{\frac{d(p_L V_L)}{dt}}_{\text{konst}} = Q_S = Q_V = p_V \cdot S \quad (1)$$

$$\Rightarrow S = \left| \frac{p_L \cdot \Delta V}{p_V \cdot \Delta t} \right| \quad (2)$$

bestimmt werden. Dabei ist  $Q_s$  die Saugleistung bei Luftdruck  $p_L$  und  $Q_V$  die Saugleistung an der Vakuumpumpe mit Druck  $p_V$ .

**effektives Saugvermögen** Durch verschieden Strömungshindernisse kann das das volle Saugvermögen der Pumpe meist nicht ausgereizt werden. Daraus folg ein kleineres effektiveres Saugvermögen

$$\frac{1}{S_{eff}} = \frac{1}{S} + \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \quad (3)$$

$$(4)$$

Lokal kann der Druck beim auspumpen auch durch die Formel

$$p(t) = p_0 \cdot \exp\left(-\frac{S_{eff}}{V} \cdot t\right) \quad (5)$$

beschrieben werden, wobei  $p_0$  geeignet gewählt werden muss. Theoretisch kann der Leitwert der Kapillare mit Durchmesser  $d$  und Länge  $l$  bei viskoser Strömung (Mittlere freie Weglänge  $\lambda \ll d$ ) durch die Formel

$$L = \frac{\pi d^4}{128 \cdot \eta \cdot l} \quad (6)$$

und bei molekularer Strömung ( $\lambda \gg d$ ) mit der Formel

$$L = 121 \text{ m s}^{-1} \cdot \frac{d^3}{l} \quad (7)$$

berechnet werden, unter Voraussetzung, dass das Medium Luft auf Raumtemperatur ist.

Für den Leitwert mehrerer hintereinandergeschalteter Strömungshindernisse gilt die Formel

$$\frac{1}{L_{ges}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad (8)$$

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Kallibrierung des Piranimeters

Durch die Messwerte des ersten Experiments konnte der Graph mit dem Verhältnis zwischen Druck  $p$  und Strom  $I$  aufgestellt werden. Durch diesen wurde eine abschnittsweise definierte Kurve gefittet, um in den nächsten Abschnitten durch den gemessenen Strom Rückschlüsse auf den vorhersagenden Druck ziehen zu können.

#### 3.2 Saugvermögen

Durch das Experiment mit der Kanüle und mit Formel 2 konnte das Saugvermögen der Pumpe  $S$  bei verschiedenen Drücken  $p$  bestimmt werden. Die errechneten Werte sind in der Tabelle 1 aufgeführt.

Druck in Pa	Saugleistung in $\text{m}^3/\text{sec}$
82.7	2.11(15)
254.9	3.335(65)
154.5	2.960(36)
322.1	4.11(12)

Tabelle 1: Saugvermögen

Die Angabe von  $3,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  ist wahrscheinlich die minimale Saugleistung bei Normdruck, so erklären sich die Werte  $\geq 3,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

#### 3.3 Theoretische Leitwerte

In der Tabelle 2 werden die theoretisch berechneten Leitwerte und effektive Saugleistungen der verschiedenen Konstellationen aus Schlauch und Kapillare dargestellt. Dabei wurde eine nominale Saugleistung von  $S = 3,7 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  angenommen.

<b>Name</b>	<b>L visk</b>	<b>L mol</b>	<b>S vis</b>	<b>S mol</b>
Schlauch	0.470(76)	$3.376(41) \cdot 10^{-3}$	$9.525(31) \cdot 10^{-3}$	$2.506(23) \cdot 10^{-3}$
Kapillare 2mm	$1.14(23) \cdot 10^{-4}$	$1.0(20) \cdot 10^{-5}$	$1.12(22) \cdot 10^{-4}$	$1.0(20) \cdot 10^{-5}$
Kapillare 3mm	$5.75(78) \cdot 10^{-4}$	$3.4(40) \cdot 10^{-5}$	$5.43(69) \cdot 10^{-4}$	$3.4(30) \cdot 10^{-5}$
Schlauch + 2mm	$1.14(23) \cdot 10^{-4}$	$1.0(20) \cdot 10^{-5}$	$1.12(22) \cdot 10^{-4}$	$1.0(20) \cdot 10^{-5}$
Schlauch + 3mm	$5.74(77) \cdot 10^{-4}$	$3.4(30) \cdot 10^{-5}$	$5.42(69) \cdot 10^{-4}$	$3.4(30) \cdot 10^{-5}$

Tabelle 2: Theoretische Werte

## 4 Diskussion