

Durchführung: 18.04.2018
Abgabe: XX.XX.XXXX

PRAKTIKUMSPROTOKOLL V70

VAKUUMPHYSIK

Anneke Reinold¹,
Paul Simon Blumenkamp²

¹anneke.reinold@tu-dortmund.de

²paul-simon.blumenkamp@tu-dortmund.de

1 Einleitung

2 Theorie

2.1 Vakuum

Hingegen der allgemeinen Auffassung, dass Vakuum ein Volumen gänzlich ohne Materie beschreibt, wird in der Physik und Technik der Vakuumbegriff in Bereiche eingeteilt. Abhängig vom Druck, der mittleren freien Weglänge und des Strömungsverhaltens lassen sich, wie Tabelle 1 zeigt, vier Bereiche unterscheiden.

Bereich	Druck / mbar	freie Weglänge [m]	Strömungsmechanismus
Großvakuum	1000 - 1	10^{-7} - 10^{-4}	viskos
Feinvakuum	1 - 10^{-5}	10^{-4} - 10^{-1}	Knudsen
Hochvakuum	10^{-3} - 10^{-7}	10^{-1} - 10^3	molekular
Ultrahochvakuum	$< 10^{-7}$	$> 10^3$	molekular

Tabelle 1: Bereichseinteilung des Vakuums

Die mittlere freie Weglänge beschreibt die durchschnittliche Wegstrecke, die ein Teilchen zurücklegt, ohne mit anderen Teilchen in Wechselwirkung zu treten. Eben für Gase und der Annahme, dass eine Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung vorliegt gilt die Gasgleichung

$$\lambda = \frac{k_B T}{\sqrt{2} \pi d^2 p}. \quad (1)$$

Hierbei ist k_B die Boltzmann-Konstante, T die Temperatur, d der Durchmesser des Moleküls und p der Druck.

2.2 Strömungsarten

Für die Charakterisierung einer vorliegenden Strömung und für die Wahl der richtigen Pumpe wird die Knudsen-Zahl K_n als einheitenlose Größe verstanden. Sie ist definiert durch den Quotienten der mittleren freien Weglänge λ und der charakteristischen Länge der Strömung l_c

$$K_n = \frac{\lambda}{l_c}. \quad (2)$$

Bei einer Knudsen-Zahl $K_N < 0,01$ wird von einer Kontinuumsströmung und Großvakuum gesprochen. Hierbei kommt es vermehrt zum Zusammenstoßen der Teilchen im Gas untereinander. Die mittlere freie Weglänge ist kleiner als die Abmessung der Strömungskanals. Es wird außerdem in laminarer und turbolenter Strömung unterschieden. Die laminare Strömung beschreibt Strömungen in Schichten. Die Gasteilchen bleiben immer parallel zueinander. Nimmt die Strömungsgeschwindigkeit aber zu, so lösen sich die Schichten auf und die Strömung wird turbulent. Beschrieben wird der Grenzübergang

durch die Reynoldszahl

$$R = \frac{\rho v l_c}{\eta}. \quad (3)$$

ρ ist die Dichte, v ist die Strömungsgeschwindigkeit und η die dynamische Viskosität. Turbulente Strömungen kommen zum Beispiel beim Abpumpen von Atmosphärendruck. In der Pumpentechnik wird versucht, diese Strömungsart zu verhindern, da durch auftretende Strömungswiderstände Pumpen mit erhöhter Saugkraft benötigt werden.

Für $0,01 \leq K_n \leq 0,5$ wird der Begriff der Knudsen-Strömung gebraucht. Charakteristisch ist diese für den Feinvakuumbereich, der in technischen Anwendungen häufig eine Rolle spielt.

Liegt die Knudsen-Zahl oberhalb von 0,5 so lassen sich kaum noch Wechselwirkungen der Gasteilchen untereinander feststellen. Es kommt zur molekularen Strömung, bei der die mittlere freie Weglänge sehr viel größer als die Abmessung des Strömungskanal ist.

3 Durchführung

3.1 Versuchsaufbau

Der Aufbau des Versuchs kann anhand der Fotos in Abb.3 bis Abb.?? nachvollzogen werden.

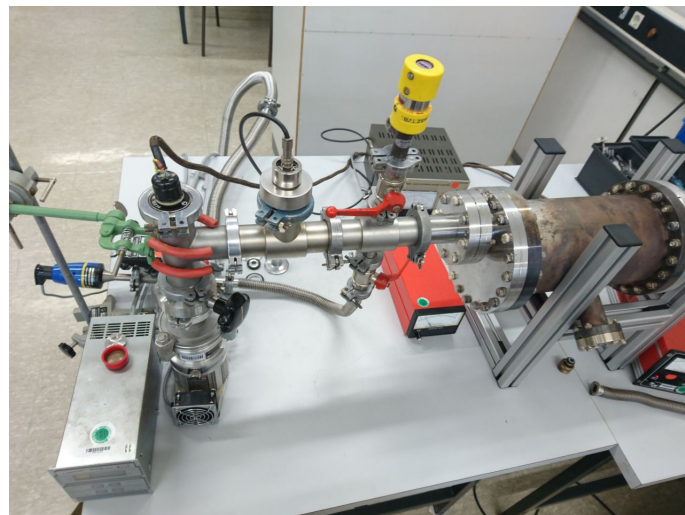


Abbildung 1: Foto des genutzten Versuchsaufbaus.

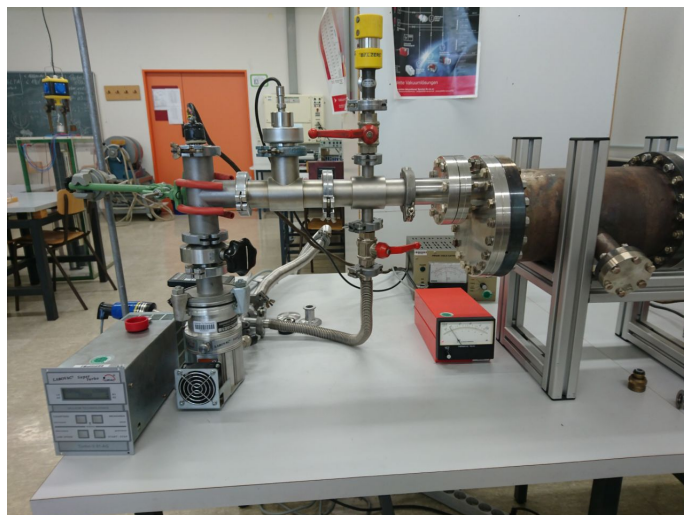


Abbildung 2: Frontansicht des Versuchaufbaus.

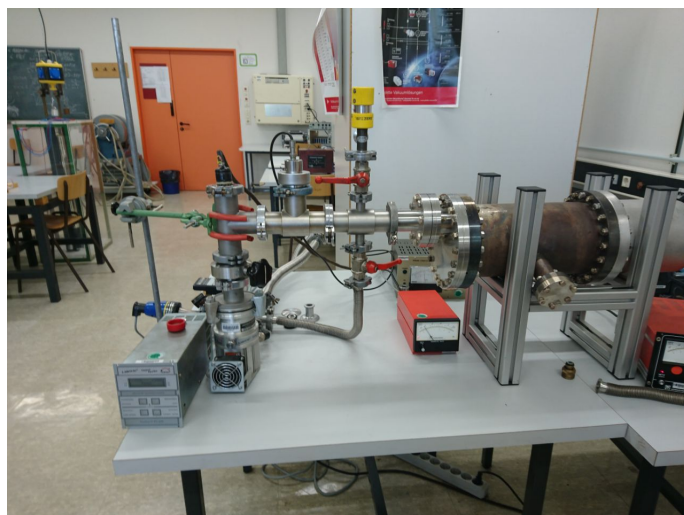


Abbildung 3: Rückansicht des Aufbaus.

Zur besseren übersicht findet sich desweiteren in Abb.4 ein schematischer Aufbau des Versuchs.

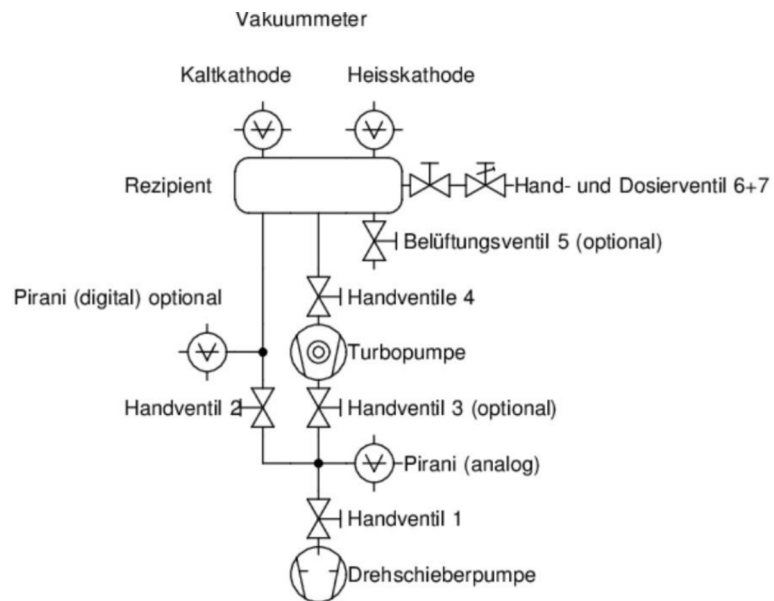


Abbildung 4: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus. [[@online](#)]

4 Auswertung

5 Diskussion