

UNIVERSITÄT STUTTGART

FORTGESCHRITTENEN PRAKTIKUM
WINTERSEMESTER 2018/2019

Ionenschallwellen im Plasma

Gruppe: M09

Alexander Sattler

Michael Marquardt

Versuchsdatum: Montag 17. Dezember 2018

Betreuer: Alf Köhn

INHALT

I. Auswertung	2
A. Entladungsstrom	2
B. Plasma Oszillations Methode	3

I. AUSWERTUNG

A. Entladungsstrom

In diesem Versuchsteil soll die Abhängigkeit des Entladungsstroms I_D von der Entladungsspannung U_D , Heizstrom I_H und dem Druck p untersucht werden. Dazu wird jeweils einer der Parameter variiert und die Werte der beiden anderen Parameter werden nicht verändert. Die Messung wird durchgeführt mit eingeschaltetem bzw. ausgeschaltetem zweitem Filament in der target Kammer. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 1, 2 und 3 dargestellt. Für die Fehlerbalken sind die folgenden Fehler angenommen: $\Delta U_D = 0.2 \text{ V}$, $\Delta I_H = 0.02 \text{ A}$, $\Delta I_D = 0.02 \text{ A}$ und $\Delta p = 0.2 \text{ mm}$. Da das Druckmessgerät kaputt war, konnte der Druck nicht gemessen werden. Der Druck ist deshalb angegeben in der Skala des Ventils, das den Gaszufluss in den Doppel Plasma Apparat regelt. Der Zusammenhang zwischen dieser Skala (in mm) und dem tatsächlichen Druck ist nicht bekannt, deshalb kann daraus der tatsächliche Druck nicht berechnet werden. Die Abhängigkeit des Entladungsstroms von der Entladungsspannung mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem 2. Filament ist in der Abbildung 1 dargestellt. Der konstant gehaltene Heizstrom beträgt $I_H = 6.00 \text{ A}$ für beide Sonden, für den Fall dass sie eingeschaltet sind. Die Messwerte beider Messungen ähneln sich. Bei kleineren Spannungen als ca 20 V ist der Entladungsstrom im Rahmen der Messgenauigkeit null. Bei größeren Werten kommt es erst zu einem sehr starkem Anstieg und danach ändert sich der Entladungsstrom fast nicht mehr. Der Unterschied hervorgerufen durch das 2. Filament ist, dass mit eingeschaltetem zweitem Filament der Entladungsstrom größere Werte annimmt, bei gleicher Entladungsspannung.

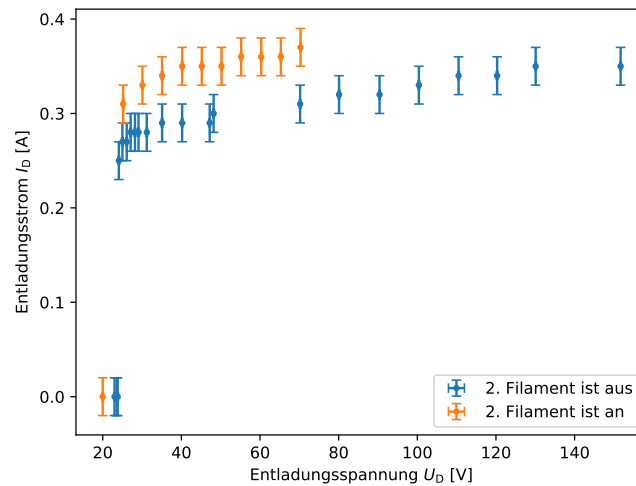


Abb. 1: Der Entladungsstrom I_D als Funktion der Entladungsspannung U_D mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament in der target Kammer.

In der Abbildung 2 ist die Abhängigkeit des Entladungsstroms von dem Heizstrom mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament dargestellt. Die konstant gehaltene Entladungsspannung beträgt $U_D = 80.3 \text{ V}$ in dem Fall des ausgeschaltetem zweitem Filament und ist $U_D = 50.3 \text{ V}$ für den Fall des eingeschaltetem zweitem Filament. Die Messwerte mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament unterscheiden sich im Rahmen der Messgenauigkeit nicht voneinander. Mit steigendem Heizstrom steigt auch der Entladungsstrom an. Die Ursache dafür ist, dass aufgrund des höheren Heizstroms die Temperatur des Filaments ansteigt und somit mehr Elektronen emittiert werden.

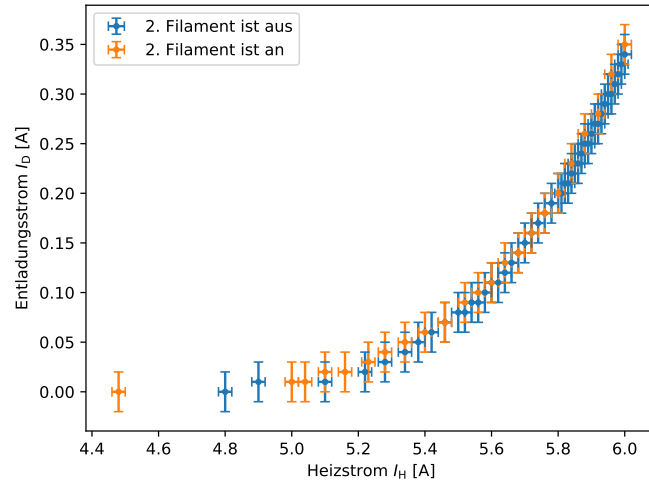


Abb. 2: Der Entladungsstrom I_D als Funktion des Heizstrom I_H mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament in der target Kammer.

Der Entladungsstrom als Funktion des Druckes mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament ist in der Abbildung 3 dargestellt. Der konstant gehaltenen Heizstrom beträgt $I_H = 6.00$ A und die Entladungsspannung beträgt $U_D = 50.2$ V. In dem Bereich 5 mm bis ca. 8 mm gibt es nur kleine Unterschiede, zwischen eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament. Der Entladungsstrom steigt zunächst mit steigendem Druck an, bis bei ca. 6 mm ein Maximum erreicht wird und sinkt danach wieder ab. Mit eingeschaltetem zweitem Filament sinkt der Entladungsstrom auch für größere Werte als 8 mm weiter. Mit ausgeschaltetem zweitem Filament dagegen steigt der Entladungsstrom wieder an. Bei ca. 9 mm gibt es ein Minimum im Entladungsstrom.

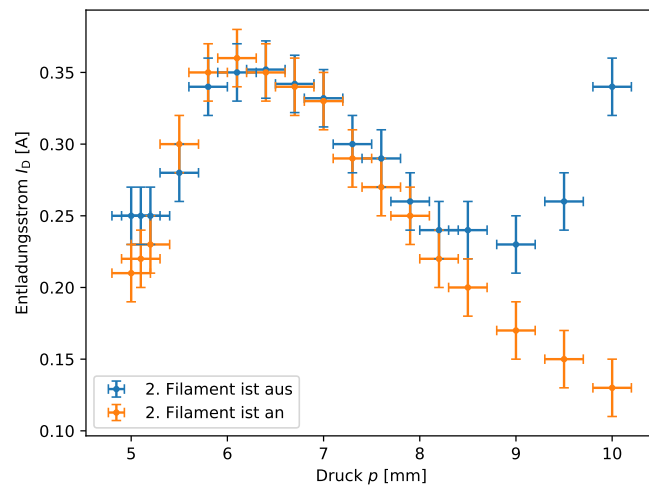


Abb. 3: Der Entladungsstrom I_D als Funktion des Druckes p mit eingeschaltetem und ausgeschaltetem zweitem Filament in der target Kammer.

B. Plasma Oszillations Methode

Mithilfe der Plasma Oszillations Methode kann die Plasmadichte bestimmt werden. Die Oszillationen werden mit der Langmuir-Sonde gemessen und mit einem Spektrumanalysator dargestellt. Als erstes muss das richtige Maximum gefunden werden. Dazu müssen die Parameter variiert werden. Das Maxima das sich als einziges verändern

lässt, ist das gesuchte Maximum. Die Plasmafrequenz kann dann mit dem Spektrumanalysator ermittelt werden. Zu beachten ist, dass die Frequenz f_p gemessen wird, die Plasmafrequenz aber normalerweise als Kreisfrequenz angegeben wird: $\omega_p = 2\pi f_p$. Aus der Plasmafrequenz kann dann die Plasmadichte berechnet werden:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{e^2 n}{\epsilon_0 m_e}} = 56.5 \sqrt{n} \quad (\text{I.1})$$

Durch Umstellen der Gleichung erhält man

$$n = \left(\frac{\omega_p}{56.5} \right)^2 = \left(\frac{2\pi f_p}{56.5} \right)^2. \quad (\text{I.2})$$

Der Fehler kann durch Fehlerfortpflanzung berechnet werden, wobei als Fehler der gemessenen Frequenz $\Delta f = 5$ MHz angenommen wird.

$$\Delta n = \frac{dn}{df} \Delta f \quad (\text{I.3})$$

$$= \left(\frac{2\pi}{56.5} \right)^2 2f_p \Delta f \quad (\text{I.4})$$

Analog zum Kapitel I A wird die Abhängigkeit der Plasmadichte von den Parametern Entladungsspannung, Heizstrom und Druck bestimmt. Die Plasmadichte als Funktion der Entladungsspannung ist in der Abbildung ?? dargestellt. Die Plasmadichte steigt mit steigender Entladungsspannung an. Bei ca. 80 A Entladungsspannung kommt es zu einem Sattelpunkt. Danach steigt die Plasmadichte wieder an.

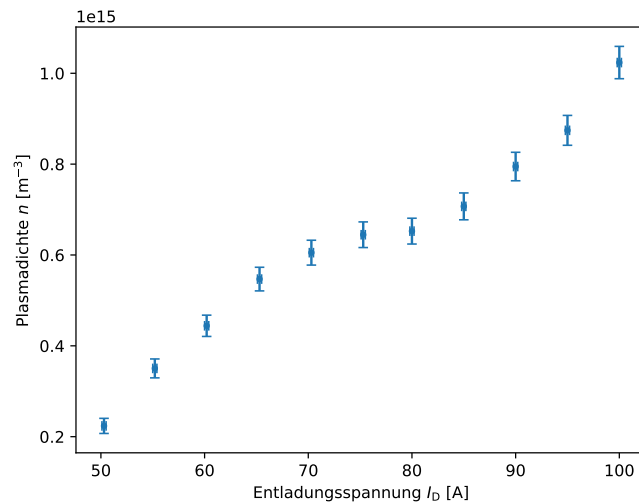


Abb. 4: Die Plasmadichte als Funktion der Entladungsspannung.

Die Plasmadichte als Funktion des Heizstroms ist in der Abbildung 5 dargestellt. Zu erkennen ist näherungsweise ein linearer Zusammenhang zwischen dem Heizstrom und der Plasmadichte.

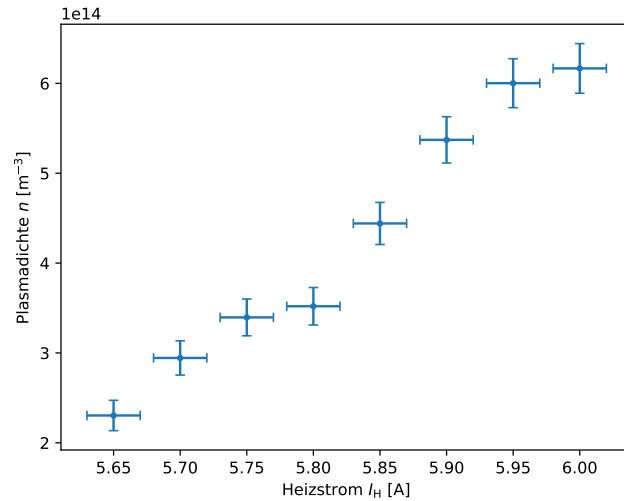


Abb. 5: Die Plasmadichte als Funktion des Heizstroms.

Die Plasmadichte in Abhängigkeit des Druckes ist in der Abbildung 6 dargestellt. Die Plasmadichte ist bis ca. 5 mm fast konstant. Danach gibt es einen sehr starken Anstieg. Ob dieser Verlauf den Zusammenhang zwischen Druck und Plasmadichte korrekt beschreibt kann nicht untersucht werden, da wie bereits erwähnt das Druckmessgerät kaputt ist.

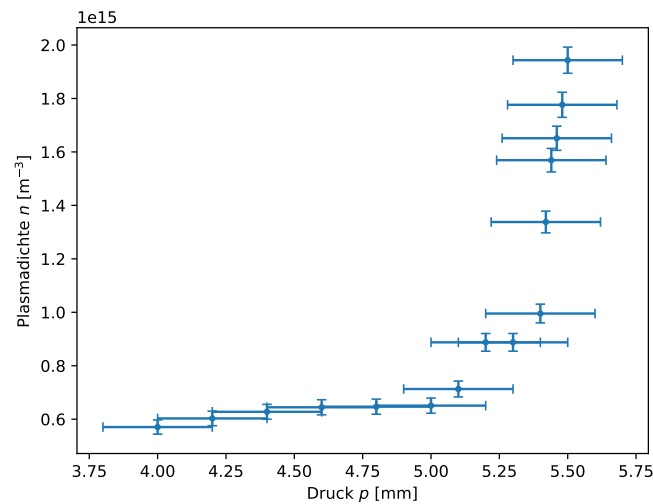


Abb. 6: Die Plasmadichte als Funktion des Drucks.

In allen drei Diagrammen für die Plasmadichte 4, 5 und 6 liegt die Plasmadichte immer im Bereich von $n = 10^{14} \frac{1}{\text{m}^3}$ bis $n = 10^{15} \frac{1}{\text{m}^3}$.