

# VERSUCHSBERICHT ZU

## A2 - FRANCK-HERTZ-VERSUCH

Gruppe 14Mo

Alexander Neuwirth (E-Mail: a\_neuw01@wwu.de)  
Leonhard Segger (E-Mail: l\_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 30.04.2018  
betreut von  
Fabian Schöttke

6. Mai 2018

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>4</b>
3.1	Beobachtung . . . . .	4
3.2	Datenanalyse . . . . .	4
3.2.1	Unsicherheiten . . . . .	4
3.2.2	Quecksilber-Charakteristik . . . . .	5
3.2.3	Neon-Charakteristik . . . . .	5
3.2.4	Bestimmen von Anregungsenergie, Wellenlänge und Frequenz der Strahlung . . . . .	6
3.2.5	Berechnen der mittleren freien Weglänge der Elektronen . . . . .	7
3.3	Diskussion . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>7</b>

# 1 Kurzfassung

## 2 Methoden

Untersucht wurde eine Franck-Hertz-Röhre mit Quecksilberfüllung und eine mit Neonfüllung. Diese wurden, wie in Abb. 1 dargestellt, verschaltet. Die Quecksilberfüllung befand sich in einem Ofen, der sie auf bis zu  $300^\circ\text{C}$  aufheizen kann. Der Anodenstrom ist sehr klein, weshalb er vom Betriebsgerät in eine Spannung  $U_A$  umgewandelt wurde, die zum Anodenstrom proportional ist.

Zunächst wurde die  $I_A/U_B$ -Charakteristik der Röhre mit Quecksilberfüllung bei Zimmertemperatur aufgenommen. Dazu wurde die Beschleunigungsspannung  $U_B$  langsam erhöht und diese sowie die Spannung  $U_A$  gemessen.

Im Anschluss wurde der Ofen auf ca.  $180^\circ\text{C}$  erhitzt. Dann wurde das Betriebsgerät so eingestellt, dass es eine Dreiecksspannung mit einer Frequenz von  $60\text{ Hz}$  als Beschleunigungsspannung ausgibt. Der resultierende Anodenstrom wurde zunächst mit einem Oszilloskop betrachtet und Bremsspannung  $U_B$  und Heizstrom  $I_H$  so eingestellt, dass sich mindestens drei Minima der Franck-Hertz-Kurve ablesen ließen. Dann wurde mithilfe manueller Regelung der Beschleunigungsspannung die  $I_A/U_B$ -Charakteristik wie zuvor aufgenommen und die Temperatur im Ofen gemessen.

Analog wurde die Neon-Röhre bei Raumtemperatur untersucht, wobei hier zusätzlich ein Steuergitter (mit Spannung  $U_S$ ) verwendet wurde, um störende Einflüsse durch Abstoßung der Elektronen untereinander zu verringern.

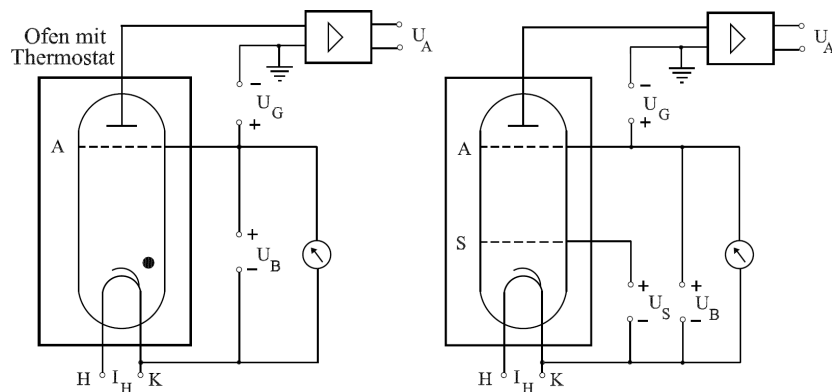


Abbildung 1: Schaltungen der Franck-Hertz-Röhren mit Quecksilber (links) und Neon (rechts).[4]

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Beobachtung

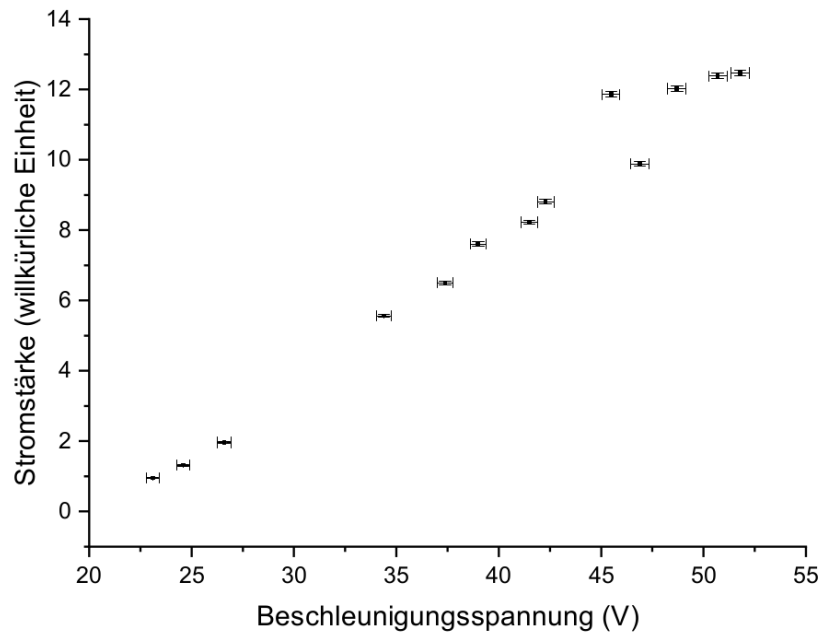


Abbildung 2: Aufgenommene Quecksilber-Charakteristik bei  $T=(19,0 \pm 1,5)^\circ\text{C}$ . Die Stromstärke wurde mit einem Operationsverstärker in eine messbare Spannung umgewandelt.

### 3.2 Datenanalyse

#### 3.2.1 Unsicherheiten

Die Unsicherheit des Voltmeters beträgt  $\pm(0,5\% + 200\text{ mV})$  für die Beschleunigungsspannung und  $\pm(0,5\% + 20\text{ mV})$  für die gemessene Spannung (0,5% vom angezeigten Wert).[6] Die zusätzliche Unsicherheit des Operationsverstärkers wird als demgegenüber vernachlässigbar angenommen.

Die Unsicherheit des Thermometers vom Typ K ist  $1,5^\circ\text{C}$  in dem gemessenen Temperaturintervall.[1] Zusätzlich ist die Temperatur nicht überall im Heizkasten gleich und schwankte beim Aufnehmen der Quecksilber-Charakteristik von  $165$  bis  $180^\circ\text{C}$ , deshalb wählen wir für diese Messung die Unsicherheit als  $7^\circ\text{C}$ .

Bei der Bestimmung der Beschleunigungsspannung an Extremstellen nehmen wir die Unsicherheit als aus dem Verlauf der Kurve und dem Abstand zum nächsten Messpunkt zusammengesetzt an.

### 3.2.2 Quecksilber-Charakteristik

In Abb. 3 ist die  $I_A/U_B$ -Charakteristik des Quecksilbers bei  $T=(175 \pm 7)^\circ\text{C}$  dargestellt. Daraus lassen sich folgende Abstände ablesen:

- Maxima:

$$\Delta U_1 = (27,1 \pm 0,3) \text{ V} - (21,0 \pm 0,1) \text{ V} = (6,1 \pm 0,3) \text{ V}$$

- Minima

$$\Delta U_2 = (29,4 \pm 0,2) \text{ V} - (24,1 \pm 0,2) \text{ V} = (5,3 \pm 0,3) \text{ V}$$

$$\Delta U_3 = (24,1 \pm 0,2) \text{ V} - (18,0 \pm 0,5) \text{ V} = (6,1 \pm 0,5) \text{ V}$$

Im Mittel ergibt sich ein  $\Delta U_{\text{Hg}}$  von  $(5,8 \pm 0,2) \text{ V}$ .

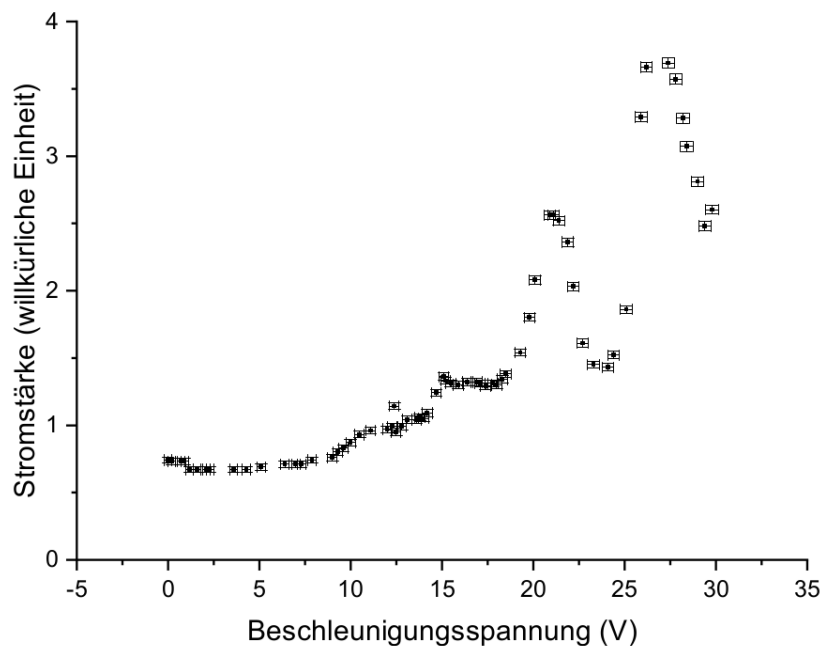


Abbildung 3: Aufgenommene Quecksilber-Charakteristik bei  $T=(175 \pm 7)^\circ\text{C}$ . Die Stromstärke wurde mit einem Operationsverstärker in eine messbare Spannung umgewandelt.

### 3.2.3 Neon-Charakteristik

In Abb. 4 ist die  $I_A/U_B$ -Charakteristik des Neons bei  $T=(19,0 \pm 1,5)^\circ\text{C}$  dargestellt. Daraus lassen sich folgende Abstände ablesen:

- Maxima:

$$\Delta U_1 = (38,8 \pm 0,2) \text{ V} - (20,8 \pm 0,4) \text{ V} = (18,0 \pm 0,4) \text{ V}$$

$$\Delta U_2 = (57,2 \pm 0,2) \text{ V} - (38,8 \pm 0,2) \text{ V} = (18,4 \pm 0,3) \text{ V}$$

- Minima

$$\Delta U_3 = (44,9 \pm 0,5) \text{ V} - (27,5 \pm 0,3) \text{ V} = (17,4 \pm 0,6) \text{ V}$$

$$\Delta U_4 = (62,9 \pm 0,5) \text{ V} - (45,5 \pm 0,4) \text{ V} = (18,0 \pm 0,7) \text{ V}$$

Im Mittel ergibt sich ein  $\Delta U_{\text{Ne}}$  von  $(17,9 \pm 0,3) \text{ V}$ .

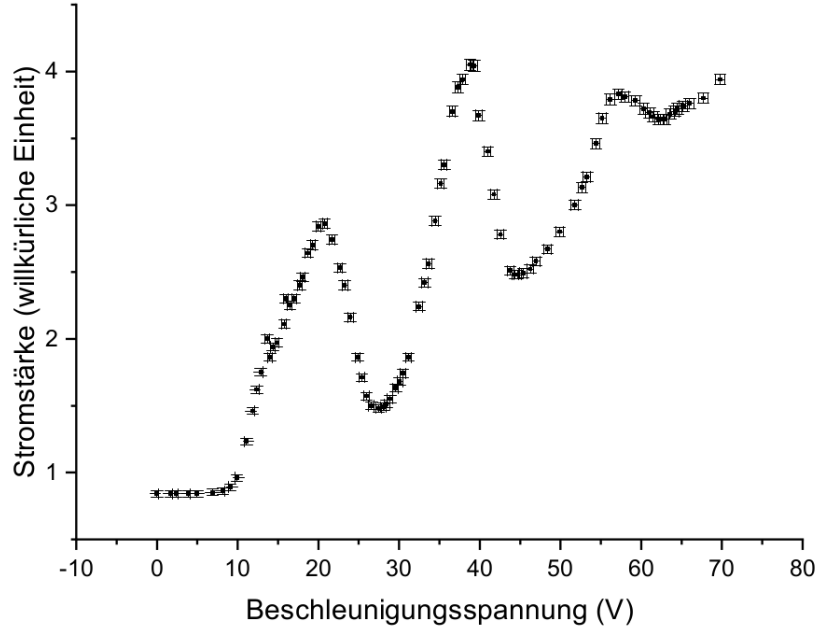


Abbildung 4: Aufgenommene Neon-Charakteristik bei  $T=(19,0 \pm 1,5)^\circ\text{C}$ . Die Stromstärke wurde mit einem Operationsverstärker in eine messbare Spannung umgewandelt.

### 3.2.4 Bestimmen von Anregungsenergie, Wellenlänge und Frequenz der Strahlung

Aus den Spannungen lässt sich die kinetische Energie eines Elektrons bestimmen, die notwendig ist um den Resonanzzustand des Atoms anzuregen. Sie beträgt  $\Delta E = \Delta U e$ . Die Frequenz folgt aus  $\vartheta = \Delta E/h$  und die Wellenlänge aus  $\lambda = c/\vartheta$ . [5] Die jeweiligen Werte sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Aus den Charakteristiken von Quecksilber und Neon berechnete kinetische Energie, sowie Frequenz und Wellenlänge des emittierten Lichts.

	$\Delta U$	$\Delta E$	$\vartheta$	$\lambda$
Quecksilber	$(5,8 \pm 0,2) \text{ V}$	$(5,8 \pm 0,2) \text{ eV}$	$(1402 \pm 48) \text{ THz}$	$(214,0 \pm 6,3) \text{ nm}$
Neon	$(17,9 \pm 0,3) \text{ V}$	$(17,9 \pm 0,3) \text{ eV}$	$(4328 \pm 73) \text{ THz}$	$(69,3 \pm 1,2) \text{ nm}$

### 3.2.5 Berechnen der mittleren freien Weglänge der Elektronen

In der Einführung wurde folgende Formel aufgeführt zum Bestimmen der freien Weglänge  $\lambda$  der Elektronen:

$$\lambda = \frac{k_B T}{\sigma p} \quad \text{mit} \quad \sigma = \pi r_{\text{Hg}}^2 \quad (1)$$

Der Druck  $p$  wird durch die Clausius-Clapeyron-Gleichung in integrierter Form bestimmt:

$$\ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right) = \frac{\Delta H_{\text{m,v}}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad (2)$$

Dabei sind allgemeine Gaskonstante  $R = 8,3145 \text{ J/mol/K}$ , Verdampfungsenthalpie  $\Delta H_{\text{m,v}} = 59,3 \text{ kJ/mol}$ ,  $r_{\text{Hg}} = 150 \text{ pm}$  und Referenzpunkt  $T_1 = 293,15 \text{ K}$  mit  $p_1 = 0,242 \text{ Pa}$ . [3][2][5]

## 3.3 Diskussion

## 4 Schlussfolgerung

## Literatur

- [1] R. Hörnemann GmbH. *DIN-Toleranzen für Thermopaare und Termoleitungen*. URL: [http://www.hoernemann-rh.de/technik\\_details.asp?technikid=3](http://www.hoernemann-rh.de/technik_details.asp?technikid=3) (besucht am 05.05.2018).
- [2] Charles F. Hill. „Measurement of Mercury Vapor Pressure by Means of the Knudsen Pressure Gauge“. In: *Phys. Rev.* 20 (3 Sep. 1922), S. 259–266. DOI: 10.1103/PhysRev.20.259. URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRev.20.259>.
- [3] mai2014@andyhoppe.com. *Quecksilber: Stoffeigenschaften*. URL: <http://www.periodensystem.info/elemente/quecksilber> (besucht am 05.05.2018).
- [4] WWU Münster. *Franck-Hertz-Versuch Einführung*. URL: [https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/pluginfile.php/1334783/mod\\_resource/content/1/Franck-Hertz-Versuch\\_Einf.pdf](https://sso.uni-muenster.de/LearnWeb/learnweb2/pluginfile.php/1334783/mod_resource/content/1/Franck-Hertz-Versuch_Einf.pdf) (besucht am 04.05.2018).
- [5] NIST. *NIST Reference on Constants, Units and Uncertainty*. URL: <https://physics.nist.gov/cuu/index.html> (besucht am 05.05.2018).
- [6] FH-Pforzheim. *Infoblatt Digitalmultimeter*. URL: [http://eitidaten.fh-pforzheim.de/daten/labore/ellt/unterlagen\\_webseite/von\\_becker/Infoblatt\\_DigMM.pdf](http://eitidaten.fh-pforzheim.de/daten/labore/ellt/unterlagen_webseite/von_becker/Infoblatt_DigMM.pdf) (besucht am 05.05.2018).