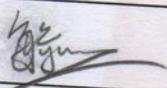


Fakultät für Physik der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Fortgeschrittenenpraktikum I in Experimentalphysik - Kurs P3B  
Blockpraktikum vom 02. August bis 31. August 2021

Name:	<i>Yudong Sun</i>	Gruppe:	L8
-------	-------------------	---------	----

Datum	Versuch	Punkte	Testat
26.08.21	1/2 ROE - Röntgenstrahlung: Bragg-Reflexion & Röntgenfluoreszenzanalyse		
	3A ESR - Elektronenspinresonanz		
	3B NMR-A - Kernspinresonanz (Variante A)		
	3C NMR-B - Kernspinresonanz (Variante B)		
18.08.21	3E ZEE-B - Zeeman-Effekt (Variante B)	10/10	✓
20.08.21	4A/4B FHV - Franck-Hertz-Versuch		
	4C SPL - Spektrallinien		
	4E BAS - Balmer-Serie		
	5B PLP - Plasmaphysik		
	5C PLW - Plancksches Wirkungsquantum		
24.08.21	5D QAL - Quantum Analogs		
	5E MIL - Millikan-Versuch		

Unterschrift der/des  
Studierenden:



Bitte bewahren Sie Ihre Hefte nach dem Praktikum auf.

8  
D

kariert  
oppelrand

• 1./2.- Townsend-Koeffizienten (nef: unipolare Townsend Discharge)

$$\textcircled{1} \quad \frac{I}{I_0} = e^{\alpha d} \rightarrow \text{Abstand zw. Platte.}$$

Strom  
Photoelektron  
Strom am  
Kathode

A. Townsend  
Koeffizient  $\Rightarrow$  Anzahl der ionenpaare pro Längeneinheit zw. einer Anion, die von Kathode zu Anode läuft.

$$\textcircled{2} \quad \frac{I}{I_0} = \frac{e^{\alpha d}}{1 - e^{-\beta d}(e^{\alpha d} - 1)}$$

2. Townsend  
Koeffizient  $\Rightarrow$  mittlere Anzahl an Elektronen, die von einer Okettion ausgelöst ist zw. einer positive Ion.

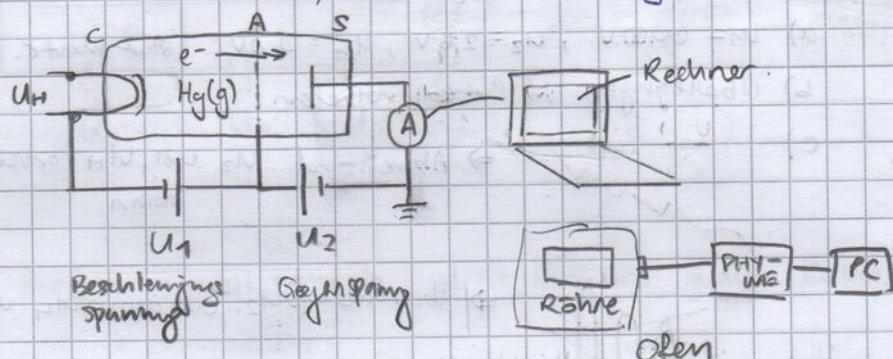
(Vorprotokoll) Name: Ludong Sun,  
Datum: 25.08.2021.

1. Versuchschritt: Messung des Elektronenstroms als Funktion der Anodespannung für Quecksilber.

Versuchsziel: Originale Franck-Hertz-Versuch nachzumachen.

Messmethode: PHYNÉ FHV-Röhre, Elektronenstrommessung.

Geräte:



Richtlinie:

- ① (JA-Anschluss an der Franck-Hertz-Quecksilber-Röhre) über das BNC-Kabel mit (Anschluss auf PHYNÉ - Gerät) verbinden.
- ② Schalt ① mit 5-poligem Verbindungsstecker. (Dabei Beachtung beachten)
- ③ Sicherstellen, dass Betriebsgerät und Rechner sind über PC-Kabel verbunden.
- ④ Grüne Menüebenent in das Betriebsgerät einstellen.  
Schwefelkohle abnehmen und dann im den dafür vorgesehenen Messgang am Heizofen einstellen,
- ⑤ Betriebsgerät: Function  $\rightarrow$  man (manuelle Einstellung)
- ⑥ Schmelz-Stecker des Heizofens an der Steckdose auf der Rückseite des Betriebsgeräts einstellen.
- ⑦  $T_{Nominal} = 175^\circ\text{C}$  einstellen. Auf Taktur II umschalten.

- ⑧ offen anstellen (am auf/abfaste drücken)
- ⑨ PC hochfahren. Als student + einloggen
- ⑩ Wenn Taktzeit = Tvermessen = 175°C, dann Programm messen auf PC starten.  
Datei  $\rightarrow$  Neue Messung erstellen.

⑪ Einstellung / notieren:  
+ Schaltungs Skizze

$$U_1 \in [0, 60] \text{ V}$$

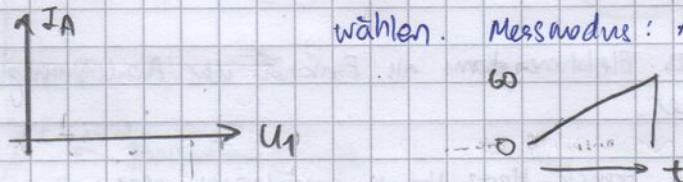
$$U_2 \in [0, 3] \text{ V}$$

$$U_H \in [0, 7] \text{ V}$$

$$\text{Temp} \in [170, 190]^\circ\text{C}$$

- ⑫ Schaltung zum Betruer rütteln lassen.

- ⑬ wählen. Messmodus: Automatische Rampe

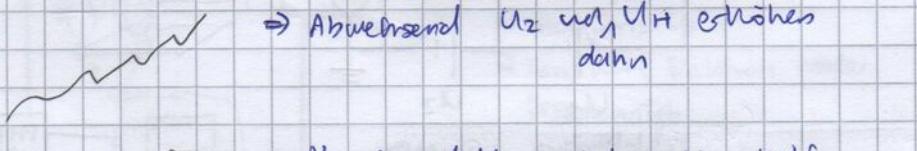


- ⑭ Messkurve gemäß Anleitung optimieren.

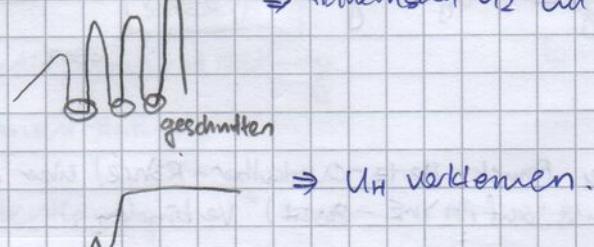
a)  $U_1 = 60,00 \text{ V}$ ,  $U_2 = 2,5 \text{ V}$ ,  $U_H = 4,0 \text{ V}$ . Start warten.

b) Überlegungen im Protokoll notieren

c)  $\Rightarrow$  Abwechselnd  $U_2$  und  $U_H$  erhöhen dann



$\Rightarrow$  Abwechselnd  $U_2$  und dann  $U_H$  verkleinern.



$\Rightarrow$   $U_H$  verkleinern.

Einstellung notieren

- ⑮ Nach Beendigung der Messung: Funktion: Momentan  
Dann offen ausschalten. Messung ausdrucken mit abspeichern

- ⑯ Wenn der austauschende abgekühlt ist, alter Verbindungs kabel entfernen.

### Geplante Auswertung

- ① Messung einen Titel und Achsenbeschriftung geben.
- ② Erklären: wie und warum Änderungen der Spannung  $U_2$  und  $U_H$  die Messkurve in der oben gezeichnete Weise verändert.
- ③ Erklären: Ab einer bestimmte Ordnung liegen die Minima nicht mehr bei verschwindendem Strom. Warum?

- ④ Anregungsenergie von Quecksilber im eV berechnen + Fehlerintervall  
Fehlerintervallnachrechnung erläutern.

Vergleichen mit  $E_{Hg,Lit} = 4,9 \text{ eV}$ . und  $\lambda_{Hg} = \frac{hc}{E} = 253,7 \text{ nm}$ .

Lichtwellenlänge berechnen. In welchen Spektralbereich liegt sie?  
+ Erklärung.

- ⑤ Übergang im Termschema identifizieren:

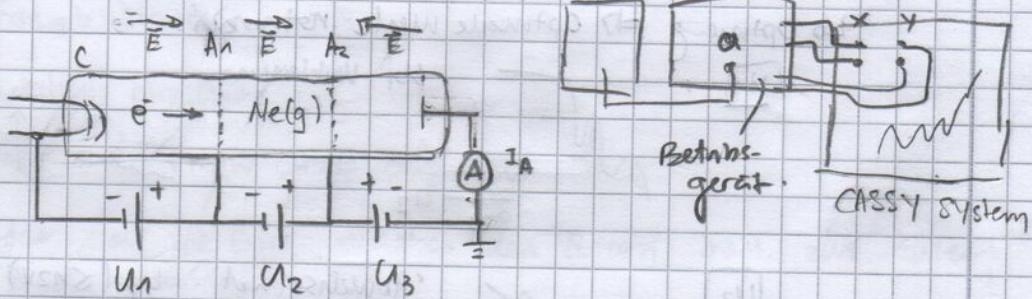
Wert: 253,7 nm;  $6p^3P_1 \rightarrow 6s^1S_0$ .

Teilversuch 2: Messung des Elektronenstroms als Funktion der Anodenspannung des Neon.

Versuchsaufbau: FHV für Neon nachmachen.

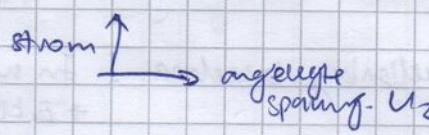
Messmethode: CASSY - System, Elektronenstrommessung.

Skizze:



Durchführung

- ① FH - Neon - Röhre mit Leybold - Betriebsgerät über grauen Kabel mit 6 - Pol - Stecker verbinden.
- ② Rechner mit dem Messwandlerfassungssystem Sensor - CASSY über USB - Kabel verbinden.
- ③ Betriebsgerät auf das CASSY - System gemäß obige Skizze und Abbildung der Anleitung verbinden. X - Y Schalter = CASSY System
- ④ CASSY - System mit ~~Netzwerkurstrommesser~~, ~~Netzkette~~ verbinden. ~~Netzsteckdose~~ über Netzteile verbinden.
- ⑤ Schaltung von Bohrner prüfen lassen.
- ⑥ Betriebsgerät mit ~~Netzsteckdose~~ verbinden. Modus: RESET einstellen. Alle Spannungsregler ganz nach links drehen.
- ⑦ Bohrgerät einschalten.
- ⑧ Übernehmen erlaubte Werte von FH - Röhre und Schaltungsskizze im Protokoll

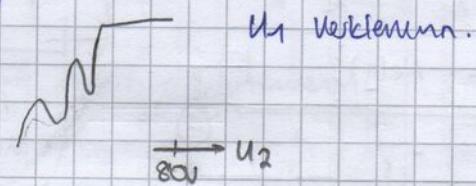
- ⑨  ~~$\frac{U_2}{U_1}$~~  CASSY Lab 2 starten. Kamerafenster schließen.
- ⑩ Messparameter einstellen. (rechts)  
Nullpunkt einstellen (links)
- ⑪ Achselbelastung anpassen:  Strom  $\uparrow$  angelegte Spannung  $U_2$

- ⑫ Messkurve aufnehmen und optimieren.

- $U_1 \geq 0,5V$   $U_2 \in [5, 12]V$  Start Werte
- Aufnehmen mittels Stopp-Uhr-Symbol.  
Danach sofort ins Rampen-Modus umschalten.
- Nach Beendigung (maximale Spannung)
  - 1) Stopp-Uhr klicken
  - 2) RESET Modus.
- Beobachtungen protokollieren, Optimierung protokollieren

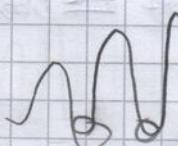
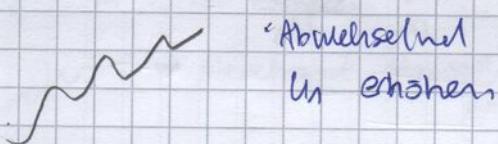
$\Rightarrow$  Optierung  $\Rightarrow$  Optimale Werte notieren.

$U_1$ :



$U_1$  vergrößern  
 $\uparrow$  5nA

$U_3$ :



- ⑬ Messung ausdauen! Angeschritten  
Geplante Ausnutzung

- ① Messung einen Titel und Achse beschriften geben.
- ② • Wie und warum Abhängigkeit der Spannungen  $U_1$  und  $U_3$  die Messkurve so verändert? (Gegenspannung?) (Gegenspannung?)  
• Phänomen während der Anstieg der Beschleunigungsspannung erklären.
- ③ • Energie des Übergangs berechnen.  
• Übergang in Tiefenschichten identifizieren. In welchen Schichten liegt sie?

④ Unterstruktur beim dritten Minimum mithilfe der Atomphysik erklären.

⑤ Welche der in [RSB06] genannte Phänomene trifft auf? Brüten hin.

VERSUCH 3: Aufnahme des Spektrums der Neon-Glimmentladung.

Versuchsziel: Neon-Glimmentladungsspektrum aufnehmen.

Messmethode: Red-Tube-Kompaktspektrometer.

Blitzze: TV② mit zusätzlichem Kompaktspektrometer.

Aufbau:

- ① Kompaktspektrometer über das USB-Kabel an den Rechner schließen.
- ② Spektalab starten
- ③ Schutzkappe abnehmen.
- ④ Glastrober auf Stativ ~~fest~~ befestigen.
- ⑤ Gläserfänger auf die Zone zwischen den Gittern bzw. zw. Gitter und Anode aus.
- ⑥ Beschleunigungsspannung erhöhen und eine Glimentladung konzentrig erzeugen. Sofort "Pause"-Taste drücken. Dann sofort Beschleunigungs- spannung runterregeln.
- ⑦ Erhaltene Spektren speichern / ausdrucken.

Geplante Auswertung:

- ① Titel anfertigen. Starkaten Linien im Neon-tem selben.
- ② In welchem Spektralbereich liegen diese Linien?  
Warum war das zu erwarten?

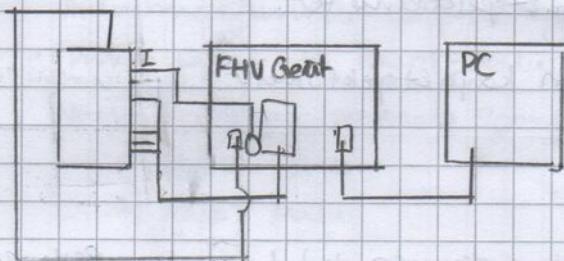
Teilversuch 1:

\*) \* Thermocouple soll angespannt sein, muss auf oben liegen

\* ThermoJ =  $175^{\circ}\text{C}$ , Anfang Temperatur:  $27^{\circ}\text{C}$

\* Ofen Drehkopf auf Null (10) einstellen!

(take a look later to see if there are any Hg droplets)



Messmedium:

- Automatische Röhre

x-Datensatz: Spannung  $U_1$

Messkanäle: Spannung  $U_1$   
Strom  $I_A$

Röhre: Glühkathode

Grade: 1.3.7-1

Versuchsparameter:

Basisspannung  $U_1$ : 60,00V

Spannung  $U_2$ : 2,5 V

$U_H$ : 4,0V

Temp  $T_{\text{Raum}}$ :  $175^{\circ}\text{C}$

Anzeige  $U_1$ ,  $I_A$

→ Wertes

Anfang: Background Strom  $I_A / \mu\text{A} \approx 0,16 - 0,25$

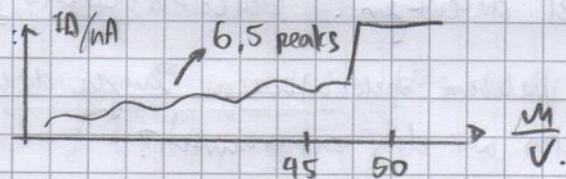
[Messung 1] Sehr nur geranch.

↪  $U_H$  nicht hoch genug? (nicht genug e<sup>-</sup>)

→ Messup:  
Messungen  
spontan  
get

[Messung 2]  $U_1 = 60,00\text{V}$ ,  $U_2 = 2,5\text{V}$ ,  $U_H = 6,0\text{V}$

↪ Glimmentladung:



[Messung 3]  $U_1 = 45,00\text{V}$ ,  $U_2 = 4,0\text{V}$ ,  $U_H = 6,0\text{V}$

Sieht gut aus, aber sehr viel Geräusch. ( $\max I_A = 1,4\text{nA}$ )

[Messung 4]  $U_1 = 45,00\text{V}$ ,  $U_2 = 4,0\text{V}$ ,  $U_H = 6,5\text{V}$

Beobachtung: Cathode glüht,

Kathode ist schöner geworden. Es gibt aber immer noch  
geringen Geräusch

( $\Rightarrow$   $U_H$  höher  $\Rightarrow$  bessere Kurve? ) (max  $I_A = 3$ )

[Messung 5]  $U_1 = 45,00V$ ,  $U_2 = 4,5V$ ,  $U_H = 6,5V$

Max  $I_A$  wieder auf  $1,5 \text{ mA}$ .

Mehr besser geworden.

[Messung 6]  $U_1 = 45,00V$ ,  $U_2 = 4,0V$ ,  $U_H = 7,0V$

Kurve ist deutlich besser geworden.

[Messung 7]  $U_1 = 60,00V$ ,  $U_2 = 4,0V$ ,  $U_H = 7,0V$

Sättigung bei  $U_2 \approx 7V$   $\xrightarrow{*}$  ZU HOCH?

[Messung 8]  $U_1 = 60,00V$ ,  $U_2 = 3,0V$ ,  $U_H = 7,0V$

Sättigung bei  $U_2 \approx 5V$ , einzelne Peaks sind höher.

( $\Rightarrow U_2 \downarrow \Rightarrow \uparrow$  Maxima.)

[Messung 9]  $U_1 = 60,00V$ ,  $U_2 = 3,0V$ ,  $U_H = 6,5V$

Sättigung bei  $U_2 \approx 5V$ , einzelne Peaks weniger.

(Vielleicht ist  $\frac{U_2}{U_H}$  wichtig?)

[Messung 10]  $U_1 = 60V$ ,  $U_2 = 3,0V$ ,  $U_H = 6,0V$ .

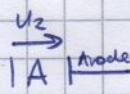
~~⇒~~ Ähnlich wie bei Messung 1.  $\rightarrow$  Glümentladung.

[Messung 11]  $U_1 = 60V$ ,  $U_2 = 3,0V$ ,  $U_H = 5,5V$

$\Rightarrow$  Ähnlich wie bei Messung 10, aber Maxima viel schwächer

Vielleicht ist  $U_2$  zu hoch gegenüber  $U_H$

[Messung 12]  $U_1 = 60,00V$ ,  $U_2 = 4,0V$ ,  $U_H = 6,5V$



$\Rightarrow$  Sättigung + Glümentladung ( $U_2$  zu groß  $\Rightarrow e^-$  kann Abstand A nicht überqueren  $\Rightarrow$  nur wenn Glümentladung kommt  $\rightarrow$  Durchbruch.

[Messung 13]  $U_1 = 60,00V$ ,  $U_2 = 4,0V$ ,  $U_H = 5,5V$

$\Rightarrow$  Sättigung

[Messung 14]  $U_1 = 60,00V$ ,  $U_2 = 4,0V$ ,  $U_H = 6,5V$

$\Rightarrow$  Sättigung bei  $\approx 52V$ , Peaks höher geworden

~~⇒ wenn  $e^-$  genug ~~Zeit~~ haben,~~

$\Rightarrow$  wenn  $e^-$  genug Energie haben, dann kommt die

( $U_2$  ~~zu~~ klein genug, dass Elektronen noch zu Anode kommen).  
Jetzt gibt es zu viel  $e^-$

[Messung 15]  $U_1 = 60,00 \text{ V}$ ,  $U_2 = 2,0 \text{ V}$ ,  $U_H = 6,0 \text{ V}$  (wir nutzten die  $e^-$ )

Glimmentladung.

[Messung 16]  $U_1 = 60,00 \text{ V}$ ,  $U_2 = 2,0 \text{ V}$ ,  $U_H = 6,5 \text{ V}$

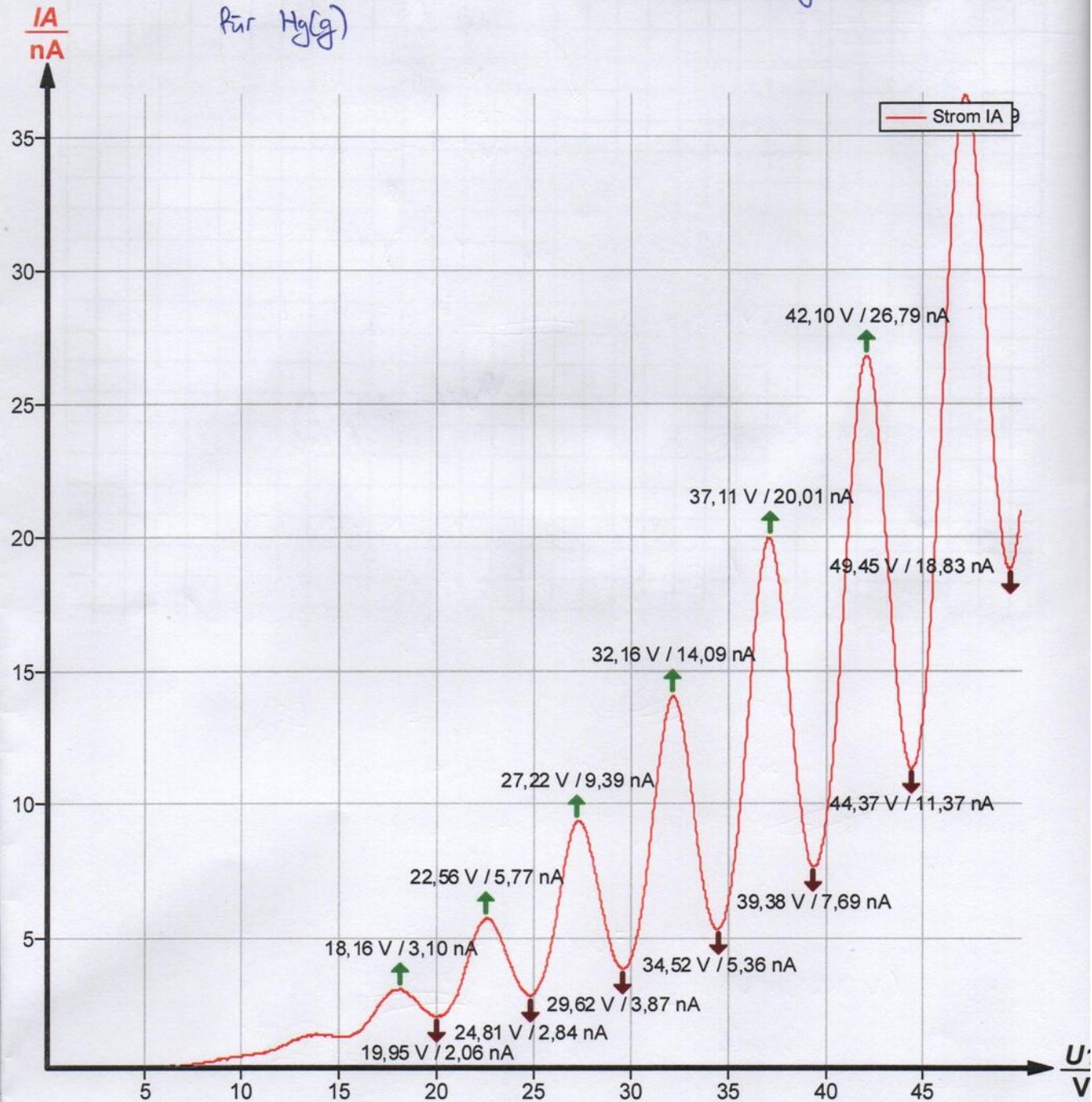
Ab 52 V

Beste Werte bisher

sättig.

Sieht gut aus.

Elektronenstrom als Funktion der Anodespannung  
für  $\text{Hg(g)}$



## Ausnutzung

②  $U_2$ : Gegenspannung. Wenn es mehr g Gegenspannung gibt, dann werden die Elektronen stärker gebremst.

Wenn  $U_2$  zu groß ist, dann erreicht die Elektronen die Anode nicht mehr.

Wir verkleinen  $U_2$ , damit mehr Elektronen (= mehr Strom) die Anode erreicht  $\Rightarrow$  Maxima steigt sich.

$U_H$ : Heizspannung. Sorgt für die Verdampfung von Elektronen aus der Kathode. Je größer die Heizspannung, desto mehr Elektronen durch das Gas schießt.

$\Rightarrow$  Insgesamt mehr Strom, wenn  $U_H$  vergrößert ist.

③ Die Stöße zwischen Elektronen und Hg(g) Atomen sind immer probabilistisch. Wenn  $U_1$  erhöht ist, dann gibt es mehr Elektronen, die durch die Gas ~~wand~~ läuft. ~~Somit~~ steigt die Maxima. Bei der geringeren Stoßwahrscheinlichkeit gibt es somit mehr Elektronen, die mit einem Hg Atom stoßen. Der Anteil der Elektronen, die nicht mit einem Hg Atom stoßen, steigt aber auch.

$\Rightarrow$  Die Minima liegen nicht mehr bei verschiedenem Strom ab einer bestimmten Ordnung.

④/⑤ Erfolgt zu Hause.

Zusätzliche Beobachtung: Man sieht, nach Abkühlung der Röhre, silber Sediment im Röhre

## Teilversuch 2:

Beobachtung: Wenn Kabel eingesteckt ist, Licht vom Hg zu (Ne: 0..80)

0..30V

Schaltung gemäß Abbildung 6 des Anleitungs.

↳ CASSY: Input A: Strom ( $U_A$ ) ( $I_A \sim U_A$ )

B: Spannung ( $\frac{U_2}{10}$ )

Stromverarbeitung

Einstellung:

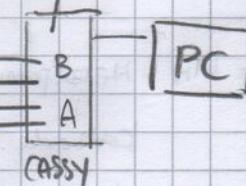
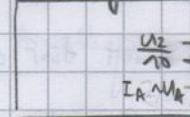
A<sub>1</sub>: Spannung  $U_{A1}$

B<sub>1</sub>: Spannung  $U_{B1}$

Multipunkt: links

Bereich: 0 - 10V

Betriebsart



Multipunkt: linker Bereich: automatisch

Achsebelegung: x:  $U_{B1}$  → y:  $U_{A1}$

[Messung 1]  $U_1 = 0,52V$ ,  ~~$U_2 = 5V$~~   $U_3 = 5,27V$

An: Bereich 0 - 3V (max  $\sim 1,5V$ )

Beobachtung: Steigung keine mit viel zu Geräusch

[messung 2]  $U_1 = 1,08V$ ,  $U_3 = 5,27V$

An: Bereich 0 - 10V. (max  $\sim 3V$ )

Keine steigt jetzt mehr ein, aber immer noch bei Frequenzschwankungen

[messung 3]  $U_1 = 2,02V$ ,  $U_3 = 8,69V$ .

Mm sinkt rote leuchtende Bereiche

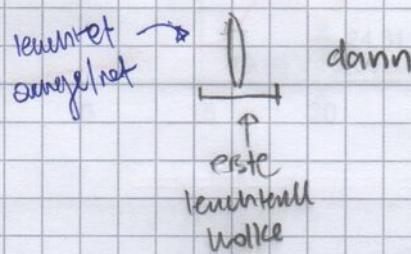
Anschließend gibt es Sättigung bei  ~~$U_2 = 8V$~~   $U_2$  von 5 und 6V

[messung 4]  $U_1 = 1,52V$ ,  $U_3 = 8,69V$

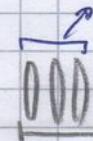
schönere Schwankung Kurve ( $U_2$  max  $\approx 81V$ )

↳ Beobachtung: Manuell  $U_2$  erhöhen:

Breite jeder Wolke wird komprimiert



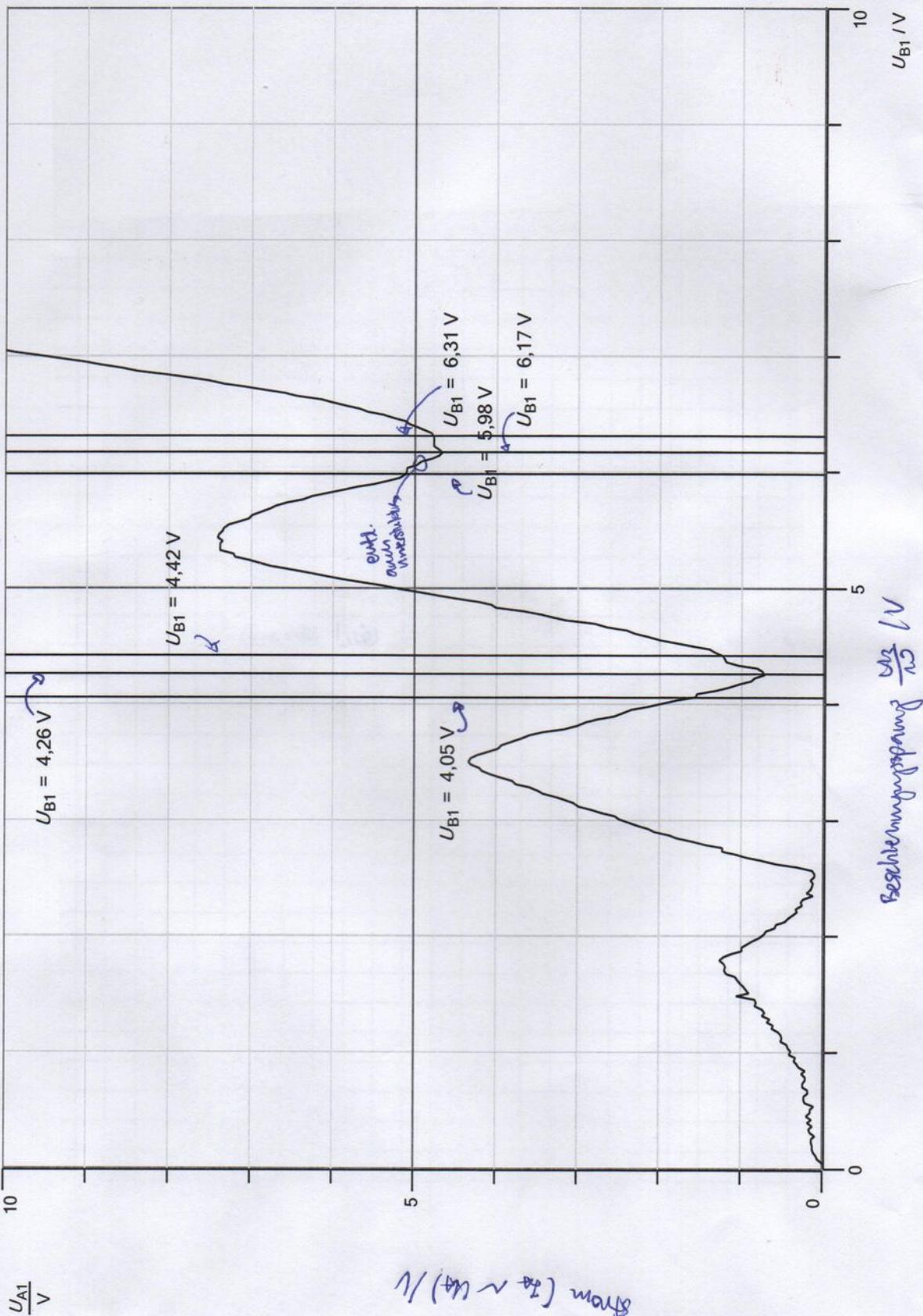
zweite Wolke schreibt nach links

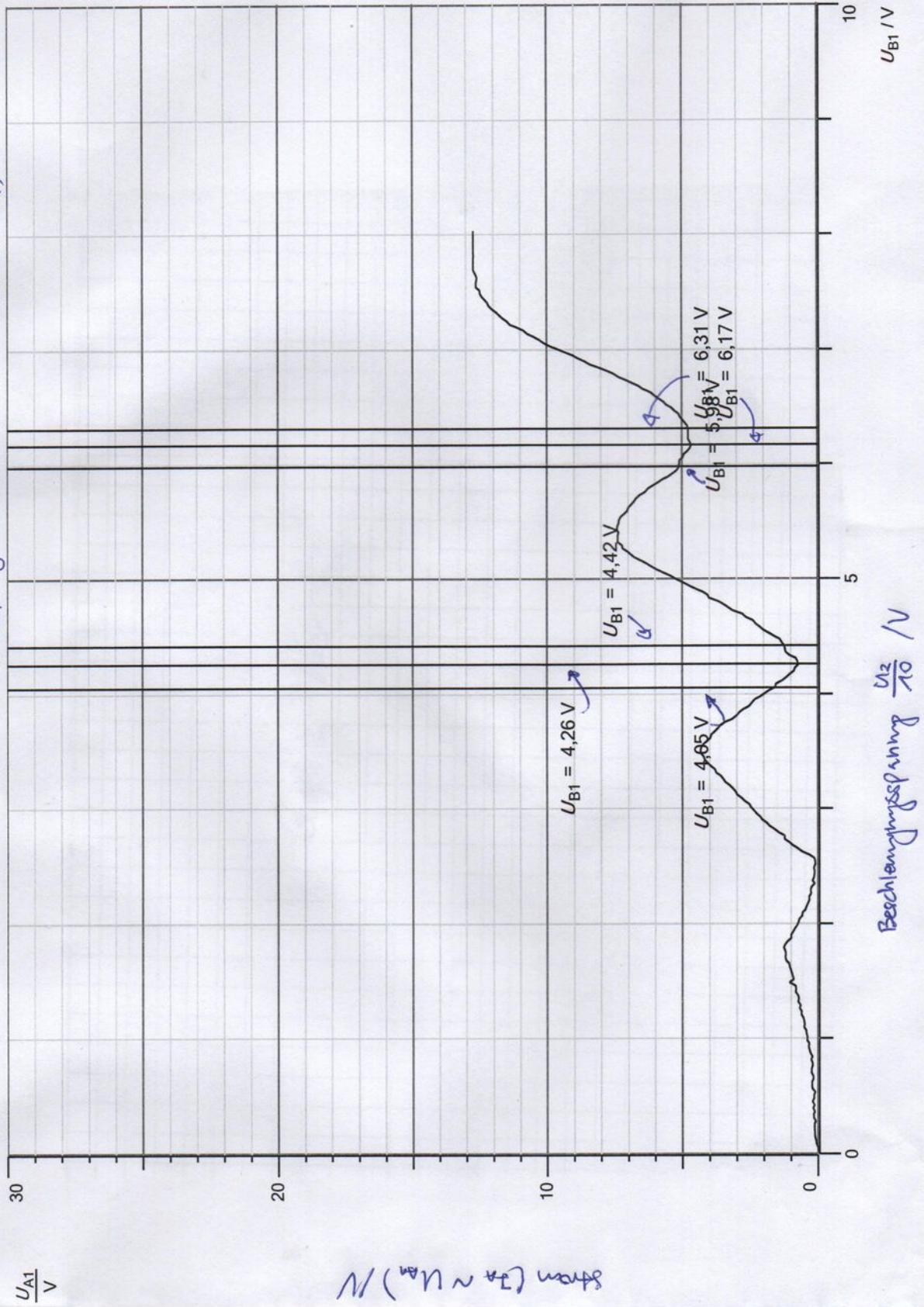


3 leuchtende Wolke

Standard - 4-marked-2 - CASSY Lab 2

$U_{A1}$  max ~ 13V (Anzeige: 0V - 30V)





Ausnutzg.

- ②  $U_1$  : besagt wie viel Elektronen ausgelöst wird.

$$\uparrow U_1 \Rightarrow \uparrow \# e^- \Rightarrow \uparrow I_A \Rightarrow \uparrow U_A$$

$U_3$  : Bremsspannung

$\uparrow U_3 \Rightarrow$  Elektronen brauchen mehr Energie, das E-Feld zu überqueren

$\Rightarrow$  Stoß ist statischer Prozess.

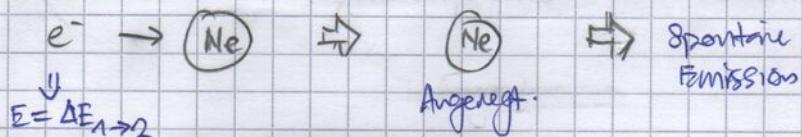
$\Rightarrow U_3$  veranlasst ~~entsteht~~ "Energie-Threshold" für Elektronen

$\Rightarrow$  starke Ausprägung.

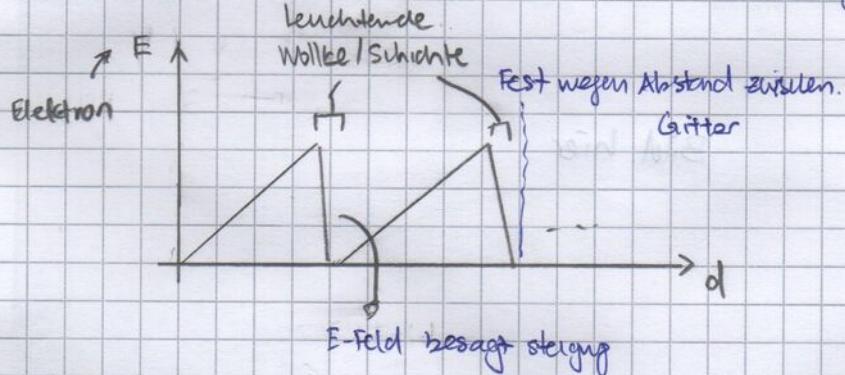
orange / rote  $\rightarrow$  Schichten.

- ③ Leuchtende „Wolke“, die nach links schieben.

a)



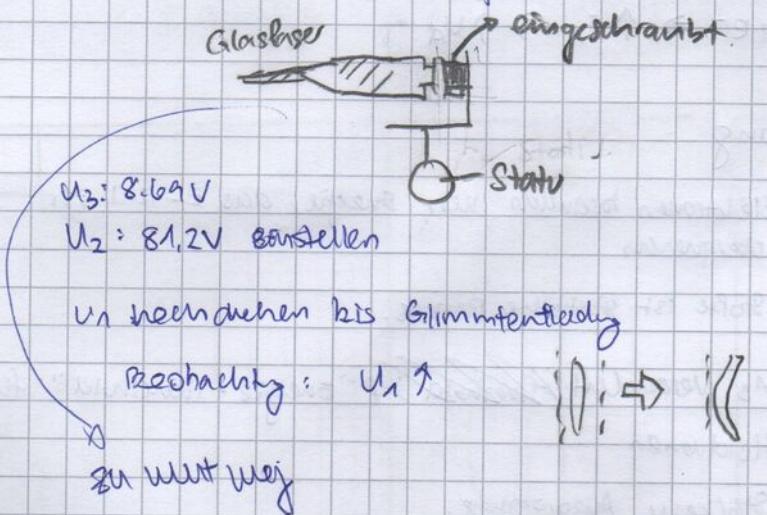
- b) schiebt nach links, weil E-Feld  $e^-$  beschleunigt.



④/⑤/⑥ zu Hause

### Teilversuch 3

~~Glasrohr~~ Glasrohr in stativ eingestellt.



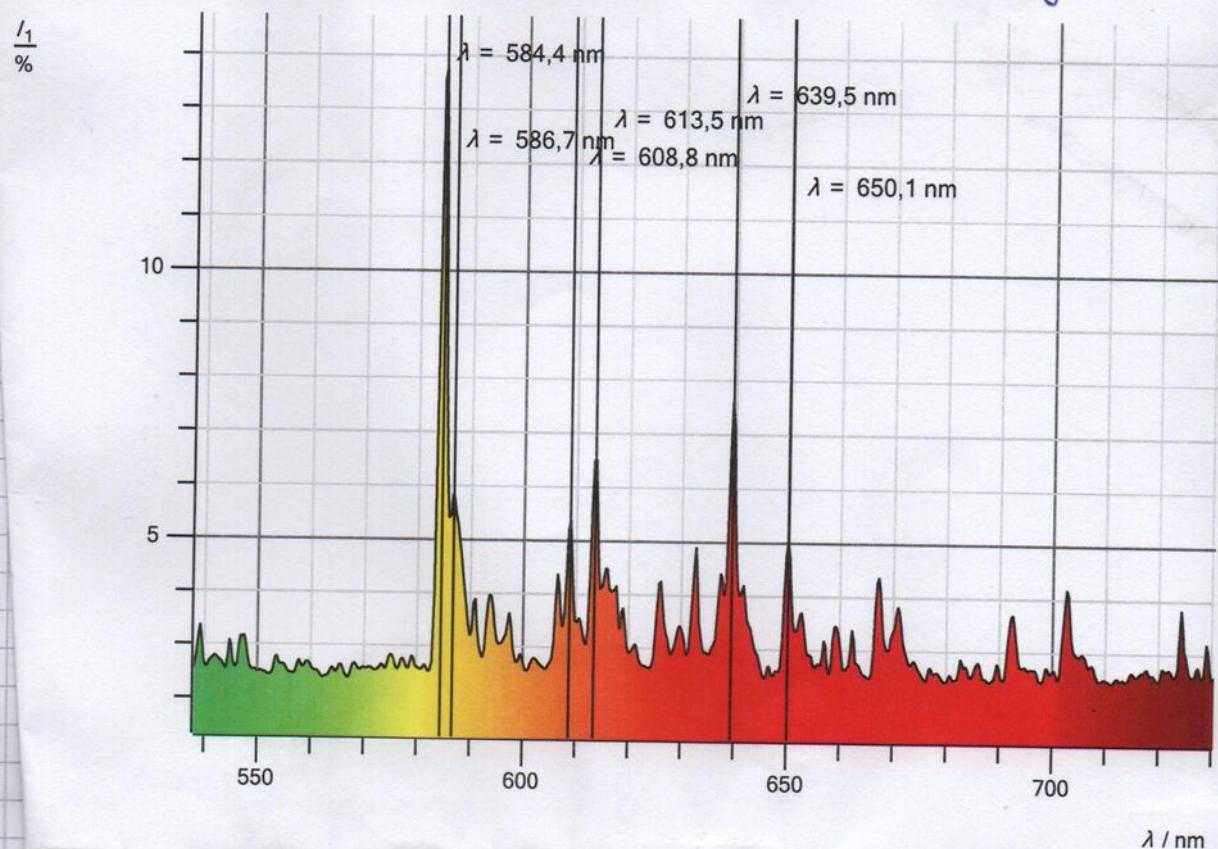
⇒ stativ Weitnahm

immer noch kein Spektrum (sehr gering)

↳ Spektralunter vom Röhrn genommen.

Intensität I<sub>1</sub> = I - I<sub>0</sub> - specNe-marked - SpectraLab

Spektrum von Neon Glimmintensität.



LWII München
Physikalische Praktika
Versuch: FITV
Datum: 20.8.27
Betreuer: OP