

Versuch 601 - Der Franck-Hertz-Versuch

TU Dortmund, Fakultät Physik

Anfänger-Praktikum

Oliver Zietek

oliver.zietek@tu-dortmund.de

Fabian Lehmann

fabian.lehmann@tu-dortmund.de

17. Januar 2013

Inhaltsverzeichnis

1 Theorie	2
1.1 Grundsätzliche Funktionsweise	2
1.2 Arbeitsweise der Messanordnung	2
1.3 Störeffekte	3
2 Durchführung	4
2.1 Versuchsaufbau	4
2.2 Bestimmung der Energieverteilung der beschleunigten Elektronen	4
2.3 Bestimmung der Franck-Hertz-Kurve	4
2.4 Bestimmung der Ionisierungsspannung von Hg	5
3 Auswertung	5
4 Diskussion	5

1 Theorie

1.1 Grundsätzliche Funktionsweise

Das Ziel des Franck-Hertz-Versuches ist die Bestimmung diskreter Energiewerte der Energieüberschreitung von Hg-Dampf. Damit wird die Quantennatur der Elektronenülle, also die Bohrschen Postulate, bestätigt.

Werden Hg-Atome mit monoenergetischen Elektronen beschossen, so lässt sich aus der Wechselwirkung der Elektronen mit den Hg-Atomen auf die Energiedifferenz schließen. Bei passender, ausreichender Energie der Elektronen kommt es zu unelastischen Stößen, sodass die Hg-Atome mit der abgegebenen Energie der Elektronen angeregt werden, also aus dem Grundzustand E_0 in E_1 wechseln.

$$E_{e^-, \text{vor}} - E_{e^-, \text{nach}} = E_1 - E_0 \quad (1)$$

Ist die Energie der Elektronen zu gering, so kommt es zu elastischen Stößen, welche zwar aufgrund der Massenverhältnisse mit vernachlässigbarem Energieverlust verbunden sind [1], jedoch eine Richtungsänderung der Elektronen bewirken.

1.2 Arbeitsweise der Messanordnung

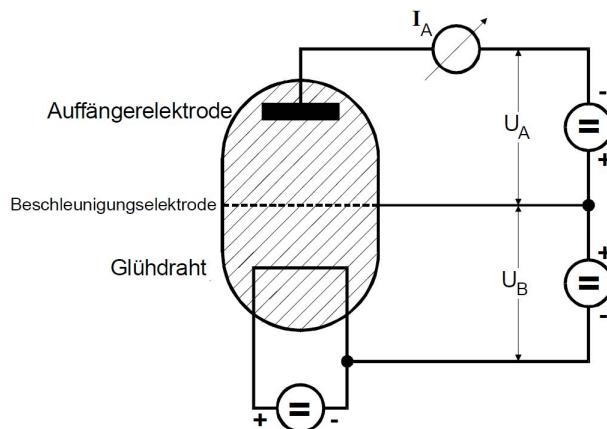


Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau des Franck-Hertz-Versuches [1]

Der grundsätzliche Aufbau einer Messanordnung zum Franck-Hertz-Versuch ist in Abbildung 1 dargestellt. Bei einem temperaturabhängigem Gleichgewichtsdampfdruck $p_{\text{sät}}$ von Hg-Dampf werden Elektronen aus dem Glühdraht emittiert und mit einer Beschleunigungs- spannung U_B zu der Beschleunigungselektrode hin beschleunigt. Schließlich werden sie nach Durchlaufen des Gegenfeldes mit der Abbremsspannung U_A an der Auffängerelektrode als Auffängerstrom I_A gemessen. Um aber überhaupt das Gegenfeld durchlaufen zu können, muss die Geschwindigkeitskomponente des Elektrons in Feldrichtung, v_Z , die Ungleichung

$$\frac{m_{e^-}}{2} v_Z^2 \geq e_0 U_A \quad (2)$$

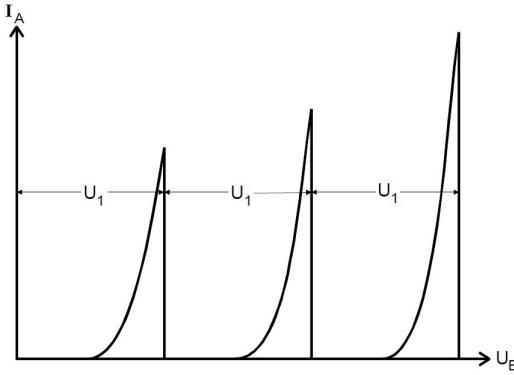


Abbildung 2: Idealisierter Kurvenverlauf eines Franck-Hertz-Versuches [1]

mit m_{e^-} als die Ruhemasse des Elektrons, e_0 als die Elementarladung, erfüllen [1]. Eine beispielhafte theoretische Kurve des Auffängerstroms in Abhängigkeit von U_B ist in Abbildung 2 dargestellt. Sobald die Elektronen genug Energie besitzen um die Abbremsspannung überwinden können, steigt I_A kontinuierlich an. Sobald die Elektronen jedoch genug Energie besitzen um inelastische Stöße durchzuführen, sinkt I_A stark ab, da die Elektronen fast alle Energie an die Hg-Atome abgegeben haben (vgl. Gl. (1)). Wird U_B nun weiter erhöht, wiederholt sich der Vorgang mit dem Unterschied, dass es nun zu mehreren inelastischen Stößen kommen kann. Desweitern lässt sich mit dieser Versuchsanordnung bei ausreichender Abbremsspannung zum Abhalten der Elektronen von der Auffängerelektrode und zur Messung der Ionen, die Ionisierungsenergie von Hg bestimmen. Ebenfalls kann die differentielle Energieverteilung der Elektronen, welche aus dem Auffängerstrom, beziehungsweise von U_A abhängt, aufgezeichnet werden. Um die Anzahl der Elektronen der Energie zwischen E_Z und $E_Z + \Delta E_Z$ zu bestimmen, wird die Differenz der jeweiligen Ströme bestimmt, wo gilt:

$$E_Z = e_0 U_A \quad (3)$$

$$E_Z + \Delta E_Z = e_0 (U_A + \Delta U_A) \quad (4)$$

1.3 Störeffekte

Die reale Messkurve des Versuches ist aufgrund verschiedener Störfaktoren im Vergleich zu Abbildung 2 verschoben, verbreitert und abgeflacht.

Ein Störfaktor ist das auftretende Kontaktpotential zwischen dem Glühdraht niedriger Austrittsarbeit Φ_G und der Beschleunigungselektrode höherer Austrittsarbeit Φ_B . Dadurch kommt es zu einer Verschiebung um das Kontaktpotential K der Kurve, da U_B von der

effektiven Beschleunigungsspannung abweicht.

$$U_{B,\text{eff}} = U_B - \frac{1}{e_0}(\Phi_B - \Phi_G) \quad (5)$$

$$K := \frac{1}{e_0}(\Phi_B - \Phi_G) \quad (6)$$

Ein weiterer Störeinfluss ist das durch die Fermi-Dirac-Verteilung der Energie der Elektronen des Glühdrahtes auftretende Energieverteilung der Elektronen. Dadurch sind die Elektronen nicht monoergetisch, sodass die Kurve abgeflacht und verbreitert wird. Ebenfalls störend sind die elastischen Stöße der Elektronen mit den Hg-Atomen im Bereich der Abbremsspannung, denn dadurch ändert sich die Richtung und damit die Reichweite der Elektronen im Gegenfeld.

Störend wirkt außerdem ein nicht idealer Dampfdruck des Hg-Dampfes, welcher von der Temperatur T abhängt. Ist der Druck zu gering, kommt es nicht immer zu den erwünschten Wechselwirkungen, ist der Druck zu hoch, gibt es zu viele unerwünschte inelastische Stöße. Die mittlere freie Weglänge der Atome, \bar{w} , muss klein gegenüber dem Abstand a zwischen Kathode und der Beschleunigungselektrode sein.

$$\bar{w} = \frac{290}{p_{\text{sät}}} \quad (7)$$

$$p_{\text{sät}}(T) = 5,5 \cdot 10^{10} \cdot \exp(-6876/T) \quad (8)$$

2 Durchführung

2.1 Versuchsaufbau

Der Versuch wird wie in Abbildung 3 aufgebaut, sodass die Aufnahmen für die folgenden Versuchsteile aufgezeichnet werden können.

2.2 Bestimmung der Energieverteilung der beschleunigten Elektronen

Nachdem der X-Y-Schreiber auf das aufzuzeichnende Intervall kalibriert ist, wird bei konstantem Beschleunigungsstrom und bei Zimmertemperatur, beziehungsweise bei erhöhter Temperatur jeweils der Auffängerstrom in Abhängigkeit der Abbremsspannung aufgezeichnet.

2.3 Bestimmung der Franck-Hertz-Kurve

Nachdem der X-Y-Schreiber auf das aufzuzeichnende Intervall kalibriert ist, wird bei passender Temperatur und konstanter Abbremsspannung der Auffängerstrom in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung aufgezeichnet, sodass deutlich genug Maxima zu erkennen sind.

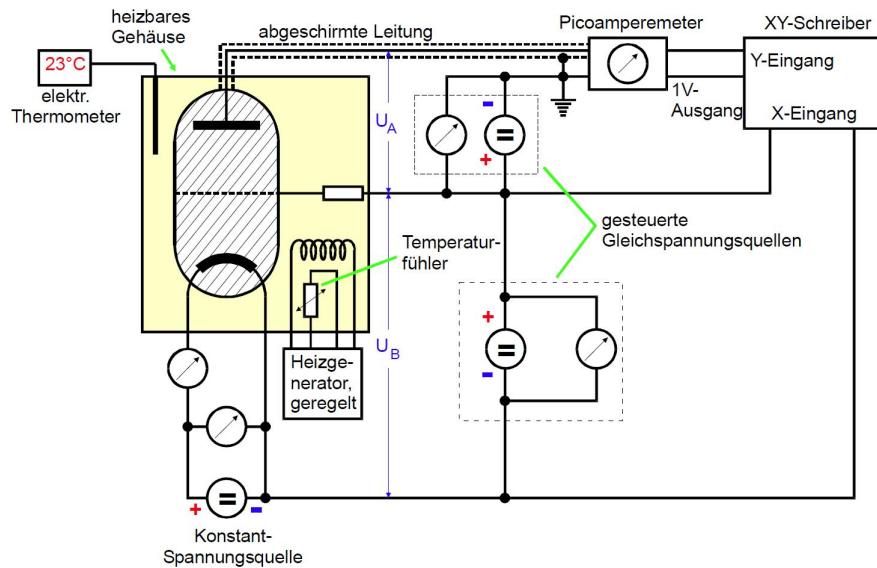


Abbildung 3: Versuchsschaltung [1]

2.4 Bestimmung der Ionisierungsspannung von Hg

Nachdem der X-Y-Schreiber auf das aufzuzeichnende Intervall kalibriert ist, wird bei hoher Abremsspannung und erhöhter Temperatur der Auffängerstrom in Abhängigkeit der Beschleunigungsspannung aufgezeichnet.

3 Auswertung

4 Diskussion

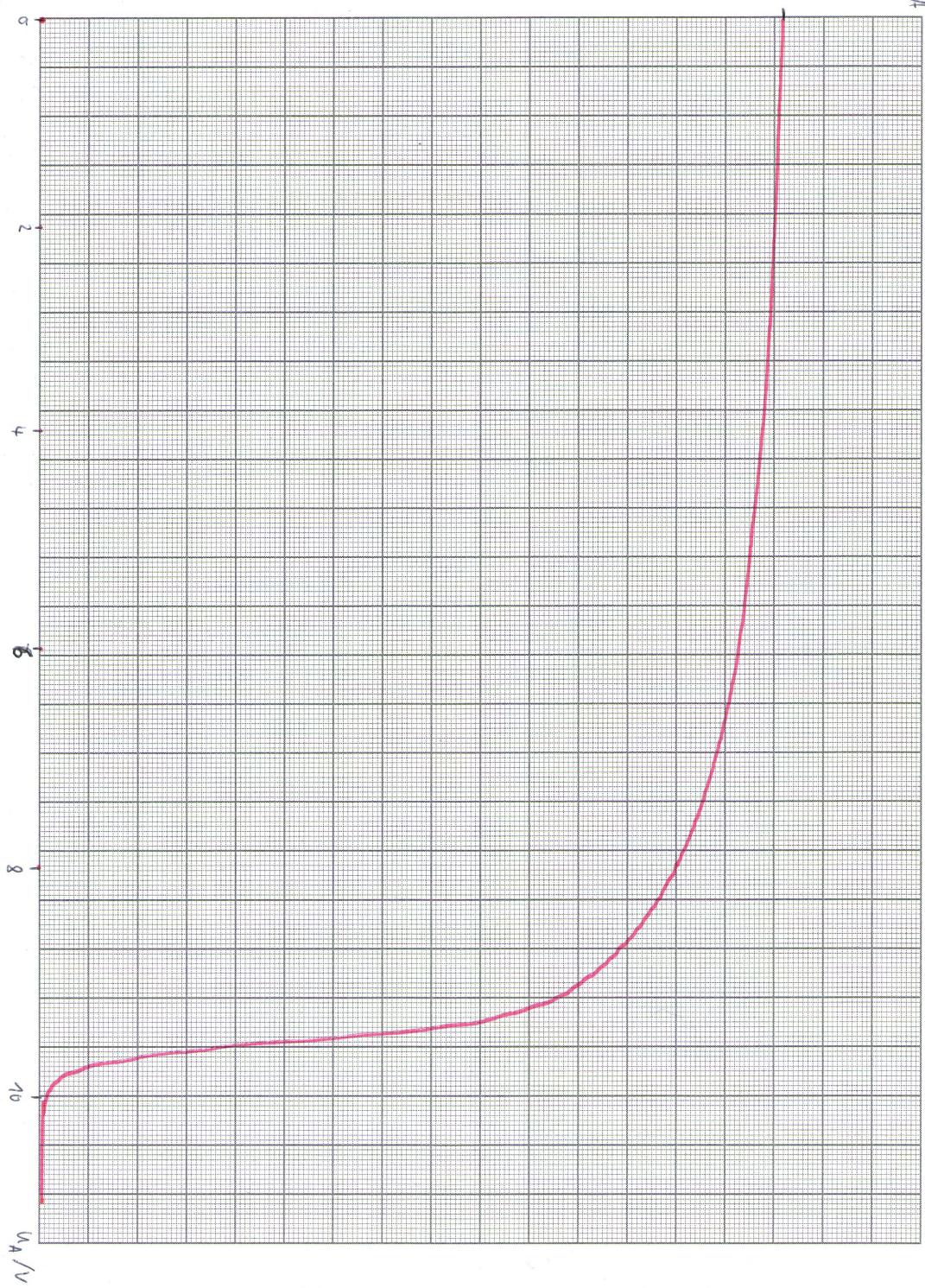
Literatur

- [1] Versuch Nr. 601 - Der Franck-Hertz-Versuch. http://129.217.224.2/HOMEPAGE/Anleitung_AP.html (13.01.2013).

Versuch:

Datum:

Gruppe:



6-23, 2006

Versuch:

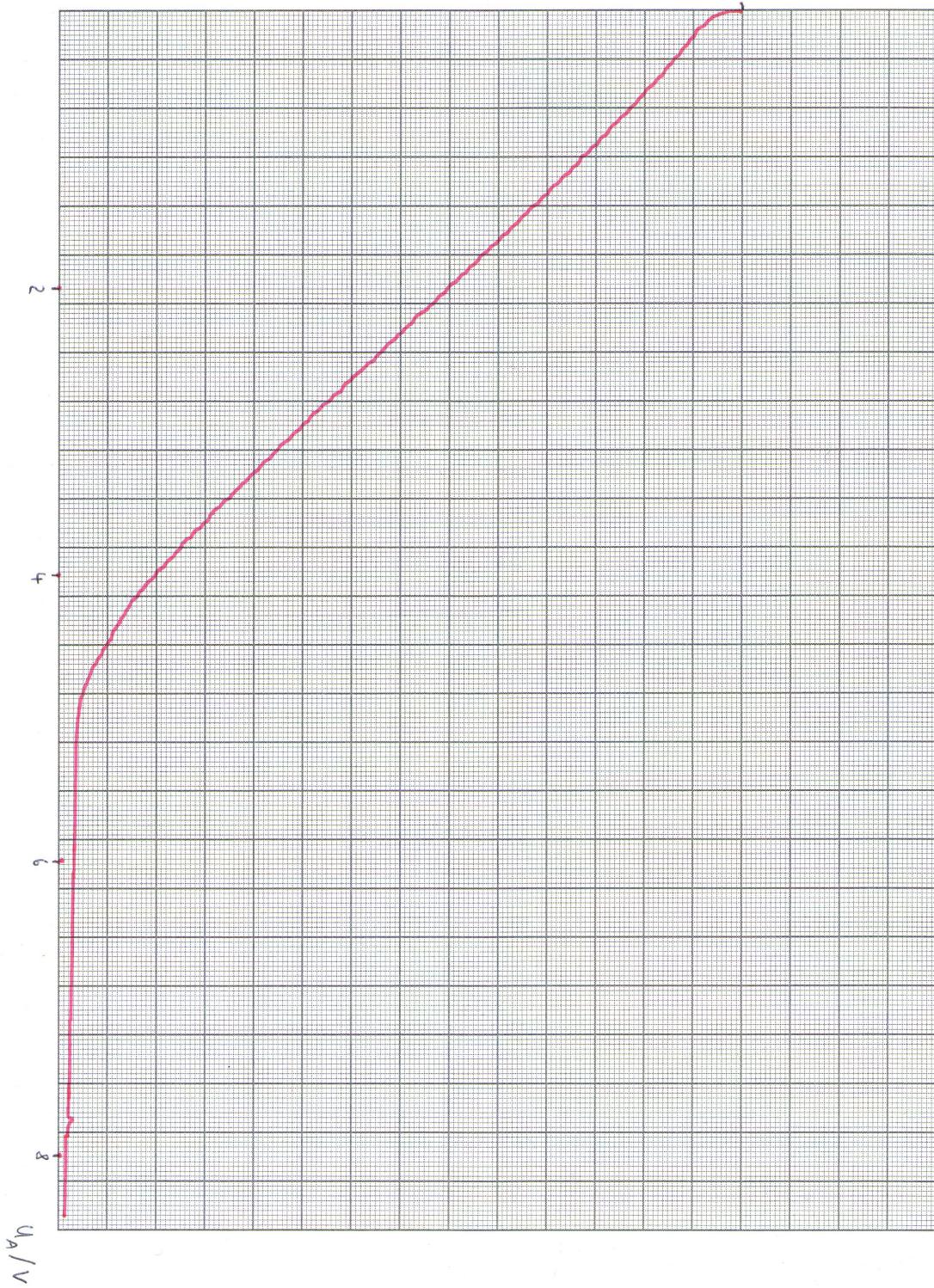
Datum:

Gruppe:

1,95mA

$I_A / \mu A$

6. 14.7.07



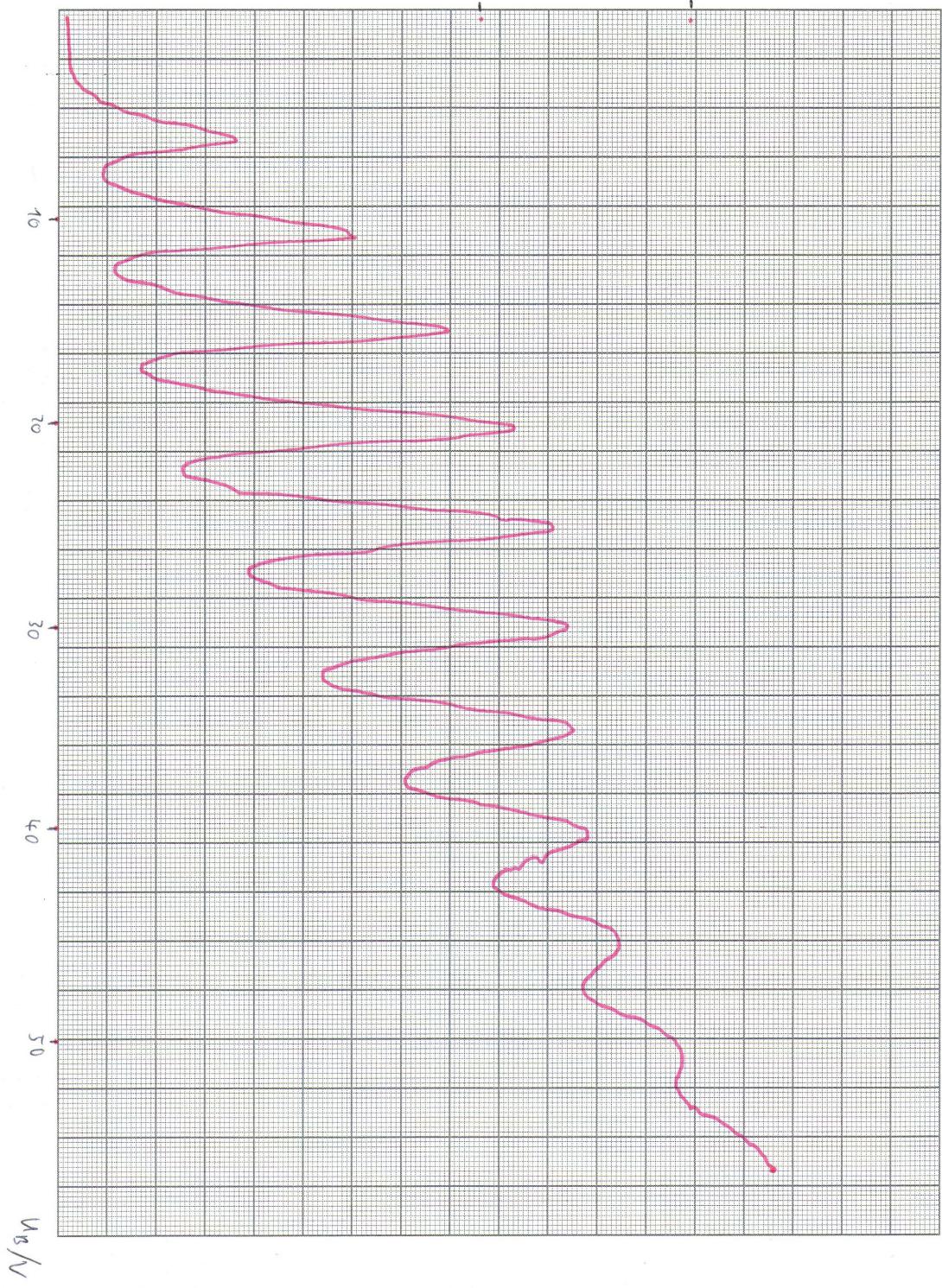
Versuch:

Datum:

I_A / mA

Gruppe:

015



6.6.1965

Versuch:

Datum:

Gruppe:

