

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DORTMUND

ANFÄNGERPRAKTIKUM PHYSIK
SOMMERSEMESTER
2014

V601
Franck-Hertz Versuch

13.05.2014

1. ABGABE: 20.05.2014

Johannes Schlüter
Joshua Luckey

johannes.schlueter@udo.edu
joshua.luckey@udo.edu

1 Einleitung

2 Theorie

3 Durchführung

4 Auswertung

Im folgenden Abschnitt sind die während des Versuchs aufgenommenen Daten und die daraus berechneten Ergebnisse tabellarisch und graphisch dargestellt. An entsprechender Stelle sind Erklärungen zu den Berechnungen und Ergebnissen gegeben.

4.1 Messung der integralen Energieverteilung bei Raumtemperatur

Die Mittels XY-Schreiber aufgenommenen Kurve der Integralen Energieverteilung ist in Abbildung 1 dargestellt. Bei der Temperatur $T = (25,0 \pm 0,1)^\circ\text{C} = (298,2 \pm 0,1)\text{K}$ herrscht nach ?? in der Franck-Hertz-Röhre der Dampfdruck $p_{\text{sat}} = (0,005\,30 \pm 0,000\,04)\text{mbar}$. Durch ?? lässt sich daraus die mittlere freie Weglänge der Elektronen zu $\bar{w} = (0,547 \pm 0,004)\text{cm}$ berechnen.

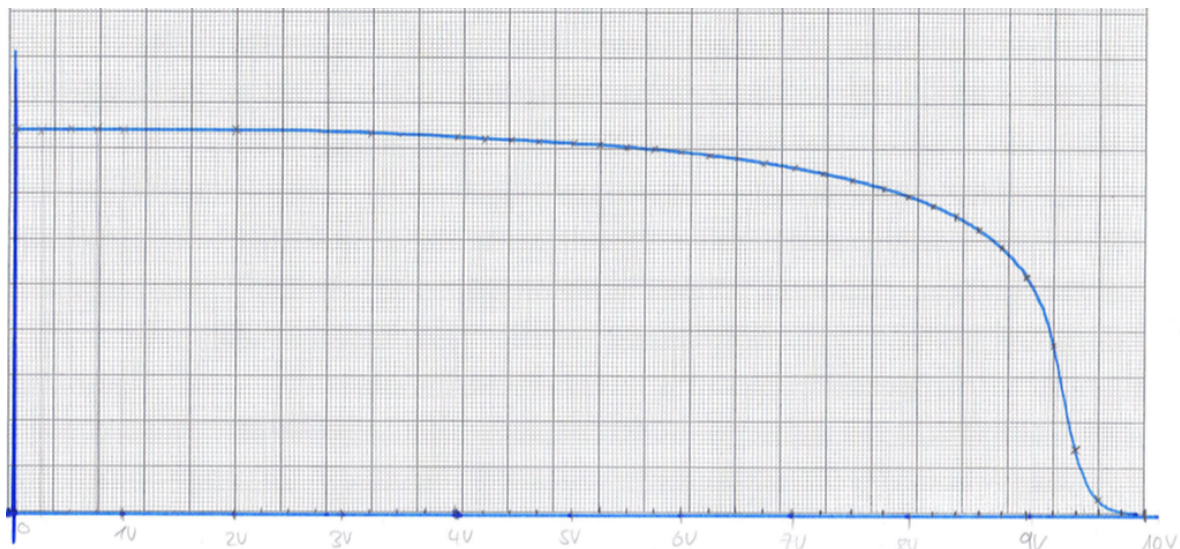


Abbildung 1: Kurve der Integralen Energieverteilung bei Raumtemperatur

Durch grafische Differentiation, der integralen Energieverteilung erhält man die in Abbildung 2 dargestellte differentielle Energieverteilung der Elektronen. Die dafür aus Abbildung 1 genommenen Werte befinden sich in Tabelle 1. Der Wert des Auffängerstoms ist dabei in der Anzahl der Kästchen über der x-Achse angegeben.

Bremsspannung U_A [V]	Δ Bremsspannung ΔU_A [V]	Auffängerstrom $\propto I_A(U_A)$	Δ Auffängerstrom $\propto \Delta I_A(U_A)$	Bremsspannung U_A [V]	Δ Bremsspannung ΔU_A [V]	Auffängerstrom $\propto I_A(U_A)$	Δ Auffängerstrom $\propto \Delta I_A(U_A)$
0,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	5,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1
0,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	5,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,0 ± 0,1	0,1 ± 0,1
0,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	6,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,9 ± 0,1	0,1 ± 0,1
0,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	6,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,8 ± 0,1	0,0 ± 0,1
1,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	6,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,8 ± 0,1	0,1 ± 0,1
1,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	6,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,7 ± 0,1	0,1 ± 0,1
1,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	7,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,6 ± 0,1	0,1 ± 0,1
1,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	7,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1
2,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	7,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,3 ± 0,1	0,1 ± 0,1
2,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,0 ± 0,1	7,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	7,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1
2,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,4 ± 0,1	0,1 ± 0,1	8,00 ± 0,05	0,20 ± 0,07	7,0 ± 0,1	0,2 ± 0,1
2,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,3 ± 0,1	0,0 ± 0,1	8,20 ± 0,05	0,20 ± 0,07	6,8 ± 0,1	0,2 ± 0,1
3,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,3 ± 0,1	0,0 ± 0,1	8,40 ± 0,05	0,20 ± 0,07	6,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
3,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,3 ± 0,1	0,0 ± 0,1	8,60 ± 0,05	0,20 ± 0,07	6,2 ± 0,1	0,4 ± 0,1
3,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,3 ± 0,1	0,0 ± 0,1	8,80 ± 0,05	0,20 ± 0,07	5,8 ± 0,1	0,6 ± 0,1
3,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,3 ± 0,1	0,1 ± 0,1	9,00 ± 0,05	0,20 ± 0,07	5,2 ± 0,1	1,5 ± 0,1
4,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	9,20 ± 0,05	0,20 ± 0,07	3,7 ± 0,1	2,3 ± 0,1
4,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,2 ± 0,1	0,0 ± 0,1	9,40 ± 0,05	0,20 ± 0,07	1,4 ± 0,1	1,1 ± 0,1
4,50 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,2 ± 0,1	0,0 ± 0,1	9,60 ± 0,05	0,20 ± 0,07	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1
4,75 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1	9,80 ± 0,05	0,20 ± 0,07	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1
5,00 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,1 ± 0,1	0,0 ± 0,1	10,00 ± 0,05	-	0,0 ± 0,1	-
5,25 ± 0,05	0,25 ± 0,07	8,1 ± 0,1	0,0 ± 0,1	-	-	-	-

Tabelle 1: Messwerte zur Bestimmung der differentiellen Energieverteilung bei Raumtemperatur

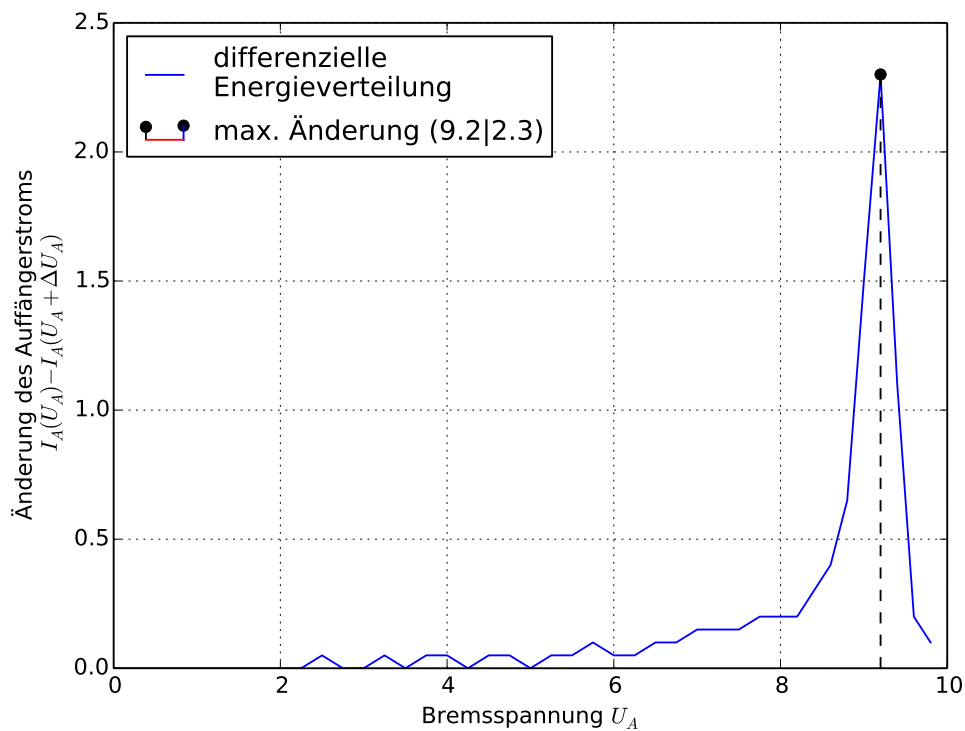


Abbildung 2: Kurve der differentiellen Energieverteilung bei Raumtemperatur

Aus der Lage des Maximums der differentiellen Energieverteilung $U_{A,max} = (9,20 \pm 0,05)$ V ergibt sich mit dem Wert der eingestellten Beschleunigungsspannung $U_B = (11 \pm 1)$ V das Kontaktpotential der Elektroden zu

$$K = U_B - U_{A,max} = (2 \pm 1) \text{ V.} \quad (1)$$

4.2 Messung der integralen Energieverteilung bei 150°C

Die für die Temperatur $T = (150,0 \pm 0,1)^\circ\text{C} = (423,2 \pm 0,1)\text{K}$ aufgenommene integrale Energieverteilung ist in Abbildung 3 zu finden. Bei diesen Temperaturen sind die Werte für Dampfdruck und mittlere freie Weglänge $p_{\text{sat}} = (4,82 \pm 0,02)\text{mbar}$ und $\bar{w} = (0,000\,601 \pm 0,000\,002)\text{cm}$.

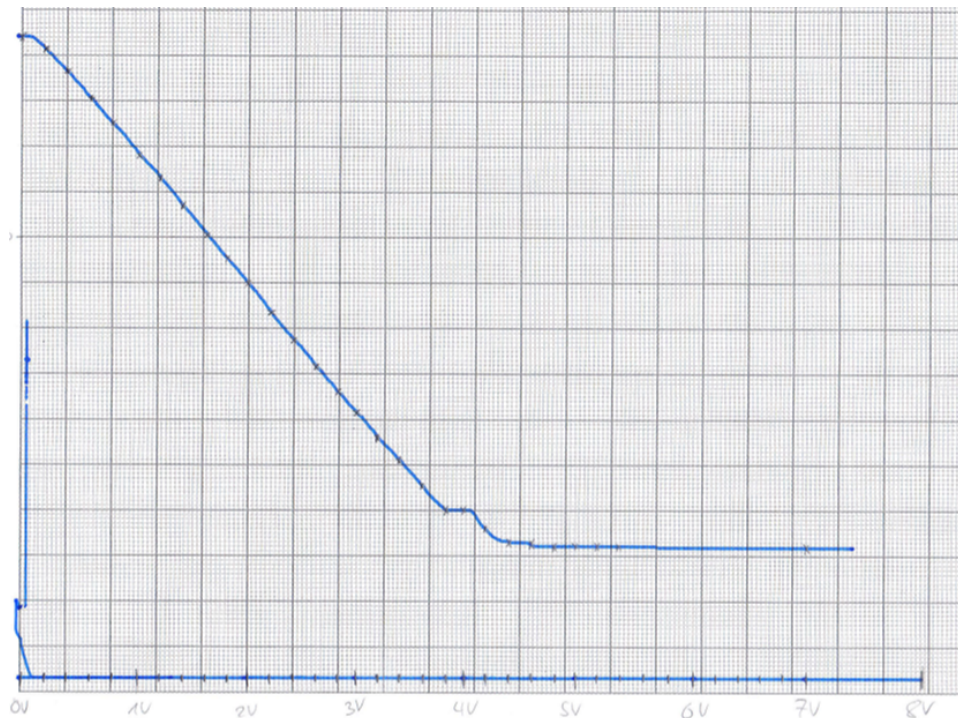


Abbildung 3: Kurve der Integralen Energieverteilung bei 150°C

Aus dieser Kurve wurden zur grafischen Differentiation Werte entnommen die in Tabelle 3 gelistet sind. Die grafische Darstellung selbst befindet sich in Abbildung 4.

Bremsspannung $U_A [\text{V}]$	Δ Bremsspannung $\Delta U_A [\text{V}]$	Auffängerstrom $\propto I_A(U_A)$	Δ Auffängerstrom $\propto \Delta I_A(U_A)$	Bremsspannung $U_A [\text{V}]$	Δ Bremsspannung $\Delta U_A [\text{V}]$	Auffängerstrom $\propto I_A(U_A)$	Δ Auffängerstrom $\propto \Delta I_A(U_A)$
0,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	14,4 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	3,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	4,5 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1
0,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	14,1 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	3,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	4,0 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
0,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	13,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	4,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	4,0 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1
0,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	13,1 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	4,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,6 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1
0,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	12,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	4,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,3 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
1,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	11,8 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	4,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
1,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	11,3 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	4,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
1,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	10,7 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	5,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
1,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	10,1 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	5,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
1,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	9,6 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	5,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
2,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	9,0 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1	5,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
2,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	8,3 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	5,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
2,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	7,8 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	6,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
2,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	7,2 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	6,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
2,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	6,6 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	6,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
3,00 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	6,2 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	6,60 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
3,20 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	5,6 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	6,80 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	3,2 \pm 0,1	0,0 \pm 0,1
3,40 \pm 0,05	0,20 \pm 0,07	5,1 \pm 0,1	0,5 \pm 0,1	7,00 \pm 0,05	-	3,2 \pm 0,1	-

Tabelle 2: Messwerte zur Bestimmung der differentiellen Energieverteilung bei 150°C

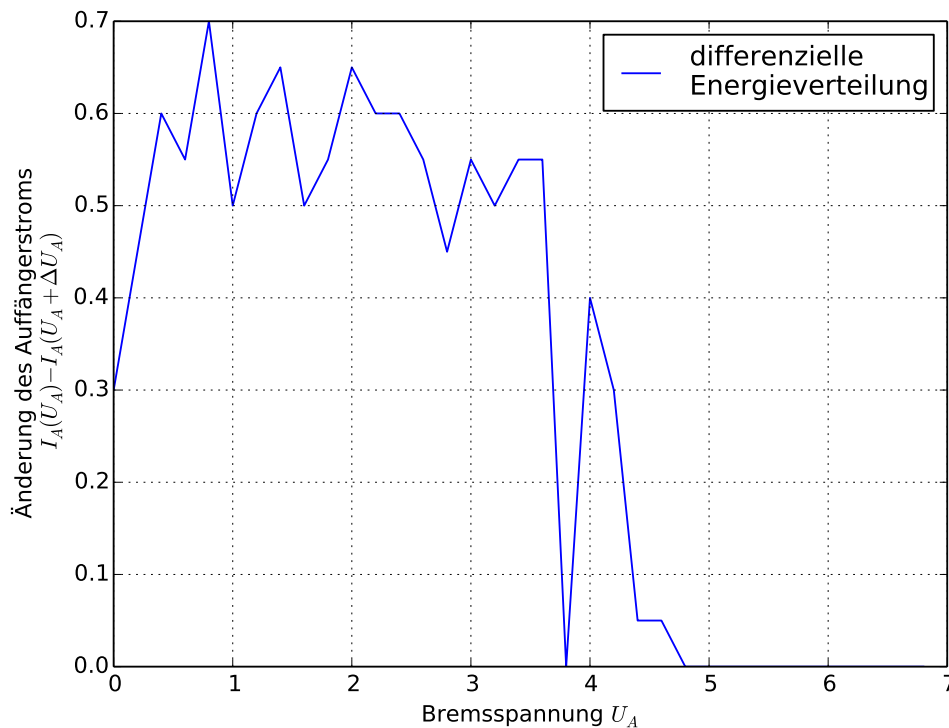


Abbildung 4: Kurve der differentiellen Energieverteilung bei Raumtemperatur

4.3 Bestimmung der Anregungsenergie des Quecksilbers

Zur Bestimmung der Anregungsenergie des Quecksilbers wurde die in ?? dargestellte Franck-Hertz-Kurve aufgenommen. Aus den Abständen der Maxima lässt sich die zur Anregung nötige Beschleunigungsspannung U_B und daraus die Anregungsenergie bestimmen, diese sind in ?? eingetragen. Diese Messung wurde bei einer Temperatur $T = (165,0 \pm 0,1)^\circ\text{C} = (438,2 \pm 0,1)\text{K}$ und daraus folgend unter einem Dampfdruck von $p_{\text{sat}} = (8,41 \pm 0,03)\text{mbar}$ und einer mittleren freien Weglänge der Elektronen von $\bar{w} = (0,000\,344 \pm 0,000\,001)\text{cm}$ durchgeführt.

maximal Stellen $U_{A,\text{max}}^{(i)} [\text{V}]$	Δ maximal Stellen $U_{A,\text{max}}^{(i+1)} - U_{A,\text{max}}^{(i)} [\text{V}]$	Anregungsenergie $E [\text{eV}]$
$7,2 \pm 0,4$	$4,6 \pm 0,6$	$4,6 \pm 0,6$
$11,8 \pm 0,4$	$4,9 \pm 0,6$	$4,9 \pm 0,6$
$16,7 \pm 0,4$	$4,9 \pm 0,6$	$4,9 \pm 0,6$
$21,7 \pm 0,4$	$5,2 \pm 0,6$	$5,2 \pm 0,6$
$26,9 \pm 0,4$	-	-

Tabelle 3: Messwerte zur Bestimmung der differntiellen Energieverteilung bei 150°C

Der Mittelwert Anregungsenergien hat damit den Wert

$$\langle E \rangle = (4,9 \pm 0,1) \text{ eV}. \quad (2)$$

Über die Energiegleichung des Photons ?? lässt sich aus der erhaltenen, gemittelten Energie, die Wellenlänge λ des nach der Anregung emittierten Photons zu

$$\lambda = (252 \pm 6) \text{ nm} \quad (3)$$

bestimmen.

Durch Subtraktion des Mittelwertes der Anregungsenergie, von der Energie des ersten Maximums ergibt sich für das Kontaktpotential der Elektroden der Wert

$$K = (2,3 \pm 0,6) \text{ V}. \quad (4)$$

4.4 Bestimmung der Ionisierungsspannung des Quecksilbers

Die Messung zur Bestimmung der Ionisierungsspannung U_{ion} des Quecksilbers wurde mit einer Temperatur von $T = (100,0 \pm 0,1)^\circ\text{C} = (373,2 \pm 0,1) \text{ K}$ bei dem Dampfdruck $p_{sat} = (0,547 \pm 0,003) \text{ mbar}$ durchgeführt. Unter diesen Bedingungen beträgt die mittlere freie Weglänge der Elektronen $\bar{w} = (0,00531 \pm 0,00003) \text{ cm}$. Zur Bestimmung der Ionisierungsspannung U_{ion} wird eine tangentielle Gerade an die aufgenommenen Kurve, in Abbildung 5 gelegt.

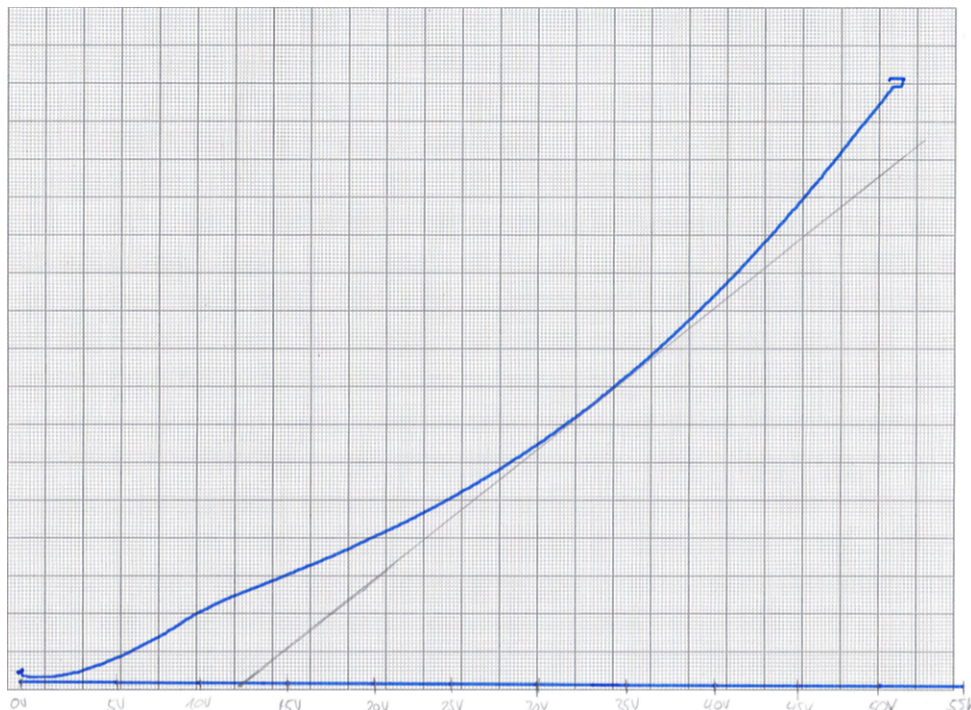


Abbildung 5: Grafische Bestimmung der Ionisierungsspannung

Die Nullstelle dieser Geraden hat den Wert $U_0 = U_{ion} + K$, wobei K das zuvor berechnete Kontaktpotential der beiden Elektroden ist. Mit dem aus Abbildung 5 bestimmten Wert $U_0 = (12,5 \pm 0,2) \text{ V}$ errechnet sich, unter Verwendung des Mittelwerts $\langle K \rangle = (2,0 \pm 0,6) \text{ V}$

aus (1) und (4), die Ionisierungsspannung zu

$$U_{ion} = (10,5 \pm 0,6) \text{ V.} \quad (5)$$

4.5 Fehlerrechnung

5 Diskussion