Auswertung Versuch 22:

Bestimmung der Elementarladung nach Millikan

von: Jonas Schweer

am: 21.09.24

1. Einleitung

1.1 Motivation

In diesem Versuch wollen wir anhand Öltröpfchen in einem Kondensator die Elementarladung e bestimmen. Dazu bestimmen wir deren Steig- und Sinkgeschwindigkeit.

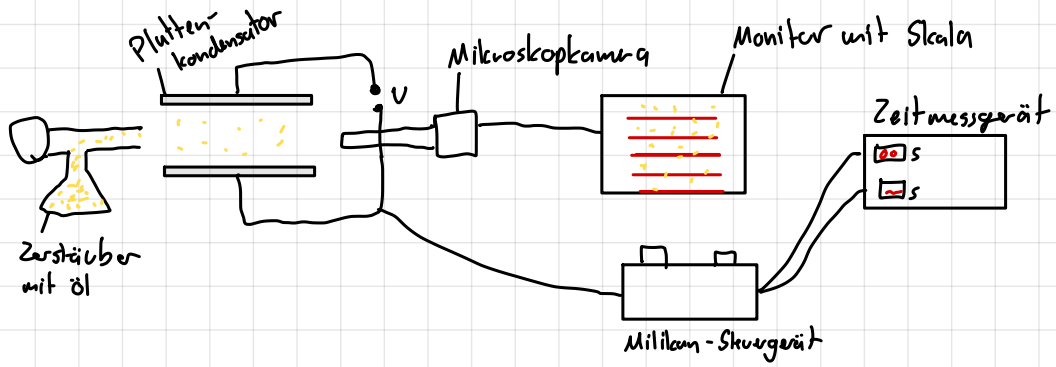
1.2 Messaufbau

Öltröpfchen aus einem Ölzerstäuber wird durch eine Pumpe in einen Plattenkondensator geführt. Durch Reibung werden diese geladen.

Die Spannung des Kondensators wird auf einen konstanten Wert gestellt und kann über das Millikan-Steuergerät an- und ausgeschaltet werden.

Die Öltröpfchen werden von einer Mikroskopkamera aufgenommen und auf einen Monitor angezeigt (mit einer übergelegten Skala).

Das Millikan-Steuergerät ist auch mit einer Stoppuhr verbunden, welche (bei richtiger Bedienung) automatisch die Steig- und Sinkdauer misst.



Skizze 1: Messaufbau Millikan

Auf einem beistehenden Computer wird eine Excel-Tabelle bereitgestellt, welche die wichtigsten Werte bereits berechnet.

1.3 Physikalische Grundlagen

Um zu verstehen, wie dieser Versuch funktioniert, müssen wir erst einige physikalische Grundlagen durchgehen.

Auf ein Öltröpfchen, welches sich in dem ausgeschalteten Kondensator befindet, auf den also keine elektrische Feldkraft wirkt, gelten folgende andere Kräfte:

Die Gewichtskraft F_g mit

$$F_g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{öl} g \quad (1)$$

Der Auftrieb F_A mit

$$F_A = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_{Luft} g \quad (2)$$

und die Stokessche Reibung F_R mit

$$F_R = 6\pi r \eta v \quad (3)$$

Dabei ist r der Radius des Öltröpfchens, $\rho_{öl}$ die Öldichte, ρ_{Luft} ist die Dichte der Luft, g die Erdbeschleunigung, η die Viskosität von Luft und v die Geschwindigkeit des Tröpfchens.

Wenn wir nun ein E-Feld im Kondensator erzeugen, kommt es zusätzlich zu einer elektrischen Kraft, die das Tröpfchen entweder schneller fallen lässt, langsamer fallen lässt oder es steigen lässt. Wir betrachten nur den letzten Fall, da wir während des Experimentes auch nur steigende Tröpfchen betrachten.

Die Kraft, die das elektrische Feld ausübt, berechnet sich als:

$$F_{el} = q\frac{U}{d} \quad (4)$$

Dabei ist U die Spannung am Kondensator, d der Plattenabstand und q die Ladung des Tröpfchens.

Da die Stokessche Reibung proportional zur Fall-/Steiggeschwindigkeit ist und entgegen der Bewegungsrichtung zeigt, stellt sich relativ schnell die terminale Geschwindigkeit ein, bei der Kräftegleichgewicht herrscht. Im Fall des ungeschalteten Kondensators mit steigendem Tröpfchen sieht das so aus:

$$F_R + F_g = F_A + F_{el} \qquad (5)$$

eingesetzt und nach q umgestellt erhalten wir also:

$$q = d \cdot \frac{6\pi r \eta v_s + \frac{4}{3}\pi r^3 g (\rho_{öl} - \rho_{Luft})}{U} \qquad (6)$$

v_s ist die Steiggeschwindigkeit des Tröpfchens. Da wir allerdings r nicht kennen, müssen wir uns noch die Fallgeschwindigkeit bei ausgestelltem Kondensator anschauen. Das Kräftegleichgewicht lautet:

$$F_g = F_A + F_s \qquad (7)$$

Eingesetzt und umgeformt nach r erhalten wir:

$$r = \sqrt{\frac{9 \eta \, v_f}{2 g (\rho_{öl} - \rho_{Luft})}} \qquad (8)$$

Dabei ist v_f die Fallgeschwindigkeit. Setzen wir nun (8) in (6) ein, erhalten wir unsere Formel für q:

$$q = (v_f + v_s) \sqrt{\frac{9}{2} \frac{v_f \eta^3}{g \cdot (\rho_{öl} - \rho_{Luft})}} \frac{6\pi d}{U} \qquad (9)$$

Dabei nahmen wir allerdings an, dass η konstant ist. In Wirklichkeit ist η allerdings radiusabhängig, was uns einen Korrekturfaktor von

$$\eta(r) = \eta_0 f(r) = \frac{\eta_0}{1 + \frac{b}{r p_L}} \qquad (8)$$

einbringt. p_L ist der Luftdruck und b konstant als $7{,}78 \cdot 10^{-3}\ Pa \cdot m$ in unserem Versuch.

Versuch 22: Bestimmung der Elementarladung nach Millikan

17.09.24

Harish Mahendran
Jonas Schwer
Manuel Sorgenfrei

1. Messung

Es wird die Fallzeit und Steigzeit eines Tropfens gemessen. Der Steig und Sinkweg sind hierbei 10 Stk.

Messung	Sinkzeit [s]	Steigzeit [s]
1.	18,20	7,07
2.	17,74	7,24
3.	18,14	6,83
4.	19,59	7,1
5.	17,58	7,56

↓ 18,88 ↓ 17,86
↑ 7,01 ↑ 6,34
↓ 21,29
↑ 5,99

2. Messung

Nun werden die Steigzeiten und Fallzeiten von 40-60 Tropfen gemessen.

Messung	Fall-zeit [s]	Sink-zeit [s]
1.	12,37	4,30
2.	16,86	9,40
3.	20,45	6,13
4.	25,51	5,84
5.	10,20	5,87
6.	18,41	7,38
7.	21,12	6,73
8.	15,33	10,05
9.	7,48	9,57

10.	14,01	10,42
11.	16,28	7,61
12.	13,71	11,13
13.	6,49	1,33
14.	14,02	4,42
15.	20,00	6,09
16.	29.17	5,01
17.	10,76	29,49
18.	14,22	11,30
19.	20,70	5,68
20.	25,10	4,30
21.	14,51	9,98
22.	20,81	6,50
23.	8,52	8,75

24.	12,37	12,25
25.	20,78	6,99
26.	14,50	13,67
27.	13,74	11,42
28.	12,46	3,950
29.	19,57	6,21
30.	8,15	10,92
31.	18,33	6,63
32.	8,94	10,21
33.	20,97	7,15
34.	6,65	6,06
35.	9,19	6,67
36.	9,94	3,11
37.	7,77	8,99

38.	15,89	8,47
39.	17,31	7,67
40.	13,76	8,24
41.	14,18	9,84
42.	11,84	16,16
43	11,66	15,46
44.	13,04	10,52
45.	13,70	13,93
46.	12,25	11,44
47.	11,60	16,56
48.	10,36	4,73
49.	26,61	4,30
50.	14,77	3,73
51.	18,86	2,93

52.	20,40	5,11
53.	11,18	5,68
54.	17,00	6,11
55.	15,41	8,47
56.	7,47	9,25
57.	10,93	17,13
58.	1,93	16,87
59.	15,38	7,82
60.	10,60	17,28

3. Messung (äußere Parameter)

Raumtemperatur: $(22 \pm 0{,}5)°C$

Luftdruck: $(1009{,}4 \pm 0{,}2)$ mbar

Spannung: (500 ± 4) V

D. H.

Praktikumsversuch "Bestimmung der elektrischen Elementarladung nach Millikan"

	19.9.24		Datum der Messung				Namen der StudentInnen:			C							
	500	V	Spannung des Kondensators U														
	1,01E+05	Pa	Luftdruck p				Versuchsaufbau:			C	Alles rote ist zu ändern, der Rest						
	22,0	oC	Zimmertemperatur T								wird automatisch berechnet.						
	6,00E-03	m	Abstand der Kondensatorplatten d														
	5,00E-05	m	1 Skt				C1 =	1,9980E-10	VAs (s/m)**1.5								
	3,14159		Zahl π				C2 =	9,5269E-09	ms								
	1,00E-19	As	Benutzte Ladungseinheit q0				ρ = ρ1−ρ2	8,7151E+02	kg/m³								
	1,81E-05	Ns/m²	Viskosität der Luft η0 (unkorrigiert)				b =	7,7800E-03	Pa m								
	8,728E+02	kg/m³	Dichte des Öls ρ1														
	1,29E+00	kg/m³	Dichte der Luft ρ2														
	9,81	m/s²	Erdbeschleunigung g														
	2,400		Oberere Grenze der Ladung für einfach geladene Tröpfchen						f	Korrekturfaktor für η							
	1,633		Mittelwert Q1m der einfach mit Q1 geladenen Tröpfchen						Q	Ladung der gemessenen Tröpfchen							
									Q1	Ladung der einfach geladenen Tröpchen							
	1,628		Mittelwert Q/n für Tröpfchen mit n<6						n	nächste ganze Zahl von Q/Q1							
	66		Zahl der Tröpfchen mit n<6														
	0,109		Standardabweichung einer Einzelmessung														
	0,013		Standardabweichung des Mittelwertes														
	0,8807		Mittelwert von f für Tröpfchen mit n<6														

Nr.	Sinken [Skt]	t1 [s]	Steigen [Skt]	t2 [s]	v1 [m/s]	v2 [m/s]	v1+v2 [m/s]	R0 [m]	f	Q	Q1	Q/Q1m	n	Q/n (n<6)	f (n<6)	
1	10	18,200	10	7,070	2,747E-05	7,072E-05	9,819E-05	5,116E-07	0,869	1,666	1,666	1,020	1	1,666	0,869	1
2	10	17,740	10	7,240	2,818E-05	6,906E-05	9,725E-05	5,182E-07	0,871	1,676	1,676	1,026	1	1,676	0,871	1
3	10	18,140	10	6,830	2,756E-05	7,321E-05	1,008E-04	5,124E-07	0,869	1,713	1,713	1,049	1	1,713	0,869	1
4	10	19,590	10	7,100	2,552E-05	7,042E-05	9,595E-05	4,931E-07	0,865	1,558	1,558	0,954	1	1,558	0,865	1
5	10	17,580	10	7,560	2,844E-05	6,614E-05	9,458E-05	5,205E-07	0,871	1,639	1,639	1,003	1	1,639	0,871	1
6	10	18,410	10	6,880	2,716E-05	7,267E-05	9,983E-05	5,087E-07	0,868	1,683	1,683	1,030	1	1,683	0,868	1
7	10	18,030	10	7,810	2,773E-05	6,402E-05	9,175E-05	5,140E-07	0,870	1,566	1,566	0,959	1	1,566	0,870	1
8	10	18,710	10	7,950	2,672E-05	6,289E-05	8,962E-05	5,046E-07	0,867	1,496	1,496	0,916	1	1,496	0,867	1
9	10	12,370	10	4,300	4,042E-05	1,163E-04	1,567E-04	6,205E-07	0,890	3,340		2,045	2	1,670	0,890	1
10	10	16,860	10	9,400	2,966E-05	5,319E-05	8,285E-05	5,315E-07	0,873	1,471	1,471	0,901	1	1,471	0,873	1
11	10	20,450	10	6,130	2,445E-05	8,157E-05	1,060E-04	4,826E-07	0,862	1,677	1,677	1,027	1	1,677	0,862	1
12	10	25,510	10	5,840	1,960E-05	8,562E-05	1,052E-04	4,321E-07	0,849	1,455	1,455	0,891	1	1,455	0,849	1
13	10	10,230	10	5,870	4,888E-05	8,518E-05	1,341E-04	6,824E-07	0,899	3,190		1,953	2	1,595	0,899	1
14	10	18,410	10	7,380	2,716E-05	6,775E-05	9,491E-05	5,087E-07	0,868	1,600	1,600	0,979	1	1,600	0,868	1
15	10	21,120	10	6,730	2,367E-05	7,429E-05	9,797E-05	4,749E-07	0,860	1,520	1,520	0,931	1	1,520	0,860	1
16	10	15,330	10	10,050	3,262E-05	4,975E-05	8,237E-05	5,574E-07	0,879	1,548	1,548	0,948	1	1,548	0,879	1
17	10	7,480	10	9,750	6,684E-05	5,128E-05	1,181E-04	7,980E-07	0,912	3,361		2,058	2	1,680	0,912	1
18	10	14,010	10	10,420	3,569E-05	4,798E-05	8,367E-05	5,831E-07	0,883	1,658	1,658	1,015	1	1,658	0,883	1
19	10	8,530	10	8,070	5,862E-05	6,196E-05	1,206E-04	7,473E-07	0,907	3,184		1,949	2	1,592	0,907	1
20	10	16,380	10	7,610	3,053E-05	6,570E-05	9,623E-05	5,393E-07	0,875	1,739	1,739	1,065	1	1,739	0,875	1
21	10	13,710	10	11,130	3,647E-05	4,492E-05	8,139E-05	5,894E-07	0,884	1,634	1,634	1,000	1	1,634	0,884	1
22	10	6,490	10	1,330	7,704E-05	3,759E-04	4,530E-04	8,567E-07	0,917	13,962		8,549	9			
23	10	14,020	10	4,420	3,566E-05	1,131E-04	1,488E-04	5,829E-07	0,883	2,947		1,805	2	1,474	0,883	1
24	10	20,090	10	6,090	2,489E-05	8,210E-05	1,070E-04	4,869E-07	0,863	1,711	1,711	1,048	1	1,711	0,863	1
25	10	23,170	10	5,010	2,158E-05	9,980E-05	1,214E-04	4,534E-07	0,855	1,780	1,780	1,090	1	1,780	0,855	1
26	10	10,760	10	29,490	4,647E-05	1,695E-05	6,342E-05	6,654E-07	0,896	1,466	1,466	0,897	1	1,466	0,896	1
27	10	14,220	10	11,300	3,516E-05	4,425E-05	7,941E-05	5,788E-07	0,882	1,560	1,560	0,955	1	1,560	0,882	1
28	10	20,700	10	5,680	2,415E-05	8,803E-05	1,122E-04	4,797E-07	0,862	1,762	1,762	1,079	1	1,762	0,862	1
29	10	25,100	10	4,900	1,992E-05	1,020E-04	1,220E-04	4,356E-07	0,850	1,704	1,704	1,043	1	1,704	0,850	1
30	10	14,510	10	9,980	3,446E-05	5,010E-05	8,456E-05	5,730E-07	0,881	1,641	1,641	1,005	1	1,641	0,881	1
31	10	20,870	10	6,500	2,396E-05	7,692E-05	1,009E-04	4,777E-07	0,861	1,577	1,577	0,965	1	1,577	0,861	1
32	10	8,520	10	8,790	5,869E-05	5,688E-05	1,156E-04	7,477E-07	0,907	3,054		1,870	2	1,527	0,907	1
33	10	12,370	10	12,250	4,042E-05	4,082E-05	8,124E-05	6,205E-07	0,890	1,731	1,731	1,060	1	1,731	0,890	1
34	10	20,780	10	6,990	2,406E-05	7,153E-05	9,559E-05	4,788E-07	0,861	1,498	1,498	0,917	1	1,498	0,861	1
35	10	14,500	10	13,670	3,448E-05	3,658E-05	7,106E-05	5,732E-07	0,881	1,380	1,380	0,845	1	1,380	0,881	1
36	10	13,740	10	11,420	3,639E-05	4,378E-05	8,017E-05	5,888E-07	0,884	1,607	1,607	0,984	1	1,607	0,884	1
37	10	12,460	10	3,950	4,013E-05	1,266E-04	1,667E-04	6,183E-07	0,889	3,538		2,166	2	1,769	0,889	1
38	10	19,570	10	6,210	2,555E-05	8,052E-05	1,061E-04	4,934E-07	0,865	1,723	1,723	1,055	1	1,723	0,865	1
39	10	8,150	10	10,920	6,135E-05	4,579E-05	1,071E-04	7,645E-07	0,908	2,903		1,778	2	1,452	0,908	1
40	10	18,330	10	6,630	2,728E-05	7,541E-05	1,027E-04	5,098E-07	0,869	1,735	1,735	1,062	1	1,735	0,869	1
41	10	8,340	10	10,280	5,995E-05	4,864E-05	1,086E-04	7,557E-07	0,907	2,904		1,778	2	1,452	0,907	1
42	10	20,970	10	7,150	2,384E-05	6,993E-05	9,377E-05	4,766E-07	0,861	1,461	1,461	0,895	1	1,461	0,861	1
43	10	6,650	10	6,060	7,519E-05	8,251E-05	1,577E-04	8,463E-07	0,917	4,795		2,936	3	1,598	0,917	1
44	10	9,190	10	6,670	5,441E-05	7,496E-05	1,294E-04	7,199E-07	0,903	3,274		2,004	2	1,637	0,903	1
45	10	9,940	10	3,110	5,030E-05	1,608E-04	2,111E-04	6,923E-07	0,900	5,106		3,126	3	1,702	0,900	1
46	10	7,770	10	8,990	6,435E-05	5,562E-05	1,200E-04	7,830E-07	0,910	3,340		2,045	2	1,670	0,910	1
47	10	15,980	10	8,470	3,129E-05	5,903E-05	9,032E-05	5,460E-07	0,876	1,656	1,656	1,014	1	1,656	0,876	1
48	10	17,310	10	7,670	2,889E-05	6,519E-05	9,407E-05	5,246E-07	0,872	1,645	1,645	1,007	1	1,645	0,872	1
49	10	19,760	10	8,240	2,530E-05	6,068E-05	8,598E-05	4,910E-07	0,864	1,389	1,389	0,850	1	1,389	0,864	1
50	10	14,190	10	9,840	3,524E-05	5,081E-05	8,605E-05	5,794E-07	0,883	1,692	1,692	1,036	1	1,692	0,883	1
51	10	11,840	10	16,160	4,223E-05	3,094E-05	7,317E-05	6,343E-07	0,892	1,600	1,600	0,980	1	1,600	0,892	1
52	10	11,660	10	15,460	4,288E-05	3,234E-05	7,522E-05	6,392E-07	0,892	1,659	1,659	1,016	1	1,659	0,892	1
53	10	13,040	10	10,520	3,834E-05	4,753E-05	8,587E-05	6,044E-07	0,887	1,775	1,775	1,087	1	1,775	0,887	1
54	10	13,700	10	13,930	3,650E-05	3,589E-05	7,239E-05	5,897E-07	0,884	1,453	1,453	0,890	1	1,453	0,884	1
55	10	12,250	10	11,440	4,082E-05	4,371E-05	8,452E-05	6,236E-07	0,890	1,812	1,812	1,109	1	1,812	0,890	1
56	10	11,600	10	16,560	4,310E-05	3,019E-05	7,330E-05	6,408E-07	0,893	1,622	1,622	0,993	1	1,622	0,893	1
57	10	10,960	10	4,730	4,562E-05	1,057E-04	1,513E-04	6,593E-07	0,895	3,460		2,119	2	1,730	0,895	1

58	10	26,610	10	4,900	1,879E-05	1,020E-04	1,208E-04	4,231E-07	0,846	1,628	1,628	0,997	1	1,628	0,846	1
59	10	14,770	10	9,730	3,385E-05	5,139E-05	8,524E-05	5,679E-07	0,880	1,637	1,637	1,003	1	1,637	0,880	1
60	10	18,860	10	2,930	2,651E-05	1,706E-04	1,972E-04	5,026E-07	0,867	3,275		2,005	2	1,638	0,867	1
61	10	17,000	10	6,810	2,941E-05	7,342E-05	1,028E-04	5,293E-07	0,873	1,818	1,818	1,113	1	1,818	0,873	1
62	10	11,180	10	5,680	4,472E-05	8,803E-05	1,328E-04	6,527E-07	0,894	3,001		1,837	2	1,500	0,894	1
63	10	15,480	10	8,470	3,230E-05	5,903E-05	9,133E-05	5,547E-07	0,878	1,706	1,706	1,045	1	1,706	0,878	1
64	10	7,470	10	9,250	6,693E-05	5,405E-05	1,210E-04	7,985E-07	0,912	3,445		2,109	2	1,722	0,912	1
65	10	10,930	10	17,130	4,575E-05	2,919E-05	7,493E-05	6,602E-07	0,895	1,716	1,716	1,051	1	1,716	0,895	1
66	10	10,600	10	17,280	4,717E-05	2,894E-05	7,610E-05	6,704E-07	0,897	1,774	1,774	1,086	1	1,774	0,897	1
67	10	15,380	10	7,820	3,251E-05	6,394E-05	9,645E-05	5,565E-07	0,878	1,809	1,809	1,108	1	1,809	0,878	1

Tabelle 1: Excel-Tabelle des Versuchs

3. Auswertung

Wir wollen nun überprüfen, ob die Excel-Tabelle auch die richtigen Werte berechnet. Dafür suchen wir uns Stichprobenartig einen Wert aus, und rechnen v_f, v_s, r_0, $f(r_0)$ und q berechnen und schauen, ob es mit der Excel-Tabelle übereinstimmt.

Wir berechnen es für Messung 31

Die Dauer um $s = 10$ skt, also $s = 5 \cdot 10^{-4}$ m zu fallen betrug hier $t_f = 20,870$ s und um die Distanz zu steigen waren es $t_s = 6,5$ s

Demnach berechnet sich v_f als $v_f = \frac{s}{t_f} = 2,396 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}$, was so auch in der Tabelle steht. v_s berechnen wir als $v_s = \frac{s}{t_s} = 7,692 \cdot 10^{-5} \frac{m}{s}$

Auch hier stimmt die Excel-Tabelle.

r_0 berechnen wir mit (8) als

$$r_0 = \sqrt{\frac{g \eta_{Luft} v_f}{2g(\rho_{Öl} - \rho_{Luft})}} = 4,778 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

was um 10^{-10} größer ist als der Wert aus der Tabelle, was aber daran liegen kann, dass ich mit gerundetem v_f gerechnet habe.

$f(r_0)$ ist nach Formel (8)

$$f(r_0) = \frac{1}{1 + \frac{b}{r_0 p}} = 0,861$$

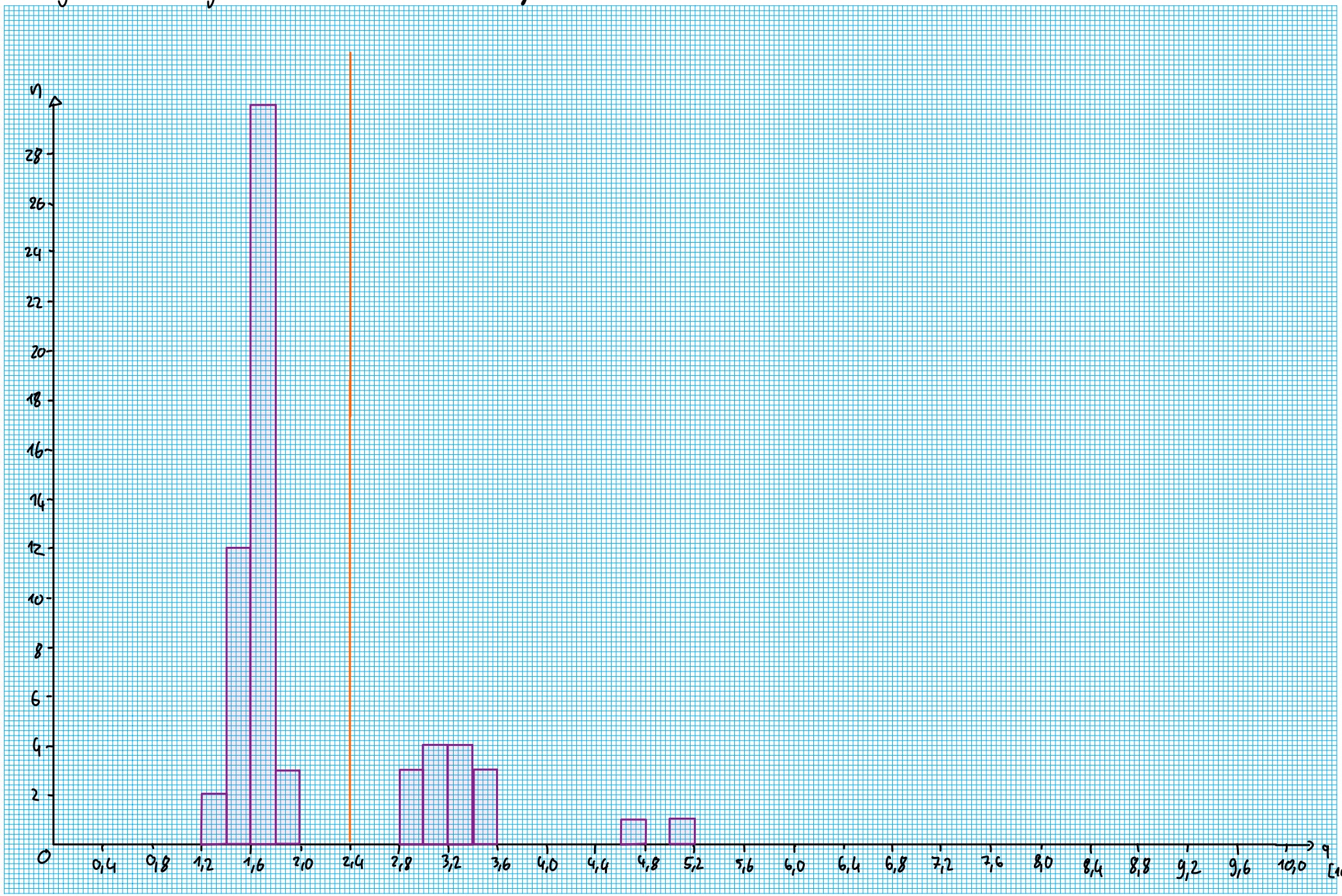
Zuletzt rechnen wir noch q aus mit Formel (9)

also: $$q = (v_f + v_s) \sqrt{\frac{g}{2} \frac{v_f \eta_{Luft}^3}{g \cdot (\rho_{Öl} - \rho_{Luft})}} \frac{6\pi d}{U} = 1,5769 \text{ C}$$

Also hat Excel alle Werte bis auf eine minimale Abweichung, die Vermutlich meine Schuld war, identisch zu mir ausgerechnet. Wir können den Rechnungen also trauen und werden die Werte weiter verwenden.

Aufgabe 2:

Diagramm 1: Histogramm der Messwerte der Ladungen



Aufgabe 3: Überprüfung der Obergrenze einer Elementarladung

Die Excel-Tabelle gibt als Obergrenze für eine Elementarladung $2{,}4 \cdot 10^{-19}\,C$ an. Ich habe die Grenze in orange in Diagramm 1 eingezeichnet. Man sieht, dass der Wert durchaus sehr sinnvoll gewählt ist, da er genau in der Mitte zwischen den 1e und 2e Hügeln liegt. Also vermeidet diese Grenze am effektivsten Fehleinstufungen.

Aufgabe 4:

Um uns zu erklären, wie die Vorfaktoren zustande kommen, schauen wir uns an, wie ein Relativfehler allgemein berechnet wird. Der Relativfehler einer Funktion $f(a_1, a_2, a_3) = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$ lässt sich allgemein berechnen als $\frac{\Delta f}{f} = \sqrt{\left(\frac{\Delta a_1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a_2}{a_2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a_3}{a_3}\right)^2}$

Sind in der Funktion nun Exponenten, wie $f(a_1, a_2, a_3) = a_1^{b_1} \cdot a_2^{b_2} \cdot a_3^{b_3}$ ändert sich der Relativfehler zu:

$$\frac{\Delta f}{f} = \sqrt{\left(b_1 \frac{\Delta a_1}{a_1}\right)^2 + \left(b_2 \frac{\Delta a_2}{a_2}\right)^2 + \left(b_3 \frac{\Delta a_3}{a_3}\right)^2}$$

Schauen wir uns nun unsere Formel für q an, stellen wir fest, dass $q \propto \sqrt{p}$, $q \propto \eta^{\frac{3}{2}}$, $q \propto d$, $q \propto U$, $q \propto s^{\frac{3}{2}}$ (Aufgrund der Geschwindigkeiten v_f und v_s)

Wir berechnen also nun die Brüche die benötigt werden.

	s	p	η	d	U
Fehler Bestimmt	0,026	0,005	0,02	0,008	0,005

Δq ist laut der Formel der Aufgabe also ca. $\Delta q = 0{,}081 \cdot 10^{-19}\,C$

Dabei haben wir für q den Mittelwert aus der Excel-Tabelle genommen.

Aufgabe 5 Berechnung des Standardfehlers der Einzelmessung

Um den Fehler der Einzelmessung abzuschätzen, tragen wir die ersten 5 Werte der Tabelle in unseren Taschenrechner ein, und lassen uns nach $E = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$ den Einzelfehler ausgeben: $E = 0{,}06 \cdot 10^{-19}$ C

Die Exceltabelle widerum gibt diesen als $E = 0{,}109 \cdot 10^{-19}$ C an. Das Liegt daran, dass die Excel tabelle diesen Wert mit allen 67 Messungen berechnet hat, und somit die Schwankung viel größer werden kann.

4. Zusammenfassung und Diskussion

Bei diesem Versuch haben wir anhand der Geschwindigkeit die Elementarladung bestimmt. Wir haben Messungen nach Millikan durchgeführt und diese in eine Excel-Tabelle eingetragen. Wir haben uns davon überzeugt, dass diese die Werte für q nach der richtigen Formel berechnet und Ladungen akkurat als 1e, 2e, 3e etc. Ladungen eingeteilt werden. Zuletzt haben wir uns noch den Standardfehler der Einzelmessung angeschaut und gemerkt, dass dieser mit mehr Messungen größer wurde.

Vergleichen wir nun unseren Wert für e mit dem Literaturwert von $e = 1{,}602176634 \cdot 10^{-19}$ C (Quelle: Wikipedia), erhalten wir eine 0,71 σ - Abweichung was keine signifikante Abweichung darstellt. Unser Messwert ist also ziemlich nah am Literaturwert. Der größte Fehler hier ist vermutlich durch unsere Reaktionszeit entstanden und dadurch, dass die Öltröpfchen manchmal doch relativ verschwommen waren und es so nicht einfach war, eine Distanz von genau 10 skt zu messen.

Alles in allem bin ich jedoch sehr zufrieden mit unserer Messung. alle Messwerte befinden sich halbwegs nah am Echtwert, also haben wir keine wirklich gravierenden Messungen gemacht. Eine σ-Abweichung von 0,71 kann sich sehen lassen finde ich.

Für eine erneute Durchführung hätte ich keine wirklichen Verbesserungsvorschläge, außer vielleicht ausgeschlafener zu sein, da der dunkle Raum dann doch dazu beigetragen hat, dass meine Aufmerksamkeit nicht mehr bei 100 % war.