

VERSUCH 503

Der Millikan-Öltröpfchenversuch

Tabea Hacheney
tabea.hacheney.tu-dortmund.de

Bastian Schuchardt
bastian.schuchardt@tu-dortmund.de

Durchführung: 07.06.2022

Abgabe: 14.06.2022

TU Dortmund – Fakultät Physik

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung	3
2 Theorie	3
3 Versuchsaufbau	4
4 Durchführung	5
5 Auswertung	6
5.1 Überprüfung der Aussagekraft der Messwerte	6
5.2 Bestimmung der Ladung und des Radius der Öltröpfchen	8
5.3 Bestimmung der Elementarladung	9
5.4 Berechnung der Avogadro-Konstante	10
6 Diskussion	11
Anhang	11
Literatur	18

1 Zielsetzung

In diesem Versuch soll unter Ausnutzung eines elektrischen Feldes und der Gravitation die Elementarladung e_0 bestimmt werden.

2 Theorie

Beim Zerstäuben von Öltröpfchen werden diese durch die gegenseitige Reibung aneinander elektrisch geladen. Wenn diese geladenen Tröpfchen nun in ein elektrisches Feld \vec{E} gebracht werden, wirkt eine elektrische Kraft entlang des Feldes auf das Tröpfchen.

Um ein möglichst homogenes Feld zu erzeugen, kann man einen Plattenkondensator verwenden. Je nach Ladung q des Tröpfchens, verspürt dieses zu der positiv oder negativ geladenen Platte eine Kraft. Ein positiv geladenes Tröpfchen wird zu der negativ geladenen Platte hin beschleunigt und ein negativ geladenes zu der positiv geladenen Platte.

Da das Tröpfchen eine Masse m besitzt, wirkt neben einer elektrischen Kraft $\vec{F}_{\text{el}} = q \cdot \vec{E}$ auch die Gravitationskraft $\vec{F}_g = m\vec{g}$ auf dieses. Dadurch wird das Teilchen nach unten beschleunigt. Durch diese Fallbewegung entstehen Stöße mit den Luftmolekülen und das Tröpfchen wird durch die Stokesche Reibungskraft

$$\vec{F}_R = -6\pi r \mu_L \vec{v} \quad (1)$$

entgegen der Gravitationskraft beschleunigt und somit abgebremst. r ist hier der Radius des Tröpfchens und μ_L die Viskosität der Luft.

Nach einer Zeit ist die Reibung genauso stark wie die Beschleunigung nach unten und es stellt sich eine Gleichgewichtsgeschwindigkeit \vec{v}_0 ein. Die Kräftegleichung ohne elektrisches Feld ergibt sich zu

$$\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho_{\text{Öl}} - \rho_L) g = 6\pi \mu_L r v_0.$$

Nach Umstellen ergibt sich somit der Radius des Öltröpfchens zu

$$r = \sqrt{\frac{9\mu_L v_0}{2g(\rho_{\text{Öl}} - \rho_L)}}.$$

Wenn man die geladenen Tröpfchen nun in das E-Feld bringt, wirkt eine elektrische Kraft auf diese, wodurch das Teilchen entweder nach oben oder unten beschleunigt wird und dieses sich dadurch nicht mehr mit einer Geschwindigkeit v_0 bewegt.

Für die neue Kräftegleichung folgt dann:

$$\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho_{\text{Öl}} - \rho_L) g - 6\pi \mu_L r v_{\text{ab}} = -qE. \quad (2)$$

v_{ab} ist die resultierende Sinkgeschwindigkeit des Tröpfchens.

Wenn das elektrische Feld nun umgepolt wird, erfährt das Tröpfchen eine Auftriebskraft und es folgt

$$\frac{4\pi}{3} r^3 (\rho_{\text{Öl}} + \rho_L) g + 6\pi \mu_L r v_{\text{auf}} = +qE. \quad (3)$$

Aus Gleichung 2 und Gleichung 3 kann dann die Ladung q und der Radius r des Tröpfchens bestimmt werden. Die besagten Größen können durch die Gleichungen

$$q = 3\pi\mu_L \sqrt{\frac{9}{4} \frac{\mu_L}{g} \frac{(v_{ab} - v_{auf})}{(\rho_{öl} - \rho_L)} \frac{(v_{ab} + v_{auf})}{E}} \quad (4)$$

und

$$r = \sqrt{\frac{9}{2} \frac{\mu_L}{g} \frac{(v_{ab} - v_{auf})}{(\rho_{öl} - \rho_L)}} \quad (5)$$

bestimmt werden.

Da die Öltröpfchen kleiner sind als die mittlere freie Weglänge der Luft \bar{l} , lässt sich das Gesetz von Stokes nicht anwenden. Stattdessen muss bei der Ladung q für die Viskosität der Luft μ_L ein Korrekturterm verwendet werden:

$$\mu_{\text{eff}} = \mu_L \left(\frac{1}{1 + A \frac{1}{r}} \right) = \mu_L \left(\frac{1}{1 + B \frac{1}{pr}} \right) \quad (6)$$

B ist eine Konstante mit dem Wert $B = 6,17 \cdot 10^{-3} \text{ Torr} \cdot \text{cm}$. Für die korrigierte Ladung q gilt dann

$$q^{2/3} = q_0^{2/3} (1 + B/(p \cdot r)). \quad (7)$$

[4]

3 Versuchsaufbau

Der Aufbau besteht aus einer Kammer mit einem Plattenkondensator und einer kleinen Öffnung an der Oberseite. Die Oberseite dient dem Einfügen von zerstäubten Öltröpfchen. Die Plattenkondensatorplatten haben einen Abstand von $d = (7,6250 \pm 0,0051) \text{ mm}$.

Um die Tröpfchen gut sichtbar zu machen, werden diese seitlich von einer Halogenlampe angestrahlt. Mit einem Thermowiderstand wird die Temperatur der Luft in der Kammer kontrolliert. Dieser Widerstand kann an einem Multimeter abgelesen werden. Die Spannung zwischen den zwei Kondensatorplatten kann ebenfalls an einem Multimeter abgelesen werden.

Durch das Zerstäuben sind die meisten Öltröpfchen geladen, manche allerdings nicht. Diese können durch ein schwach radioaktives α -Präparat ionisiert werden. Das Präparat kann man mithilfe eines Schalters abschirmen oder aktivieren.

Mithilfe eines Schalters kann die Polung der Kondensatorplatten verändert werden. Mit einer Libelle kann überprüft und eingestellt werden, ob die Apparatur gerade steht. Mit einem Mikroskop können die Tröpfchen beobachtet werden.

Die Apparatur ist in der Abbildung 1 zu sehen.

Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Versuchsanordnung zum Millikan-Öltröpfchen-Versuch.[4]



4 Durchführung

Zunächst wird überprüft ob die Apparatur waagrecht steht. Das erfolgt mithilfe der Libelle. Dann werden die Platten geerdet und Öltröpfchen in die Kammer gesprüht. Mithilfe des Mikroskops wird während des Einsprühens überprüft, wie viele Tröpfchen in die Kammer geraten. Bei zu vielen Tröpfchen gibt es zu viele Stöße zwischen diesen.

Bei fünf verschiedenen Spannung werden nun fünf verschiedene Tröpfchen observiert. Es werden jeweils die Zeiten notiert, die ein Tröpfchen zum Aufsteigen einer festgelegten Strecke und zum Absinken dieser Strecke benötigt. Die Aufstiegszeit und Abstiegszeit wird jeweils drei Mal gemessen. Bei jedem Tröpfchen wird vorher der Thermowiderstand gemessen.

Für die Spannungen werden 150 V, 170 V, 190 V, 210 V und 240 V verwendet. Durch das Umpolen mithilfe des Schalters werden die Tröpfchen immer in einer Aufwärtsbewegung beziehungsweise Fallbewegung gebracht.

Durch gemessenen Werte für den Thermowiderstand kann man anhand der Tabelle in Abbildung 3 auf die Temperatur schließen.

5 Auswertung

5.1 Überprüfung der Aussagekraft der Messwerte

Die Messwerte für die Spannungen von 150 V, 170 V, 190 V, 210 V und 240 V sind Tabelle 1, Tabelle 2 und Tabelle 3 zu finden. Die gemessenen Thermistorwiderstände sind im Bereich von 1,895 M Ω bis 1,922 M Ω , so dass nach der im Anhang angegebenen Abbildung 3 für Thermistorwiderstände die Temperatur zu $T \approx 27^\circ\text{C} = 301,5\text{ K}$ ablesbar ist. Es wurden nur Tröpfchen untersucht, die keine Geschwindigkeit ohne angelegtes E-Feld haben, so dass die Messung von t_0 nicht notwendig ist. Die einzige Bewegung die die Tröpfchen aufgewiesen haben lässt sich durch die Brownsche Molekülbewegung erklären und ist für v_0 nicht von Relevanz, so dass sich für alle Tröpfchen $v_0 = 0\text{ mm/s}$ ergibt.

Tabelle 1: Messwerte für $U = 150\text{ V}$ und $U = 170\text{ V}$.

Tröpfchen	t_{ab}/s	t_{auf}/s	Tröpfchen	t_{ab}/s	t_{auf}/s
1	5,50	6,84	1	3,05	3,70
	5,89	7,35		3,66	3,63
	5,54	5,70		3,40	3,55
2	3,89	3,71	2	3,02	2,42
	3,13	3,87		2,41	3,32
	3,86	5,21		2,31	2,71
3	2,32	2,72	3	3,59	10,57
	2,99	1,81		4,14	11,45
	2,35	2,91		4,28	10,04
4	3,72	4,98	4	3,80	5,90
	4,40	5,16		3,81	5,95
	4,14	5,14		3,62	5,76
5	5,68	6,26	5	4,15	4,90
	5,58	5,96		4,34	4,83
	5,37	5,72		4,21	4,79

Die Tröpfchen haben bei den gemessenen Zeiten einen Abstand von $s = 0,5\text{ mm} = 0,05\text{ cm}$ zurückgelegt, so dass sich aus den t_{ab} und t_{auf} die Geschwindigkeiten v_{ab} und v_{auf} bestimmen lassen. Um sicher zu stellen, dass die Ladung sich während der Messung nicht geändert hat, wird überprüft, ob

$$2v_0 \approx v_{\text{ab}} - v_{\text{auf}}$$

gilt. Mit v_0 ergibt sich

$$0 \approx v_{\text{ab}} - v_{\text{auf}}$$

Die ermittelten Werte sind in Tabelle 4 zu finden. Insgesamt lässt sich fest stellen, dass für die meisten Geschwindigkeitsdifferenzen der Tröpfchen in einem Intervall, das Null

Tabelle 2: Messwerte für $U = 190\text{ V}$ und $U = 210\text{ V}$.

Tröpfchen	t_{ab}/s	t_{auf}/s	Tröpfchen	t_{ab}/s	t_{auf}/s
1	2,37	1,52	1	3,30	3,41
	1,97	2,02		2,80	3,28
	1,95	2,13		3,36	3,48
2	2,19	2,67	2	2,04	2,37
	2,25	2,44		2,25	2,25
	2,31	1,64		2,19	2,03
3	4,53	4,44	3	3,66	5,19
	4,53	4,88		3,53	5,09
	3,81	4,53		3,50	4,81
4	2,87	2,76	4	4,80	3,34
	2,67	2,99		3,64	3,63
	2,47	2,61		3,72	3,88
5	9,11	12,91	5	2,13	1,03
	6,39	7,30		1,31	1,56
	5,07	6,50		1,60	1,81

Tabelle 3: Messwerte für $U = 240\text{ V}$.

Tröpfchen	t_{ab}/s	t_{auf}/s
1	1,75	1,95
	2,24	2,14
	2,35	2,51
2	2,33	6,03
	3,66	5,51
	3,19	6,22
3	1,78	1,25
	1,35	1,57
	1,88	1,61
4	1,79	2,19
	1,79	1,95
	2,19	2,40
5	2,24	2,75
	2,36	2,79
	2,46	2,77

mit einschließt, liegen. Die Geschwindigkeitsdifferenzen der Tröpfchen, für die das nicht gilt, sind so nah dran, dass trotzdem die Bedingung gilt. Lediglich die Werte bei denen die Geschwindigkeitsdifferenz negativ ist werden nicht verwendet, da mit ihnen keine Auswertung möglich ist.

Tabelle 4: Geschwindigkeiten der Tröpfchen.

Tröpfchen	$v_{\text{ab}}/10^{-5}\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$v_{\text{auf}}/10^{-5}\frac{\text{m}}{\text{s}}$	$(v_{\text{ab}} - v_{\text{auf}})/10^{-5}\frac{\text{m}}{\text{s}}$
1	$8,86 \pm 0,28$	$7,50 \pm 8,00$	$1,30 \pm 0,80$
2	$13,80 \pm 1,30$	$11,70 \pm 1,90$	$2,10 \pm 2,30$
3	$19,60 \pm 2,40$	$20,00 \pm 4,00$	$-1,00 \pm 5,00$
4	$12,20 \pm 0,80$	$09,82 \pm 0,16$	$2,40 \pm 0,90$
5	$09,02 \pm 0,21$	$08,36 \pm 0,31$	$0,70 \pm 0,40$
6	$14,80 \pm 1,10$	$13,79 \pm 0,23$	$1,10 \pm 1,10$
7	$19,40 \pm 2,40$	$17,80 \pm 2,40$	$1,60 \pm 3,30$
8	$12,50 \pm 0,90$	$04,68 \pm 0,25$	$7,80 \pm 1,00$
9	$13,36 \pm 0,31$	$08,52 \pm 0,12$	$4,84 \pm 0,33$
10	$11,81 \pm 0,22$	$10,33 \pm 0,10$	$1,48 \pm 0,24$
11	$23,80 \pm 2,20$	$26,00 \pm 4,00$	$-3,00 \pm 4,00$
12	$22,20 \pm 0,50$	$22,00 \pm 4,00$	$0,00 \pm 4,00$
13	$11,70 \pm 0,90$	$10,80 \pm 0,40$	$0,80 \pm 1,00$
14	$18,70 \pm 1,10$	$17,90 \pm 1,00$	$0,80 \pm 1,50$
15	$07,30 \pm 1,80$	$05,60 \pm 1,80$	$1,70 \pm 2,50$
16	$15,90 \pm 1,30$	$14,70 \pm 0,40$	$1,10 \pm 1,30$
17	$23,10 \pm 0,90$	$22,60 \pm 1,40$	$0,60 \pm 1,70$
18	$14,03 \pm 0,27$	$09,94 \pm 0,32$	$4,10 \pm 0,40$
19	$12,30 \pm 1,60$	$13,80 \pm 0,80$	$-1,50 \pm 1,80$
20	$30,00 \pm 6,00$	$34,00 \pm 8,00$	$-4,00 \pm 10,00$
21	$23,70 \pm 2,90$	$22,70 \pm 2,40$	$1,00 \pm 10,00$
22	$16,30 \pm 2,90$	$08,40 \pm 0,40$	$7,90 \pm 4,00$
23	$30,00 \pm 4,00$	$34,00 \pm 4,00$	$-4,00 \pm 3,00$
24	$26,00 \pm 2,50$	$22,90 \pm 1,90$	$3,10 \pm 6,00$
25	$21,20 \pm 0,80$	$18,05 \pm 0,11$	$3,20 \pm 0,80$

5.2 Bestimmung der Ladung und des Radius der Öltröpfchen

Aus Gleichung 4 und Gleichung 5 lassen sich nun die Ladungen und der Radius der Tröpfchen bestimmen. Die Viskosität der Luft lässt sich aus der im Anhang angegebenen Abbildung 4 zu $\eta_{\text{L}} = 1,8575 \cdot 10^{-5} \text{Ns/m}^2$ ablesen. Die Dichte der Luft beträgt $\rho_{\text{L}} = 1,204 \text{kg/m}^3$ und die für Öl beträgt $\rho_{\text{I}} = 886 \text{kg/m}^3$. Die Viskosität wird in Gleichung 5 und Gleichung 4 durch die Korrektur nach Cunningham in Gleichung 6 bestimmt. Die elektrische Feldstärke des Plattenkondensators lässt sich aus dem Zusammenhang $E = \frac{U}{d}$

mit $d = (7,6250 \pm 0,0051)$ mm bestimmen. Die korrigierte Ladung ergibt sich aus Gleichung 7. Die ermittelten Werte sind in Tabelle 5 abgebildet.

Tabelle 5: Radien, Ladungen und korrigierte Ladungen der Tröpfchen.

Tröpfchen	U/V	$r/10^{-7}\text{m}$	$q/10^{-19}\text{C}$	$q_{\text{korr}}/10^{-19}\text{C}$
1	150	$3,60 \pm 1,10$	$1,3 \pm 0,4$	$1,77 \pm 0,34$
2	150	$4,50 \pm 2,50$	$2,5 \pm 1,3$	$3,20 \pm 1,30$
3	150	—	—	—
4	150	$4,80 \pm 0,90$	$2,4 \pm 0,5$	$3,00 \pm 0,50$
5	150	$2,50 \pm 0,70$	$9,7 \pm 2,7$	$1,48 \pm 0,26$
6	170	$3,20 \pm 1,70$	$1,8 \pm 1,0$	$2,50 \pm 1,00$
7	170	$4,00 \pm 4,00$	$2,9 \pm 3,0$	$3,80 \pm 2,90$
8	170	$8,70 \pm 0,50$	$2,92 \pm 0,33$	$3,34 \pm 0,35$
9	170	$6,83 \pm 0,23$	$2,93 \pm 0,14$	$3,47 \pm 0,14$
10	170	$3,78 \pm 0,31$	$1,64 \pm 0,15$	$2,20 \pm 0,15$
11	190	—	—	—
12	190	—	—	—
13	190	$2,80 \pm 1,70$	$1,1 \pm 0,7$	$1,60 \pm 0,70$
14	190	$2,70 \pm 2,70$	$1,8 \pm 1,7$	$2,60 \pm 1,70$
15	190	$4,00 \pm 3,00$	$0,9 \pm 0,7$	$1,20 \pm 0,70$
16	210	$3,30 \pm 1,90$	$1,6 \pm 1,0$	$2,20 \pm 1,00$
17	210	$2,40 \pm 3,50$	$1,7 \pm 2,5$	$2,70 \pm 2,40$
18	210	$6,28 \pm 0,32$	$2,39 \pm 0,12$	$2,87 \pm 0,12$
19	210	—	—	—
20	210	—	—	—
21	240	$3,00 \pm 6,00$	$2,0 \pm 4,0$	$3,00 \pm 4,00$
22	240	$8,70 \pm 1,60$	$3,0 \pm 0,9$	$3,40 \pm 1,00$
23	240	—	—	—
24	240	$5,40 \pm 2,80$	$3,7 \pm 2,0$	$4,60 \pm 2,00$
25	240	$5,50 \pm 0,70$	$3,0 \pm 0,4$	$3,70 \pm 0,50$

5.3 Bestimmung der Elementarladung

Die korrigierten Ladungen sind in Abbildung 2 dargestellt. Die Elementarladung ist dabei der größte gemeinsame Teiler der Ladungen. Die Nummerierung der Messungen wird wie in Tabelle 4 beibehalten, so dass nach 5 Messwerten die Spannung erhöht wird und eine neue Messreihe begonnen wird. Um den größten gemeinsamen Teiler zu bestimmen, wird nun der minimale Abstand der bestimmten Ladungen einer Messreihe, der größer als $1 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ist, da der größte gemeinsame Teiler für fehlerbehaftet nicht ganzzahlige Größen nicht bestimmbar ist. Anschließend werden die ermittelten Werte für e_0 und $e_{0,\text{korr.}}$ gemittelt. Die bestimmten Elementarladungen für die Ladung und die korrigierte Ladung sind in Tabelle 6 abgebildet. Für die vierte Messreihe lässt sich dabei weder ein

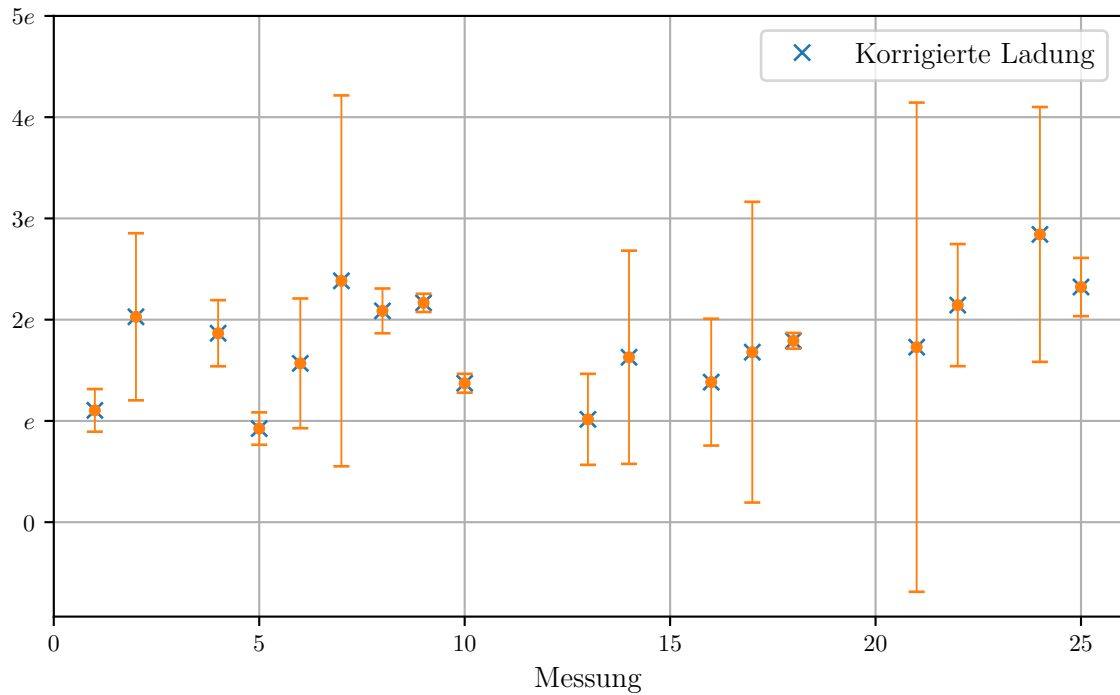


Abbildung 2: Korrigierte Ladungen.

e_0 noch ein $e_{0,\text{kor}}r$ bestimmen und für die dritte Messreihe lässt sich kein e_0 bestimmen.

Tabelle 6: Elementarladungen mit und ohne Korrektur nach Cunningham und deren Mittelwerte.

Messreihe	U/V	$e_0/10^{-19}C$	$e_{0,\text{kor}}r/10^{-19}C$
1	150	$1,1 \pm 0,6$	$1,2 \pm 0,6$
2	170	$1,1 \pm 1,1$	$1,1 \pm 0,4$
3	190		$1,0 \pm 1,8$
4	210		
5	240	1 ± 4	$2,0 \pm 4,0$
Mittelwert		$1,1 \pm 1,4$	$1,3 \pm 1,2$

5.4 Berechnung der Avogadro-Konstante

Die Avogadrokonstante ist durch

$$N_A = \frac{F}{e_0}$$

definiert. Dabei ist die F die Faradykonstante und beträgt $F = (96.485, 3399 \pm 0, 0024) \frac{\text{C}}{\text{mol}}$ [2]. Mit $e_{0,\text{korrr}}$ eingesetzt ergibt sich

$$N_A = (8 \pm 7) \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}.$$

6 Diskussion

In Tabelle 7 sind die Elementarladung in unkorrigierter und korrigierter Form und die Avogadrokonstante angegeben. Weiterhin sind noch die entsprechenden Literaturwerte und deren Abweichungen gegeben. Der Literaturwert für die Elementarladung beträgt $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ [3] und der der Avogadrokonstante $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ [1]. Insgesamt

Tabelle 7: Experimentell bestimmte Größen, deren Literaturwerte und Abweichungen zum Literaturwert.

Größe	Experimentell	Literaturwert	Relative Abweichung
e_0	$(1,1 \pm 1,4) \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	45,64 %
$e_{0,\text{korrr}}$	$(1,3 \pm 1,2) \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	23,23 %
N_A	$(8 \pm 7) \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$	$6,022 \cdot 10^{23}$	32,85 %

lässt sich feststellen, dass die Korrektur nach Cunningham für eine wesentlich kleinere relative Abweichung zum Theoriewert für die Elementarladung sorgt. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die bestimmten Ladungen der Tröpfchen große Unsicherheiten aufweisen, die sich durch verschiedene systematische Fehler erklären lassen. So ist zu bemerken, dass alle Zeiten durch eine Stoppuhr, die nicht von der Person, die durch die Kamera gesehen hat, aufgenommen wurde, so dass die Reaktionszeit zweier Personen mit einbezogen werden muss. Außerdem haben die Tröpfchen im E-Feld nicht nur eine vertikale Komponente der Geschwindigkeit, sondern bewegen sich auch horizontal fort. Einige Tröpfchen sind nach kurzer Zeit nicht mehr im Fokus der Apparatur oder stoßen mit anderen Tröpfchen, so dass sich ihre Geschwindigkeit ändert. Da die Avogadrokonstante aus $e_{0,\text{korrr}}$ bestimmt wird gilt die gleiche Argumentation für die relative Abweichung zum Theoriewert der Avogadrokonstante. In Anbetracht der diskutierten Fehlerquellen sind die relativen Abweichungen verhältnismäßig gering, so dass das Experiment zufriedenstellende Ergebniss geliefert hat.

Anhang

T [°C]	R [MΩ]	T [°C]	R [MΩ]	T [°C]	R [MΩ]
10	3.239	20	2.300	30	1.774
11	3.118	21	2.233	31	1.736
12	3.004	22	2.169	32	1.700
13	2.897	23	2.110	33	1.666
14	2.795	24	2.053	34	1.634
15	2.700	25	2.000	35	1.603
16	2.610	26	1.950	36	1.574
17	2.526	27	1.902	37	1.547
18	2.446	28	1.857	38	1.521
19	2.371	29	1.815	39	1.496

Abbildung 3: Thermistor-Widerstandstabelle [4].

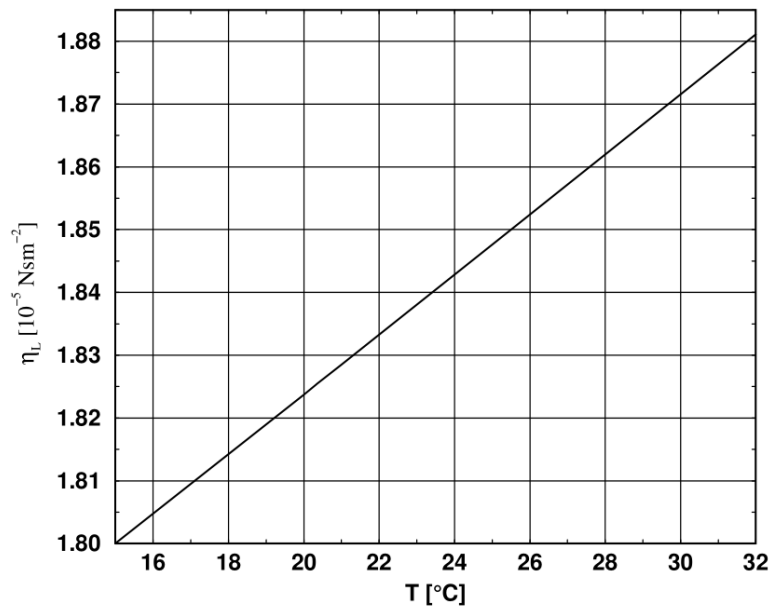


Abbildung 4: Viskosität der Luft in Abhängigkeit der Temperatur [4].

VSO3

- Dicke Linien sind 0,5mm auseinander
- jedes Kästchen ist 0,1mm

A. K.

Spannung 1 150 V

Tropfen 1 1,922 MΩ

Auf	Auf	1,1	1,1	5,5
Ab	12,34		16,84	
Auf	18,23		15,89	
Ab	25,58		17,35	
Auf	31,12		15,54	
Ab	36,82		15,70	

Tropfen 2 1,919 MΩ

Zeitdifferenzen

Auf	3,89	1,1
Ab	7,10	13,71
Auf	10,23	13,13
Ab	14,10	13,87
Auf	17,96	13,86
Ab	23,17	15,21

Tropfen 3 1,918 MΩ

Auf	2,82	1,1
Ab	5,88	2,72
Auf	8,60	2,99
Ab	11,53	1,81
Auf	13,40	2,35
Ab	15,75	2,91

Tropfen 4 1,918 MΩ

Auf	3,72	1,1
Ab	8,70	4,98
Auf	13,10	4,40
Ab	18,26	5,16
Auf	22,40	4,14
Ab	27,54	5,14

Tropfen 5 1,918 MΩ

Auf	5,68	1,1
Ab	11,94	6,26
Auf	17,52	5,58
Ab	23,48	5,96
Auf	28,85	5,87
Ab	34,57	5,72

Abbildung 5: Messwerte der ersten Spannung.

Spannung 2 170 V		
Festlegen		
Tropfen 1 1,916 MΩ		
Auf	5,05	///
Ab	6,75	3,70
Auf	10,41	3,66
Ab	14,04	3,63
Auf	17,44	3,40
Ab	20,99	3,55
Tropfen 2 1,915 MΩ		
Auf	3,02	///
Ab	5,91	2,42
Auf	8,33	2,41
Ab	10,74	3,32
Auf	14,06	2,51
Ab	16,37	2,71
Tropfen 3 1,914 MΩ		
Auf	3,59	///
Ab	14,16	10,57
Auf	18,80	4,14
Ab	29,75	11,45
Auf	34,03	4,28
Ab	44,07	10,04
Tropfen 4 1,913 MΩ		
Auf	3,80	///
Ab	9,70	5,90
Auf	13,51	3,81
Ab	19,46	5,95
Auf	23,08	3,62
Ab	28,84	5,76
Tropfen 5 1,913 MΩ		
Auf	4,15	///
Ab	9,05	4,9
Auf	13,39	4,34
Ab	18,22	4,83
Auf	22,43	4,21
Ab	27,22	4,79

Abbildung 6: Messwerte der zweiten Spannung.

Spannung 3 190 V		
<u>Tröpfchen 1</u> 1,911 MΩ		
Auf	2,57	///
Ab	3,89	1,52
Auf	5,86	1,97
Ab	7,88	2,02
Auf	9,83	1,95
Ab	11,96	2,13
<u>Tröpfchen 2</u> 1,913 MΩ		
Auf	2,19	2,67 ///
Ab	4,86	2,25 2,67
Auf	7,11	2,44 2,25
Ab	9,55	2,81 2,44
Auf	11,86	4,69 2,81
Ab	13,25	4,69 1,69
<u>Tröpfchen 3</u> 1,909 MΩ		
Auf	4,53	///
Ab	8,97	4,44
Auf	13,50	4,53
Ab	18,38	4,88
Auf	22,19	3,81
Ab	26,72	4,53
<u>Tröpfchen 4</u> 1,908 MΩ		
Auf	2,87	///
Ab	5,63	2,76
Auf	8,3	2,67
Ab	11,29	2,99
Auf	13,76	2,47
Ab	16,57	2,61
<u>Tröpfchen 5</u> 1,908 MΩ		
Auf	9,11	///
Ab	22,02	12,91
Auf	28,41	6,39
Ab	35,71	7,30
Auf	40,78	5,07
Ab	47,28	6,5

Abbildung 7: Messwerte der dritten Spannung.

Spannung 4		210V
<u>Tröpfchen 1</u>		1,901 M Ω
Auf	3,30	///
Ab	6,71	3,41
Auf	9,51	2,86
Ab	12,79	3,28
Auf	16,15	3,36
Ab	19,63	3,48
<u>Tröpfchen 2</u>		1,901 M Ω
Auf	2,04	///
Ab	4,41	2,37
Auf	6,66	2,25
Ab	8,91	2,25
Auf	11,10	2,19
Ab	13,13	2,03
<u>Tröpfchen 3</u>		1,901 M Ω
Auf	5,66	///
Ab	8,85	5,19
Auf	12,38	3,53
Ab	17,47	5,09
Auf	20,97	3,50
Ab	25,78	4,81
<u>Tröpfchen 4</u>		1,900 M Ω
Auf	9,80	///
Ab	8,14	3,54
Auf	11,78	3,64
Ab	15,41	3,63
Auf	19,13	3,72
Ab	23,01	3,88
<u>Tröpfchen 5</u>		1,899 M Ω
Auf	2,13	///
Ab	3,16	1,03
Auf	4,47	1,31
Ab	6,03	1,56
Auf	7,63	1,60
Ab	9,44	1,81

<u>Spannung 5</u>		240 V
<u>Tröpfchen 1</u>	1,898	$\mu\Omega$
Auf	1,75	////
Ab	3,70	1,95
Auf	5,94	2,24
Ab	8,08	2,14
Auf	10,43	2,35
Ab	12,94	2,51
<u>Tröpfchen 2</u>	1,897	$\mu\Omega$
Auf	2,33	////
Ab	8,86	6,03
Auf	12,02	3,66
Ab	17,53	5,51
Auf	20,72	3,19
Ab	26,94	6,22
<u>Tröpfchen 3</u>	1,897	$\mu\Omega$
Auf	1,78	////
Ab	3,03	1,25
Auf	4,38	1,35
Ab	5,95	1,57
Auf	7,88	1,88
Ab	9,44	1,61
<u>Tröpfchen 4</u>	1,896	$\mu\Omega$
Auf	1,79	////
Ab	3,98	2,19
Auf	5,77	1,79
Ab	7,72	1,85
Auf	9,91	2,19
Ab	12,31	2,40
<u>Tröpfchen 5</u>	1,895	$\mu\Omega$
Auf	2,24	////
Ab	4,99	2,75
Auf	7,35	2,36
Ab	10,14	2,79
Auf	12,60	2,46
Ab	15,37	2,77

Abbildung 9: Messwerte der fünften Spannung.

Literatur

- [1] *Avogadro-Konstante*. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Avogadro-Konstante.html> (besucht am 12.06.2022).
- [2] *chemie.de. Faraday-Konstante*. URL: <https://www.chemie.de/lexikon/Faraday-Konstante.html> (besucht am 12.06.2022).
- [3] LEIFI-Physik. *Elementarladung*. URL: <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/ladungen-elektrisches-feld/grundwissen/elementarladung> (besucht am 12.06.2022).
- [4] *Versuchanleitung zum Millikan-Öltröpfchenversuch*. TU Dortmund, Fakultät Physik. 2014.