

VERSUCHSBERICHT ZU

E2 - MILLIKAN

Gruppe 6Mi

Alexander Neuwirth (E-Mail: a_neuw01@wwu.de)
Leonhard Segger (E-Mail: l_segg03@uni-muenster.de)

durchgeführt am 10.01.2018
betreut von
Johann Preuß

15. Januar 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Voüberlegungen	3
3	Methoden	4
4	Ergebnisse und Diskussion	5
4.1	Beobachtung	5
4.2	Diskussion	6
5	Schlussfolgerung	6

1 Kurzfassung

Durch den Millikan Versuch soll die Elementarladung bestimmt werden. Dies gelingt dadurch, dass man die Bewegung von Öltröpfchen in einem konstantem elektrischen Feld beobachtet. Einfluss auf die Bewegung nimmt die Gravitation, Luftreibung, Coulomb-Kraft und der Auftrieb. Da ein direktes Vermessen des Öltröpfchens nicht praktikabel ist, werden zwei Fälle untersucht.

Beim ersten wird die Zeit für eine bestimmte Strecke gemessen, wobei das elektrische Feld parallel zum Gravitationsfeld ausgerichtet ist. Im zweiten Fall ist das elektrische Feld ausgeschaltet, sodass sich aus beiden Messungen Ladung und Radius des Tröpfchens bestimmen lassen. Die Ladung der Öltröpfchen entsteht durch Reibung beim Einsprühen in den Kondensator. Wenn es eine Elementarladung gibt, müssten die Tröpfchen stets mit einem Vielfachen derer geladen sein.

2 Voüberlegungen

Zur Vorbereitung auf den Versuch wurden folgende Aufgaben bearbeitet:

- Skizze der Kräftegleichgewichte wurde vor dem Experiment angezeichnet und besprochen.
- Herleitung der Kräftegleichgewichte aus den Formeln für r und Q :
- Schätzung der Dauer der Beschleunigungsphase eines Tröpfchens
- Es ist wichtig die Kondensatorplatten waagrecht auszurichten, weil sie einerseits parallel zu einander sein müssen, damit das elektrische Feld möglichst homogen ist und andererseits muss die Kraft des elektrischen Feldes parallel zur Gravitationskraft und damit allen anderen Kräften sein.
- Es werden Öltröpfchen anstelle von Wassertröpfchen verwendet, weil Öl deutlich weniger flüchtig ist, man also keinen Massenverlust der Tröpfchen während der Beobachtung mit einbeziehen muss.
- Im elektrischen Feld steigen stärker geladene Teilchen schneller auf als weniger geladene. Deshalb muss man, um stärker und weniger stark geladene Teilchen bei gleicher Geschwindigkeit zu beobachten, bei stärker geladenen Teilchen die Spannung verringern und umgekehrt sie bei schwächer geladenen erhöhen.
- Man sollte die einzelnen Messungen nicht innerhalb der Stoppuhr aufsummieren, weil dies bedeuten würde, dass wenn man sich bei einer der Messungen vermisst, alle bisherigen Messungen dieses Teilchens wiederholen müsste, während man ansonsten nur die eine misslungene erneut durchführen muss.
- Bei steigender Temperatur steigen mittlere Weglänge λ und Viskosität η in Luft (siehe Literaturwerte aus der Anleitung). Dies ist nicht in allen Medien der Fall.

3 Methoden

In Abb. 1 ist der Aufbau des Experiments illustriert. Um die Öltröpfchen erkennbar zu machen wurde der Raum abgedunkelt und die Beleuchtungseinrichtung eingeschaltet. Zunächst wurden an den Kondensatorplatten eine Gleichspannung von ca. 600 V angelegt. Darauf wurden Öltröpfchen in das elektrische Feld gesprüht. Mit einem Mikroskop war nun erkennbar, dass ein Tröpfchen welches ansteigt, geladen ist. Durch die Linsen des Mikroskops ist Bild seitenverkehrt, folglich hatte es den Anschein, dass sich das Öltröpfchen nach unten bewegt. Nachdem man ein Tröpfchen gefunden hatte, wurde das Feld ausgeschaltet und die Zeit gemessen die das Tröpfchen für einen Fall von zwei Skalenteilen (0,2 mm) benötigte. Dann wurde das elektrische Feld wieder eingeschaltet und die selbe Messung wurde erneut durchgeführt mit umgekehrter Bewegung des Teilchens. Diese zwei Messungen wurden mehrfach für jedes Tröpfchen durchgeführt. Zu beachten galt es, dass Luftströmungen die Tröpfchen beeinflussen können, deshalb wurde der Raum zwischen den Kondensatorplatten mit einem Stück Pappier zwischen Ölzerstäuber und Einsprühöffnung abgeschlossen. Außerdem steigt der Fehler mit der Ladung Q , weshalb man bereits während des Experiments die Ladung einzelner Tröpfchen berechnet, um diese möglichst klein halten zu können.

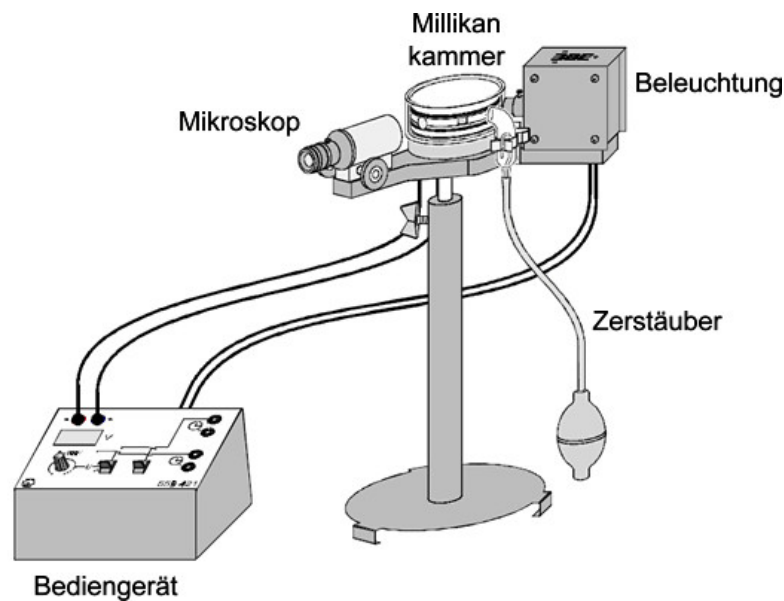


Abbildung 1: Exemplarischer Aufbau des Millikan Versuchs. ¹

¹Grafik von *Millikan Versuch*[2]

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Beobachtung

Technische Daten und Konstanten

- Plattenabstand: $d = (6,0 \pm 0,5) \text{ mm}$
- Okularvergrößerung: 10
- Objektivvergrößerung: $2,0 \pm 0,5$
- Länge der Mikrometerskala: 10 mm
- kleine Skalenteilung: 0,1 mm
- Öldichte: $\rho_{\text{Öl}} = (874,0 \pm 1,2) \text{ kg m}^{-3}$ (gemäß der Temperaturabhängigkeit der Dichte bei unbekannter exakter Temperatur nahe Raumtemperatur von 20 °C mit rechteckiger WDF)
- Dynamische Viskosität der Luft: $\eta = (18,20 \pm 0,18) \mu\text{Pa s}$ (gemäß der Temperaturabhängigkeit der Dynamischen Viskosität bei unbekannter exakter Temperatur nahe Raumtemperatur von 20 °C mit rechteckiger WDF)
- Dichte der Luft: $\rho_{\text{L}} = 1,2929 \text{ kg m}^{-3}$ (ohne Unsicherheit, denn gering gegenüber der Dichte von Öl und deren Unsicherheit)
- Ortsfaktor: $9,81 \text{ m s}^{-2}$

Die Spannung zwischen den Kondensatorplatten wurde auf 565 V eingestellt, sank aber während des Versuchs auf 560 V. Die Unsicherheit der Digitalanzeige verschwindet gegen diese Schwankungen, deswegen wird (gemäß rechteckiger WDF) eine Spannung von $(562,5 \pm 0,8) \text{ V}$ angenommen. Es wurde immer die Zeit gemessen, die die Tröpfchen für eine Strecke von zwei großen Skaleneinteilungen benötigt haben. Dabei entsprachen zwei große Skaleneinteilungen zunächst einer Strecke von $(2,0 \pm 0,2) \text{ mm}$ (0,1 mm Ableseungenauigkeit mit dreieckiger WDF). Wenn man diese Länge gemäß der Okular- und Objektivvergrößerung gemäß Gleichung (1) umrechnet erhält man für die zurückgelegte Strecke der Tröpfchen $(100,0 \pm 2,7) \mu\text{m}$. Für die Zeitmessung mithilfe der Stoppuhr ergibt sich die Unsicherheit aus der kombinierten Unsicherheit der Digitalanzeige der Stoppuhr und der Reaktionszeit des Menschen gemäß der Gleichung zur Kombination von Unsicherheiten. Dabei schätzen wir die Reaktionszeit des Menschen aufgrund der teilweise schwierigen Erkennbarkeit der tropfen nach oben mit 0,2 s ab. Dieser Fehler überlagert deutlich die Unsicherheit von 0,006 s durch die Digitalanzeige (zwei Nachkommastellen mit rechteckiger WDF). Dann wurde aus den Zeitmessungen der Mittelwert der Fall- und Steigzeit für jedes der 15 Tröpfchen gebildet. Die Unsicherheit dieser Mittelwerte ergibt sich aus der kombinierten Unsicherheit aus Standardunsicherheit und einem Fünftel des zuvor genannten Fehlers der Stoppuhr.

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=0}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2} \quad (1)$$

Die Ladungen der Öltröpfchen wurden mithilfe von Gleichung (2) bestimmt und die kombinierte Unsicherheit der Ladung mit Gleichung (2) und Gleichung (1) und in ??argestellt.

$$Q = \frac{18\pi d}{U} \sqrt{\frac{\eta^3 v_{\downarrow}}{2(\rho_{\text{Öl}} - \rho_{\text{L}})g}} (v_{\downarrow} + v_{\uparrow}) \quad (2)$$

4.2 Diskussion

Der Literaturwert für die Elementarladung beträgt $(1,602\,176\,620\,8 \pm 0,000\,000\,009\,8) \cdot 10^{-19} \text{ C}$ [1].

5 Schlussfolgerung

Zusätzlich hätte man die Ladung auch durch ein genaues Einstellen der Spannung bestimmen können, dies ist aber unpraktisch, da die Spannung am Kondensator nicht ausreichend genau angegeben ist. Außerdem wäre nach wie vor der Radius des Tröpfchen durch eine andere Methode zu bestimmen.

Literatur

- [1] Fundamental Physical Constants des NIST. *Elementarladung*. URL: <https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?e> (besucht am 15.01.2018).
- [2] Physikdepartment der Technischen Universität München. *Millikan Versuch*. URL: <https://www.av.ph.tum.de/Experiment/2000/Beschreibungen/ver2020.php> (besucht am 15.01.2018).