

TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
DORTMUND

ANFÄNGERPRAKTIKUM PHYSIK  
SOMMERSEMESTER  
2014

---

**V503**  
**Der Millikan-Öltröpfchenversuch**  
17.06.2014  
1. ABGABE: 24.06.2014

---

Leonard Wollenberg  
Joshua Luckey

leonard.wollenberg@udo.edu  
joshua.luckey@udo.edu

# 1 Einleitung

# 2 Theorie

# 3 Durchführung

# 4 Auswertung

In folgendem Abschnitt sind er erhaltenen Messwerte und daraus berechneten Ergebnisse tabellarisch und grafisch dargestellt. An entsprechender Stelle sind Anmerkungen und Erklärungen zu den Berechnungen und Ergebnissen gegeben.

Die Messwerte<sup>①</sup> zu diesem Versuch, die Spannung  $U$ , die Steig- und Fallzeiten  $t_{\text{auf}}$  und  $t_{\text{ab}}$ , sowie der Thermistor  $R$  sind in Tabelle 1 dargestellt. Wenn zwei Steig- oder Fallzeiten gemessen werden konnten wurde der Mittelwert aus diesen berechnet, sonst entspricht der Mittelwert dem einzelnen Messwert.

Über die Verwendete Messstrecke  $s = 0,5\text{ mm}$  wurde aus den Zeiten  $t_{\text{auf}}$  und  $t_{\text{ab}}$  die korrespondierenden Geschwindigkeiten  $v_{\text{auf}}$  und  $v_{\text{ab}}$  berechnet. Die Temperaturen der Luft  $T$  konnten unter Verwendung der Thermistormesswerte aus der Tabelle 1 in [1] abgelesen und wiederum zur Bestimmung der Luftviskosität  $\eta_L$  aus Abbildung 3 in [1] verwendet werden. Diese Werte befinden sich zusammen mit der im weiteren Verlauf gebrauchten Differenz der Geschwindigkeiten  $v_{\text{ab}} - v_{\text{auf}}$  in Tabelle 2.

Für die Bestimmung des Radius  $r$  der Öltröpfchen nach ?? und der korrigierten Werte für die Viskosität der Luft  $\eta_{L,\text{eff}}$  und der Ladung  $q$  der Öltröpfchen nach Cunningham ?? und ?? können nur die Werte verwendet werden, deren Differenzgeschwindigkeit  $v_{\text{ab}} - v_{\text{auf}} > 0$  ist. Ohne diese Einschränkung ergeben sich für den Radius  $r$  und die Ladung  $q$  komplexe Werte die unphysikalisch und nicht zu gebrauchen sind. Die Werte für den Radius  $r$ , die korrigierte Viskosität  $\eta_{L,\text{eff}}$  und Ladung  $q$  befinden sich in Tabelle 3.

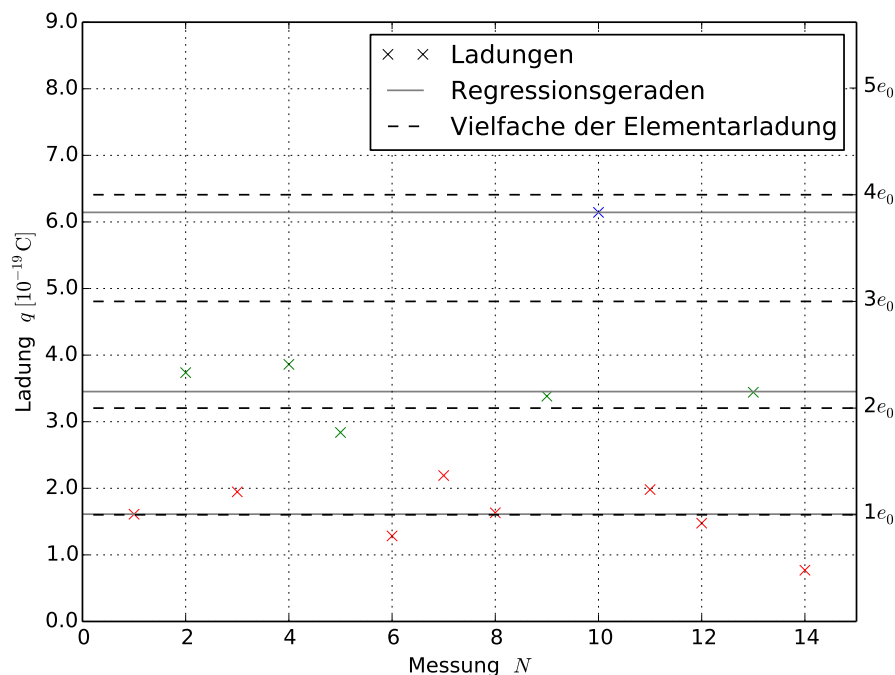
Die Ergebnisse für die Ladung  $q$  sind in ?? aufgetragen. Mittels einer linearen Regression, durchgeführt mit der *Python*-Bibliothek *SciPy* [2], wurden Horizontalen bestimmt die den Mittelwert nah beieinander liegender Ladungen darstellt. Außerdem wurden weitere Horizontalen (gestrichelt) in Höhen der ersten vier Vielfachen der Elementarladung  $e_0 = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$  [3] eingezeichnet.

---

<sup>①</sup>Bei der Durchführung des Versuch konnten keine brauchbaren Messwerte aufgenommen werden, daher wurden uns die Messwerte einer anderen Gruppe zur Verfügung gestellt.

Spannung $U$ [V]	Steigzeit 1 $t_{1,\text{auf}}$ [s]	Steigzeit 2 $t_{2,\text{auf}}$ [s]	Fallzeit 1 $t_{1,\text{ab}}$ [s]	Fallzeit 2 $t_{2,\text{ab}}$ [s]	Steigzeit Mittel $\bar{t}_{\text{auf}}$ [s]	Fallzeit Mittel $\bar{t}_{\text{ab}}$ [s]	Thermistor $R$ [M $\Omega$ ]
298	4,635	0,000	4,412	0,000	4,635	4,412	1,870
298	3,384	0,000	3,569	3,656	3,384	3,612	1,870
298	6,753	6,712	7,759	8,199	6,732	7,979	1,840
298	3,981	0,000	3,447	0,000	3,981	3,447	1,830
297	3,611	3,366	3,296	3,472	3,489	3,384	1,710
297	4,999	4,767	3,671	4,025	4,883	3,848	1,720
297	3,609	0,000	3,480	3,266	3,609	3,373	1,710
297	4,436	4,798	4,403	4,552	4,617	4,477	1,710
297	5,113	4,618	0,000	5,580	4,866	5,580	1,730
297	7,816	6,635	7,000	7,773	7,226	7,386	1,720
297	5,768	5,935	7,482	7,830	5,851	7,656	1,720
297	3,138	0,000	3,270	3,340	3,138	3,305	1,810
297	3,384	3,287	2,870	3,576	3,335	3,223	1,820
297	3,812	3,380	3,206	3,814	3,596	3,510	1,810
201	4,521	0,000	4,153	0,000	4,521	4,153	1,740
201	2,824	0,000	2,683	2,584	2,824	2,633	1,740
201	4,183	4,462	4,636	5,260	4,322	4,948	1,770
201	12,915	0,000	14,231	0,000	12,915	14,231	1,770
201	5,042	0,000	5,580	5,249	5,042	5,415	1,740
201	4,439	4,420	5,886	4,915	4,429	5,401	1,800
201	6,134	6,155	5,801	5,596	6,145	5,699	1,790
201	10,338	0,000	8,710	0,000	10,338	8,710	1,790
201	7,092	0,000	5,312	5,637	7,092	5,474	1,780
201	17,314	0,000	14,080	0,000	17,314	14,080	1,790
201	12,156	0,000	16,894	0,000	12,156	16,894	1,780

**Tabelle 1:** Die aufgenommenen Messwerte für die Steig- und Fallzeiten der Öltröpfchen, deren Mittelwerte und der Wert des Thermowiderstands während der jeweiligen Messung



**Abbildung 1:** Grafische Darstellung der erhaltenen Ladungen, und gemittelter Ladung von nahe beieinander liegender Ergebnisse

Steiggeschwindigkeit $v_{\text{auf}}$ [mm s <sup>-1</sup> ]	Fallgeschwindigkeit $v_{\text{ab}}$ [mm s <sup>-1</sup> ]	Differenzgeschwindigkeit $v_{\text{ab}} - v_{\text{auf}}$ [mm s <sup>-1</sup> ]	Lufttemperatur $T$ [°C]	Luftviskosität $\eta_L$ [μN s m <sup>-2</sup> ]
0,108	0,113	0,005	28	18,620
0,148	0,138	-0,009	28	18,620
0,074	0,063	-0,012	28	18,620
0,126	0,145	0,019	29	18,670
0,143	0,148	0,004	32	18,820
0,102	0,130	0,028	31	18,770
0,139	0,148	0,010	32	18,820
0,108	0,112	0,003	32	18,820
0,103	0,090	-0,013	31	18,770
0,069	0,068	-0,002	31	18,770
0,085	0,065	-0,020	31	18,770
0,159	0,151	-0,008	29	18,670
0,150	0,155	0,005	29	18,670
0,139	0,142	0,003	29	18,670
0,111	0,120	0,010	31	18,770
0,177	0,190	0,013	31	18,770
0,116	0,101	-0,015	30	18,720
0,039	0,035	-0,004	30	18,720
0,099	0,092	-0,007	31	18,770
0,113	0,093	-0,020	29	18,670
0,081	0,088	0,006	29	18,670
0,048	0,057	0,009	29	18,670
0,071	0,091	0,021	30	18,720
0,029	0,036	0,007	29	18,670
0,041	0,030	-0,012	30	18,720

**Tabelle 2:** Aus den Messwerten berechnete Steig- und Fallgeschwindigkeiten, deren Differenz, sowie die Temperatur und unkorrigierte Viskosität der Luft

Radius $r$ [μm]	korrigierte Viskosität $\eta_{L,\text{eff}}$ [μN s m <sup>-2</sup> ]	Ladung $q$ [10 <sup>-19</sup> C]
0,229	0,511	1,611
0,434	0,947	3,737
0,208	0,469	1,947
0,517	1,125	3,861
0,307	0,687	2,838
0,181	0,411	1,284
0,225	0,503	2,192
0,181	0,408	1,632
0,309	0,687	3,383
0,353	0,782	6,144
0,248	0,554	1,981
0,296	0,656	1,476
0,449	0,982	3,442
0,253	0,565	0,770

**Tabelle 3:** Aus den brauchbaren Messwerten berechnete Radien und Ladungen der Tröpfchen, sowie die korrigierte Viskosität der Luft

Die so gemittelten Werte für die Vielfachen der Elementarladung und deren Abweichung

zu den entsprechenden, tatsächlichen Vielfachen der Elementarladung sind in Tabelle 4 dargestellt.

Ladung $n \cdot e_0$ [C]	Faktor $n$	Abweichung $1 - \frac{e_0}{e_{0,\text{lit}}} [\%]$
1,612	1	0,583
3,452	2	7,740
6,144	4	4,136

**Tabelle 4:** Abweichung der berechneten Vielfachen der Elementarladung vom Literaturwert

Aus diesen Werten berechnet sich schlussendlich der Mittelwert für die so bestimmte Elementarladung zu

$$e_0 = (1,63 \pm 0,05) \cdot 10^{-19} \text{ C.} \quad (1)$$

Mit diesem Wert und der Farady-Konstante  $F = 96\,485,3365 \text{ C mol}^{-1}$  [3] lässt sich die Avogadrokonstante  $N_A$  zu

$$N_A = \frac{F}{e_0} = (5,9 \pm 0,2) \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad (2)$$

bestimmen.

## 5 Diskussion

Im folgenden Abschnitte werden die in Abschnitt 4 erhaltenen Ergebnisse noch einmal abschließend diskutiert und auf ihre Plausibilität hin überprüft.

Die gemittelten Werte für die vielfachen der Elementarladung weisen, wie in Tabelle 4 zu sehen, relative geringe Abweichungen zum jeweiligen Vielfachen des Literaturwerts auf. Entsprechend ist auch die Abweichung des Mittelwerts dieser Elementarladungen (1) mit 1,4 % sehr gering wodurch man das Ergebnis als gut und plausibel bezeichnen kann.

Dem entsprechend zeigt auch die, aus dieser Elementarladung, berechnete Avogadrokonstante nur eine geringe Abweichung von 1,4 % gegenüber dem Literaturwert  $6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  [3].

## Literatur

- [1] *Versuchsanleitung. V503 Der Millikan-Versuch.* URL: <http://129.217.224.2/HOMEPAGE/PHYSIKER/BACHELOR/AP/SKRIPT/Millikan.pdf> (besucht am 19.06.2014).
- [2] *SciPy.* URL: <http://docs.scipy.org/doc/> (besucht am 02.06.2014).
- [3] Dietmar Mende, Günther Simon. *Physik. Gleichungen und Tabellen.* 16. Aufl. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag München, 2009.