

„Zahl“ Auswertung

x.1
AB.
AB.1

Gemessen wurden die Zeiten t_{ab} , t_{auf} und t_0 . Dafür wurden die Platten umgepolt wie in Abbildung („Zahl“). Für die Gleichgewichtslage wurde keine Spannung angebracht. Die Tropfen wurden über eine Strecke von $s = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ beobachtet. Die Zeiten wurden tabellarisch in [1] festgehalten.

Tabelle 1: Gemessene Zeiten

(a) $U = 190 \text{ V}$ $R = 2,27 \text{ M}\Omega$ $T = 20^\circ$

t_0 / s	t_{auf} / s	t_{ab} / s
63	2,04	1,94
	1,86	2,27
	1,68	1,84
	2,04	1,72
$\Rightarrow 1,90 \pm 0,17$		$1,94 \pm 0,23$

42,32	5,25	3,82
	4,32	4,18
	4,76	4,24
	4,7	3,97
$\Rightarrow 4,74 \pm 0,33$		$4,05 \pm 0,16$

44,54	6,7	5,51
	6,54	5,03
	7,16	5,11
	6,37	5,33
$\Rightarrow 6,69 \pm 0,29$		$5,46 \pm 0,31$

49,3	7,67	5,34
	6,96	5,75
	6,48	4,98
	7,02	5,23
$\Rightarrow 7,03 \pm 0,42$		$5,32 \pm 0,27$

56,3	5,85	4,37
	5,56	4,74
	5,04	4,66
	5,31	4,81
$\Rightarrow 5,44 \pm 0,29$		$4,64 \pm 0,16$

(b) $U = 206 \text{ V}$ $R = 2,27 \text{ M}\Omega$ $T = 20^\circ$

t_0 / s	t_{auf} / s	t_{ab} / s
70,2	2,25	2,26
	2,27	2,06
	2,38	2,07
	2,06	2,45
$\Rightarrow 2,24 \pm 0,11$		$2,21 \pm 0,15$

51,8	2,42	2,44
	2,52	2,23
	2,52	2,48
	2,65	2,47
$\Rightarrow 2,52 \pm 0,08$		$2,4 \pm 0,1$

40,58	3,69	2,91
	3,31	3,06
	3,71	2,98
	3,68	2,97
$\Rightarrow 3,64 \pm 0,20$		$2,97 \pm 0,05$

64,8	3,75	3,29
	4,00	3,11
	3,78	3,72
	3,97	3,47
$\Rightarrow 3,87 \pm 0,15$		$3,47 \pm 0,15$

41,68	2,51	2,09
	2,31	1,89
	2,30	2,77
	2,24	1,85
$\Rightarrow 2,34 \pm 0,1$		$2,02 \pm 0,16$

(c) $U = 210 \text{ V}$ $R = 2,27 \text{ M}\Omega$ $T = 20^\circ$

t_0 / s	t_{auf} / s	t_{ab} / s
66,6	2,18	1,83
	1,7	1,53
	1,76	1,76
	1,87	1,84
$\Rightarrow 1,87 \pm 0,18$		$1,73 \pm 0,12$

49,51	1,84	1,7
	1,94	1,6
	1,86	1,76
	1,8	1,62
$\Rightarrow 1,86 \pm 0,05$		$1,67 \pm 0,06$

63,0	2,31	1,79
	1,98	1,65
	1,79	1,86
	1,82	1,77
$\Rightarrow 1,97 \pm 0,12$		$1,76 \pm 0,07$

59,74	2,4	1,89
	2,16	1,87
	1,97	2,08
	1,9	1,87
$\Rightarrow 2,11 \pm 0,11$		$1,92 \pm 0,08$

58,86	3,22	2,72
	2,94	2,17
	2,6	2,48
	2,47	2,46
$\Rightarrow 2,8 \pm 0,29$		$2,33 \pm 0,13$

(d) $U = 225$ $R = 2,27$ $T = 20^\circ$

t_o/s	t_{auf}/s	t_{ab}/s
50,85	2,18	1,54
	1,92	1,91
	1,88	2,17
	1,49	1,76
\Rightarrow	$1,86 \pm 0,24$	$1,84 \pm 0,22$

70,2	2,31	1,55
	1,99	1,92
	2,19	1,93
	2,02	1,77
\Rightarrow	$2,17 \pm 0,13$	$1,73 \pm 0,15$

57,58	2,63	1,98
	2,43	2,22
	2,37	2,19
	2,37	2,31
\Rightarrow	$2,45 \pm 0,1$	$2,17 \pm 0,12$

64,2	3,3	2,83
	3,3	2,77
	3,12	2,99
	2,98	2,93
\Rightarrow	$3,17 \pm 0,13$	$2,88 \pm 0,08$

47,08	2,78	2,19
	2,08	2,17
	2,34	2,16
	2,78	2,02
\Rightarrow	$2,37 \pm 0,25$	$2,13 \pm 0,06$

(e) $U = 250$ $R = 2,26$ $T = 21^\circ$

t_o/s	t_{auf}/s	t_{ab}/s
41,95	1,47	1,24
	1,47	1,23
	1,41	1,36
	1,30	1,31
\Rightarrow	$1,41 \pm 0,06$	$1,28 \pm 0,05$

57,99	1,72	1,37
	1,77	1,56
	1,52	1,46
	1,63	1,53
\Rightarrow	$1,67 \pm 0,09$	$1,48 \pm 0,07$

44,2	2,38	2,08
	2,61	2,34
	2,57	2,45
	2,26	2,78
\Rightarrow	$2,45 \pm 0,14$	$2,4 \pm 0,24$

52,82	1,46	1,25
	1,34	1,32
	1,37	1,45
	1,31	1,25
\Rightarrow	$1,37 \pm 0,05$	$1,31 \pm 0,08$

50,7	1,86	2,01
	2,21	2,02
	1,97	1,85
	1,89	1,94
\Rightarrow	$1,98 \pm 0,13$	$1,95 \pm 0,06$

Die daraus resultierende Geschwindigkeit berechnet sich aber

$$v = \frac{s}{t} \quad (\text{"Zahl"})$$

Im Übrigen wird die Beziehung

$$2 \cdot v_o = v_{ab} - v_{auf}$$

überprüft. Dementsprechend werden folgende Ergebnisse verwendet, die in dem Intervall

$$0,75 < \frac{2 v_o}{v_{ab} - v_{auf}} < 1,25 \quad (\text{"Zahl"})$$

liegen. Liegen sie außerhalb des Intervalls, so sind die Ergebnisse nicht im Rahmen der

Messungenauigkeit und werden für die folgenden Rechnungen nicht verwendet. Diese Ergebnisse der Geschwindigkeiten befinden sich in Tabelle (2), sowie die Ergebnisse in Rot, die die Bedingung der Geschwindigkeiten nicht erfüllen.
 damit ist das Intervall gemeint → („Zahl“)

Tabelle 2: Geschwindigkeiten

v_0 / m/s	v_{auf} / m/s	v_{ab} / m/s	$\frac{2v_0}{v_{ab} - v_{auf}}$
10^{-6}	10^{-4}		
7,94	$2,63 \pm 0,24$	$2,57 \pm 0,34$	2,64 ✓
11,18	$1,05 \pm 0,07$	$1,23 \pm 0,04$	1,24
11,12	$0,74 \pm 0,01$	$0,91 \pm 0,03$	1,3 ✓
10,14	$0,71 \pm 0,01$	$0,93 \pm 0,04$	0,92
8,88	$0,91 \pm 0,12$	$1,07 \pm 0,04$	1,1
7,12	$2,23 \pm 0,14$	$2,26 \pm 0,08$	4,74 ✓
9,65	$1,98 \pm 0,13$	$2,08 \pm 0,07$	1,93 ✓
12,32	$1,37 \pm 0,11$	$1,68 \pm 0,13$	0,79
7,71	$1,29 \pm 0,04$	$1,44 \pm 0,07$	1,02
11,19	$2,13 \pm 0,06$	$2,47 \pm 0,02$	0,65 ✓
7,5	$2,67 \pm 0,07$	$2,89 \pm 0,16$	0,68 ✓
10,09	$2,68 \pm 0,1$	$2,99 \pm 0,29$	0,65 ✓
7,93	$2,53 \pm 0,12$	$2,84 \pm 0,16$	0,51 ✓
8,36	$2,38 \pm 0,05$	$2,60 \pm 0,09$	0,76
8,49	$1,78 \pm 0,18$	$2,14 \pm 0,11$	0,47 ✓
9,83	$2,68 \pm 0,16$	$2,71 \pm 0,05$	6,5 ✓
7,12	$2,35 \pm 0,09$	$2,79 \pm 0,03$	0,32 ✓
8,68	$2,04 \pm 0,21$	$2,30 \pm 0,19$	0,66 ✓
7,7	$1,57 \pm 0,18$	$1,73 \pm 0,08$	0,96
10,6	$2,10 \pm 0,07$	$2,34 \pm 0,24$	0,88
11,19	$3,54 \pm 0,22$	$3,9 \pm 0,31$	0,62 ✓
8,62	$2,99 \pm 0,24$	$3,37 \pm 0,20$	0,45 ✓
11,31	$2,04 \pm 0,18$	$2,08 \pm 0,14$	5,65 ✓
9,46	$3,6 \pm 0,06$	$3,81 \pm 0,18$	0,9
9,86	$2,52 \pm 0,05$	$2,56 \pm 0,22$	4,93 ✓

→ die Zeilen müssen in rot oder kenntlich gemacht werden

Mit Hilfe der Gleichung (5) wird q korrigiert, (6) der Radius und mit der Formel

$$q = q_0 \left(1 + \frac{B}{pr} \right) \quad (\text{„Zahl“})$$

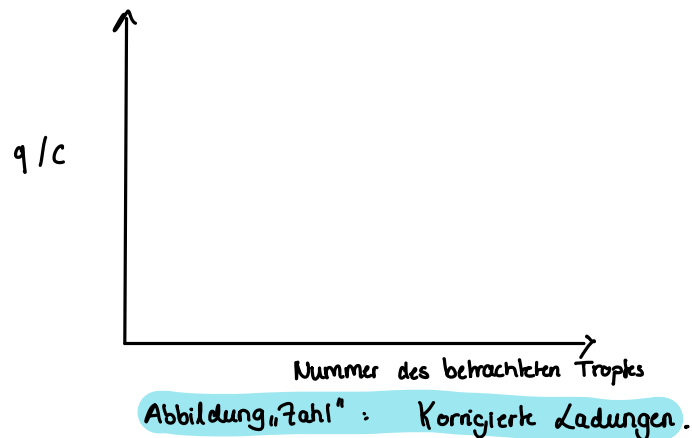
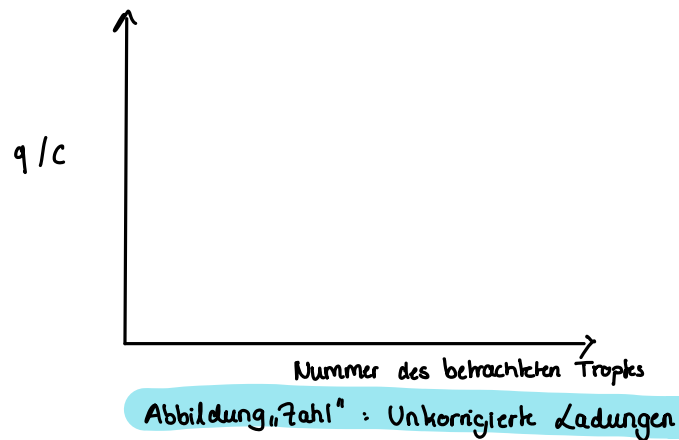
wird $q_{korrigiert}$ berechnet. Dabei ist r der Radius und p der Luftdruck. Der Cunningham-Term berechnet sich mit $B = 82,29 \text{ Pa} \cdot \text{m}$.

Die Daten befinden sich in Tabelle 3. Die Ergebnisse der Ladungen werden graphisch in () und () dargestellt. Die Viskositäten η_L wurden aus der Abbildung () entnommen:

$$\begin{aligned} 20^\circ \text{C} &\rightarrow 1,824 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \\ 20^\circ \text{C} &\rightarrow 1,824 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \\ 20^\circ \text{C} &\rightarrow 1,824 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \\ 20^\circ \text{C} &\rightarrow 1,824 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \\ 21^\circ \text{C} &\rightarrow 1,827 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2} \end{aligned}$$

Tabelle 3: Ladungen aus den Geschwindigkeiten

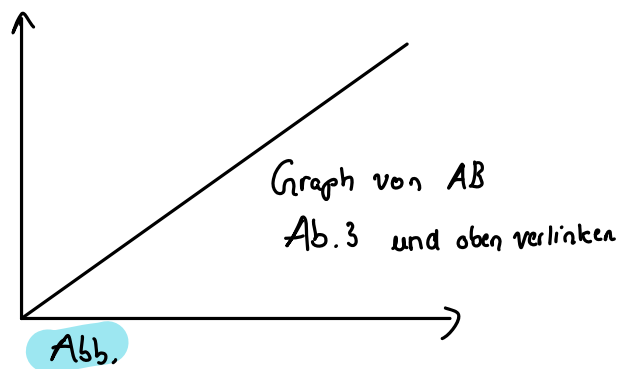
	$q_{\text{unkorrigiert}} / 10^{-9} \text{ C}$	$r / 10^{-7} \text{ m}$	$q_{\text{korrigiert}} / 10^{-9} \text{ C}$
1.	$4,32 \pm 0,21$	$2,91 \pm 0,07$	$6,36 \pm 0,03$
2.	$4,84 \pm 0,14$	$3,22 \pm 0,14$	$6,12 \pm 0,09$
3.	$4,98 \pm 0,22$	$2,75 \pm 0,1$	$7,94 \pm 0,16$
4.	$10,15 \pm 0,41$	$3,82 \pm 0,08$	$9,94 \pm 0,3$
5.	$6,32 \pm 0,11$	$2,66 \pm 0,07$	$10,65 \pm 0,24$
6.	$13,30 \pm 0,21$	$3,22 \pm 0,23$	$16,84 \pm 0,23$
7.	$7,01 \pm 0,09$	$2,75 \pm 0,12$	$11,24 \pm 0,29$
8.	$11,55 \pm 0,18$	$3,36 \pm 0,09$	$13,72 \pm 0,16$
9.	$16,24 \pm 0,13$	$3,15 \pm 0,12$	$21,25 \pm 0,36$



Dementsprechend folgen für die Elementarladungen

$$e_{0, \text{unkorrigiert}} = (1,749 \pm 0,031) \cdot 10^{-19} \text{ C},$$

$$e_{0, \text{korrigiert}} = (1,651 \pm 0,021) \cdot 10^{-19} \text{ C}.$$



Aus den gewonnenen Ladungen berechnet sich die Avogadrokonstante N_A ,

$$N_A = \frac{F}{e_0} \quad (\text{Zahl})$$

Literatur (WhatsApp)

mit der Faradaykonstante $[Zahl]$ $F = 96.485 \text{ C/mol}$. Daraus folgt mit den beiden Ladungen $q_{\text{unkorrigiert}}$ und $q_{\text{korrigiert}}$:

$$N_{A, \text{unkorrigiert}} = (5,516 \pm 0,113) \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}},$$

$$N_{A, \text{korrigiert}} = (5,844 \pm 0,027) \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}.$$

„Zahl“

Diskussion

Auffällig bei der Bestimmung der Elementarladung sind folgende Verhältnisse mit dem Literaturwert $[Zahl]$:

Tabelle 4: Abweichungen der Ladungen.

	Abweichung mit $e_{Lit} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ in %
$e_{\text{unkorrigiert}}$	9,17
$e_{\text{korrigiert}}$	3,05

Beide Methoden eignen sich für die Bestimmung der Elementarladung. Die korrigierte Version erweist sich als profitabler, da die Abweichung sehr gering ist. Jedoch ist es anzumerken, dass mehr als die Hälfte der Messungen nicht im vorgenommenen Intervall lag, die auf mögliche Fehlerquellen hinweisen. Zudem musste das Ablesen sowie das Stoppen der Zeit gleichzeitig passieren, um Messungenauigkeiten zu minimieren. Trotzdem könnten Abscher entstanden sein, wodurch die Zeiten unpassender geworden sind. Ebenso könnten sich die Ladungen der Tröpfchen während des Prozesses verändert haben. Nichtsdestotrotz liefern die vorhandenen Messdaten akzeptable Ergebnisse. Für die daraus resultierende Avogadrokonstante:

Tabelle 5: Abweichung der Konstanten

	mit $N_{A, Lit} = 6,022 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$ Zeit $[Zahl]$ in %
$N_{A, \text{unkorrigiert}}$	814
$N_{A, \text{korrigiert}}$	2,9

Grundsätzlich eignen sich beide Methoden, trotz der vielen Messunsicherheiten.