# OSZ – Wechselspannungen und aperiodische Vorgänge (Oszilloskop I) Auswertung

Yudong Sun
Gruppe F2-2

20. August 2020

## Teilversuch 1: Basisbedienelemente des Oszilloskops

## Teilversuch 2: Messen einer Amplitude

## Teilversuch 3: Messen einer Phasendifferenz

## Teilversuch 4: Betrachten des Auf- und Entladevorgangs eines Kondesators

# Teilversuch 5: Quantitative Registrierung der Entladekurve eines Kondensators

Aus dem Handbuch des Oszilloskop[1] gibt es zwei verscheidene Quelle von Unsicherheiten:

1. Ablenkkoeffizienten (vertikal und horizontal)
2. Speicherauflösung

Wir gehen davon aus, dass das Ablesen mittels des Cursors intern im Oszilloskop erfolgt. Somit spielt die Tolerenz bei den Ablenkkoeffizienten keine Rolle in den Daten. Folglich ist die Hauptunsicherheit die Speicherauflösung.

Diesbezüglich ist die Speicherauflösung:

| *Einheit* | Auflösung Punkte/Teilung | Einst. _ / Teilung | $\Delta$ Wert |
|---|---|---|---|
| Vertikal | 25 | $1\,\mathrm{V}$ | $\pm 0{,}02\,\mathrm{V}$ |
| Horizontal | 200 | $200\,\mathrm{ms}$ | $\pm 1\,\mathrm{ms}$ |

Da aber bei dem Ablesen von der Zeit nach $1\,\mathrm{s}$ nur die erste Nachkommastelle gezeigt wurde, ist die Unsicherheit nach $1\,\mathrm{s}$ viel größer und beträgt $0{,}05\,\mathrm{s} = 50\,\mathrm{ms}$.

Somit haben wir als Messdaten:

| $t/\mathrm{ms}$ | 0 | 93 | 163 | 280 | 441 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta t/\mathrm{ms}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 50 | 50 | 50 |
| $U_C/\mathrm{V}$ | 3,93 | 3,29 | 2,93 | 2,33 | 1,73 | 1,57 | 1,29 | 1,09 | 0,88 | 0,720 | 0,60 | 0,520 | 0,440 |

mit $\Delta U = 0{,}02\,\mathrm{V}$.

Aus der Anleitung gilt:

$$U_C = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right) \qquad \Leftrightarrow \qquad \ln U_C = \left(-\frac{1}{RC}\right) t + \ln U_0 \tag{5.1}$$

Es ist aber wegen des Triggers so, dass der Kondesator bei $t = 0$ schon etwas entlädt hat, somit ergibt sich die modifizierte Gleichung:

$$\ln U_C = \left(-\frac{1}{RC}\right) t + \left(\ln U_0 - \frac{t_0}{RC}\right) \tag{5.2}$$

Der entsprechende Fehler von $\ln U_C$ ist dann laut AMW:

$$\Delta(\ln U_C) = \frac{\Delta U_C}{U_C} \tag{5.3}$$

$\ln\left(U_C/\mathrm{V}\right)$ wurde dann gegen die Zeit im `gnuplot` geplottet und eine Kurveanpassung zur $\ln U_C = mt + c$ durchgeführt.

Im `gnuplot` sind die Messpunkten für $t$ ins $\mathrm{s}$ umgewandelt, sodass die Größeordunung der beiden Achse ähnlich sind. Diese Vorgehensweise hilft bei der Kurveanpassung. Die entsprechende Fehler sind direkt im `gnuplot` berechnet. Siehe Appendix A für die genauer Rechnung.

[1] cdn.rohde-schwarz.com/hameg-archive/HM1507-3_deutsch.pdf

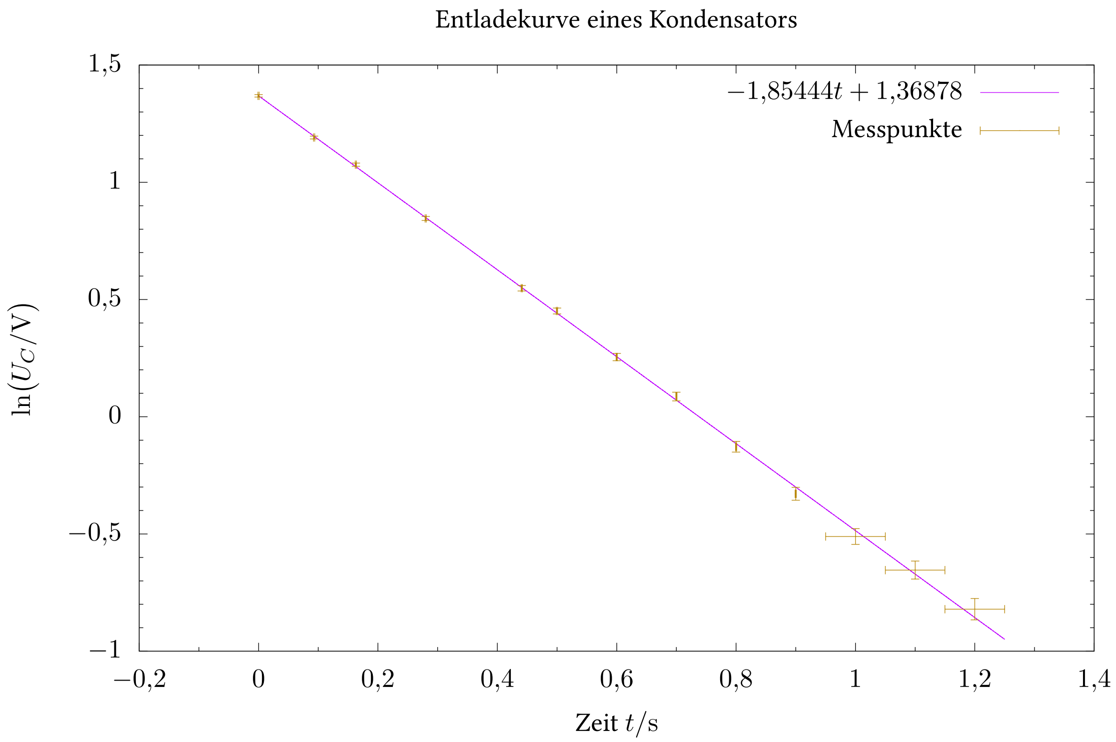


Abbildung 5.1: Entladung einer Kondensators über einen $1\,\mathrm{M\Omega}$ Resistor
$\chi^2_{\text{red}} = 0{,}476\,632 \implies$ Gute Anpassung

Als Endergebnis erhalten wir:

| Variable | Wert | Gerundet |
|---|---|---|
| $m$ | $(-1{,}854\,44 \pm 0{,}009\,18)\,\mathrm{s}^{-1}$ | $(-1{,}854 \pm 0{,}010)\,\mathrm{s}^{-1}$ |
| $c$ | $1{,}368\,78 \pm 0{,}002\,74$ | $1{,}3688 \pm 0{,}0028$ |

Aus (5.1) gilt somit, dass die Relaxationszeit $t_e$ durch:

$$t_e = RC = -\frac{1}{m} = -\frac{1}{-1{,}854\,\mathrm{s}^{-1}} = 0{,}539\,374\,\mathrm{s} \quad \text{(6 sig. Zif.)} \tag{5.4}$$

$$\Delta t_e = \left|\frac{\partial t_e}{\partial m}\Delta m\right| = \frac{\Delta m}{m^2} = \frac{0{,}010\,\mathrm{s}^{-1}}{(-1{,}854\,\mathrm{s}^{-1})^2} = 2{,}909\,25 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{s} \quad \text{(6 sig. Zif.)} \tag{5.5}$$

gegeben ist. Wir erhalten dann als Relaxationszeit $t_e = (0{,}539 \pm 0{,}003)\,\mathrm{s}$.

Im Experiment waren einen Widerstand von $1\,\mathrm{M\Omega}$ und einen Kondensator von $1\,\mathrm{\mu F}$ benutzt. Wir erwarten folglich eine Relaxationszeit von $t_e = (1 \cdot 10^6\,\Omega)(1 \cdot 10^{-6}\,\mathrm{F}) = 1\,\mathrm{s}$.

Im Vergleich dazu ist die erhaltene Relaxationszeit viel kleiner als die erwartete Relaxationszeit. Das liegt vermütlich daran, dass der effektive Widerstand des Schaltnetz durch die Verwendung vom Tastkopf und Oszilloscope im parallel zum $1\,\mathrm{M\Omega}$ Widerstand verringelt hat. Das wird dann zu einer geringen Relaxationszeit führen, was wir hier tatsächlich beobachtet haben.

Wenn man noch Zusatzexperiment machen kann, kann man den Widerstand von Tastkopf charakterisieren, um zu wissen, ob die gemessene Daten mit der Theorie übereinstimmt.

# A gnuplot Quellcode zur Auswertung von Teilversuch 5

```
#!/usr/bin/env gnuplot

set term epslatex color size 6in, 4in
set output "tv5-plot.tex"
set decimalsign locale 'de_DE.UTF-8'

set title "Entladekurve eines Kondensators"
set ylabel "$\\ln (U_C / \\si{\\volt})$"
set xlabel "Zeit $t/\\si{\\second}$"

set mxtics
set mytics
set samples 10000

f(x) = m*x + c

# (x, y, xdelta, ydelta)
fit f(x) "tv5.dat" u ($1/1000):(log($2)):($3/1000):(0.02/$2) xyerrors via m,c

set key top right spacing 1.3

titel = "$".gprintf("%.5f", m)."t + ".gprintf("%.5f", c)."$"
plot f(x) title titel lc rgb 'dark-magenta', \
    "tv5.dat" u ($1/1000):(log($2)):($3/1000):(0.02/$2) with xyerrorbars
    ↪ title "Messpunkte" pointtype 0 lc rgb 'dark-goldenrod'
```

mit tv2.dat:

```
# t/ms   U/V     delta t
0        3,93    1
93       3,29    1
163      2,93    1
280      2,33    1
441      1,73    1
500      1,57    1
600      1,29    1
700      1,09    1
800      0,880   1
900      0,720   1
1000     0,600   50
1100     0,520   50
1200     0,440   50
```

Rohausgabe:

```
final sum of squares of residuals : 5.24295
rel. change during last iteration : -6.37075e-07

degrees of freedom    (FIT_NDF)                        : 11
rms of residuals      (FIT_STDFIT) = sqrt(WSSR/ndf)    : 0.690385
variance of residuals (reduced chisquare) = WSSR/ndf   : 0.476632
p-value of the Chisq distribution (FIT_P)              : 0.918832

Final set of parameters            Asymptotic Standard Error
=======================            ==========================
m               = -1.85444         +/- 0.009173     (0.4947%)
```

```
c               = 1.36878          +/- 0.002734     (0.1997%)

correlation matrix of the fit parameters:
                m      c
m               1.000
c              -0.668  1.000
```