

Philipps-Universität Marburg
Fachbereich Physik
Seminar zur Experimentalphysik I
Leitung: Prof. Heimbrodt



Auf- und Entladevorgänge in einem Leitersystem

Referent:

Dirk Winkel

Matrikelnummer 1444522
uni@polarwinkel.de
Lutherstr. 22
35037 Marburg

27. JANUAR 2006

1 Elektrischer Strom und elektrischer Widerstand

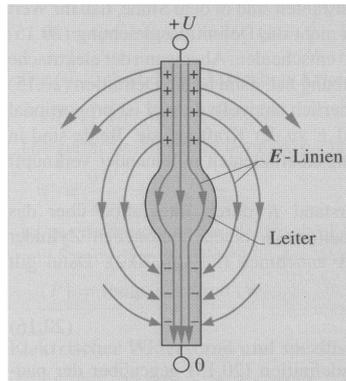


Abbildung 1.1: elektrisches Feld in einem Leiter

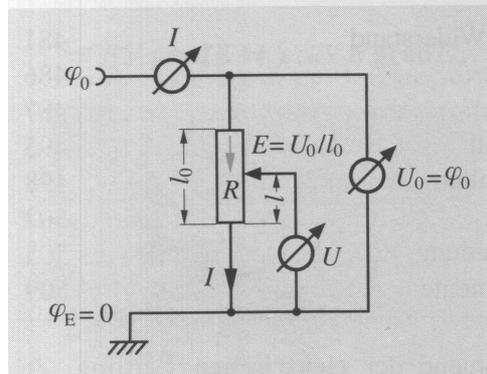


Abbildung 1.2: Schaltung eines Schiebewiderstandes

$10^4 \frac{C}{cm^3}$ approximiert werden. Damit folgt bei einem Leitungsdurchmesser von $1mm^2$ und einem Strom von $1A$:

$$\bar{v}_{Drift} = \frac{I}{A \rho_e} \approx \frac{1A}{10^{-2}cm^2 10^4 As/cm^3} = 10^{-2} \frac{cm}{s}$$

Im Verhältnis zur mittleren thermischen Geschwindigkeit der Elektronen von etwa $10^6 \frac{cm}{s}$ also eine ausgesprochen geringe Geschwindigkeit. Da elektrische Erscheinungen aber offenbar Zeitgleich mit dem Anlegen eines elektrischen Potentials eintreten wird hiermit deutlich, dass nicht der Strom selbst, sondern das elektrische Feld im Leiter, welches den elektrischen Strom erzeugt, entscheidend ist. Dieses breitet sich in der Tat mit Lichtgeschwindigkeit im Leiter aus.

In vielen Festkörpern ist der elektrische Widerstand in weiten Bereichen lediglich abhängig von der Länge l und der Durchschnittsfläche A des Leiters. Aus dem **spezifischen Widerstand** ρ ergibt sich dann der Widerstand des Leiters zu

$$R = \frac{U}{I} = \rho \frac{l}{A}$$

2 Kondensatoren

Wird an einen Leiter eine Spannung angelegt, so fließen elektrische Ladungen. Ist dieser Leiter jedoch nach außen isoliert, so stellt sich über den ganzen Leiter dieses Potential ein und es kommt zu keinem weiteren Stromfluss. Die Ladungsmenge, die bis zum Gleichgewicht fließt, ist abhängig von der **Kapazität** C des Leiters. Die Ladungsmenge ist dabei direkt proportional zur Potentialdifferenz. Somit gilt

$$C = \frac{Q}{U} = \text{const.}$$

Die Einheit der Kapazität ist $\frac{As}{V} = F$ Farad. Eine einfache geladene Kugel im Vakuum hat ein Potential von

$$\varphi(R, Q) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

und damit eine Kapazität von

$$C = 4\pi\epsilon_0 R \approx \frac{110pF}{m} R$$

mit m als der Einheit Meter. Daraus ergibt sich für die Kapazität der Erde etwa 0,0mF. Im Handel sind aber Kondensatoren erhältlich von mehreren Farad. Diese gewaltigen Steigerungen lassen sich durch die Hilfe zweier Erscheinungen erzielen.

Werden 2 Kondensatorplatten einander gegenüber gestellt und eine geladen, so wird durch Influenz die gegenüberliegende entgegengesetzt geladen. Für das dazwischenliegende elektrische Feld gilt

$$E = U/d$$

da dies homogen ist. Damit folgt für die Kapazität eines solchen Kondensators

$$C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

für $A \gg d$.

Durch Verringerung des Abstandes lassen sich also gewaltige Kapazitäten realisieren.

3 Einführung in CASSY

Die im nächsten Abschnitt durchgeführten Messungen wurden mit dem Computergestützten Messsystem "CASSY" durchgeführt. Dieses System ist oft in Schulen vorhanden und ermöglicht auf recht einfache Weise Messungen, die in der Präzision ansonsten in der Schule nicht möglich wären. Die Entladung eines Kondensators über einen Widerstand ist dafür nur eines von vielen Beispielen. Darüber hinaus lassen sich die erfassten Daten direkt in dem System auswerten.

Zunächst soll eine kurze Checkliste folgen, um das (hier verwendete) System zu starten:

- CASSY an den PC und an die Steckdose anschließen
- CASSY durch ausführen der CASSYLab.exe starten
- Copyright-Informationen Schließen, dann OK bestätigen, "Kein CASSY gefunden" mit OK bestätigen
- COM-Port wählen, an dem das CASSY angeschlossen ist (COM2, ansonsten einfach durchprobieren). CASSY-Anordnung erscheint unter der Registrierkarte "CASSY"
- "Beispiel laden" klicken, um ein vorprogrammiertes Beispiel mit ausführlicher Anleitung zu Laden.
- Alternativ 2 mal "schließen" klicken und eigene CASSY-Datei laden

Unter den Beispielen sind unzählige vorprogrammierte "Kochrezepte" für Versuche angegeben. Gleichzeitig sind hier auch schon entsprechende Messwerte zur Referenz abgespeichert.

Am besten können die Möglichkeiten des Systems durch ausprobieren erkannt werden. Um einige Vorzustellen sind im folgenden einige Screenshots aufgelistet.

3 Einführung in CASSY

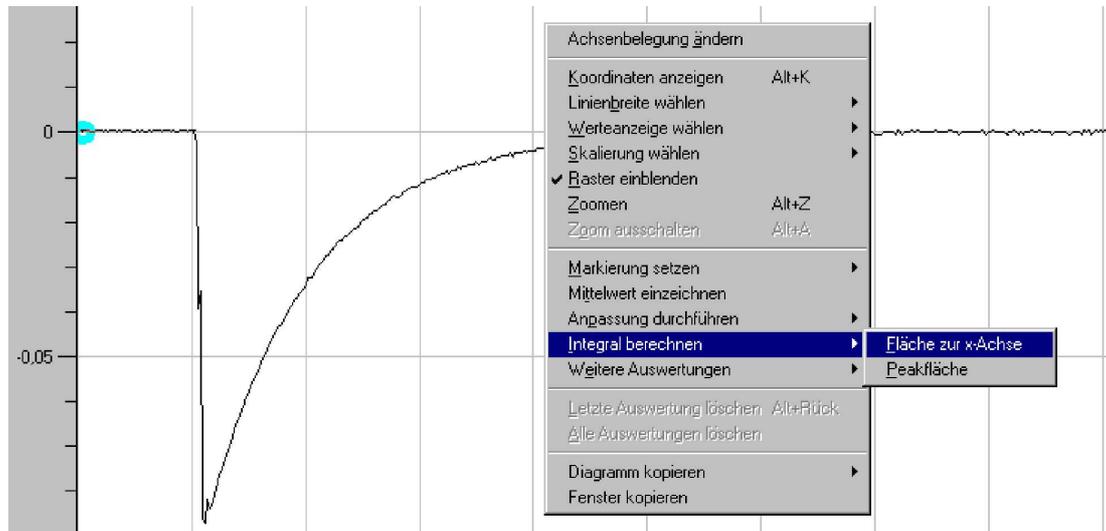


Abbildung 3.4: Operationen wie Integrale der Kurven oder Teilen davon werden durch Rechtsklick auf die Kurve aufgerufen

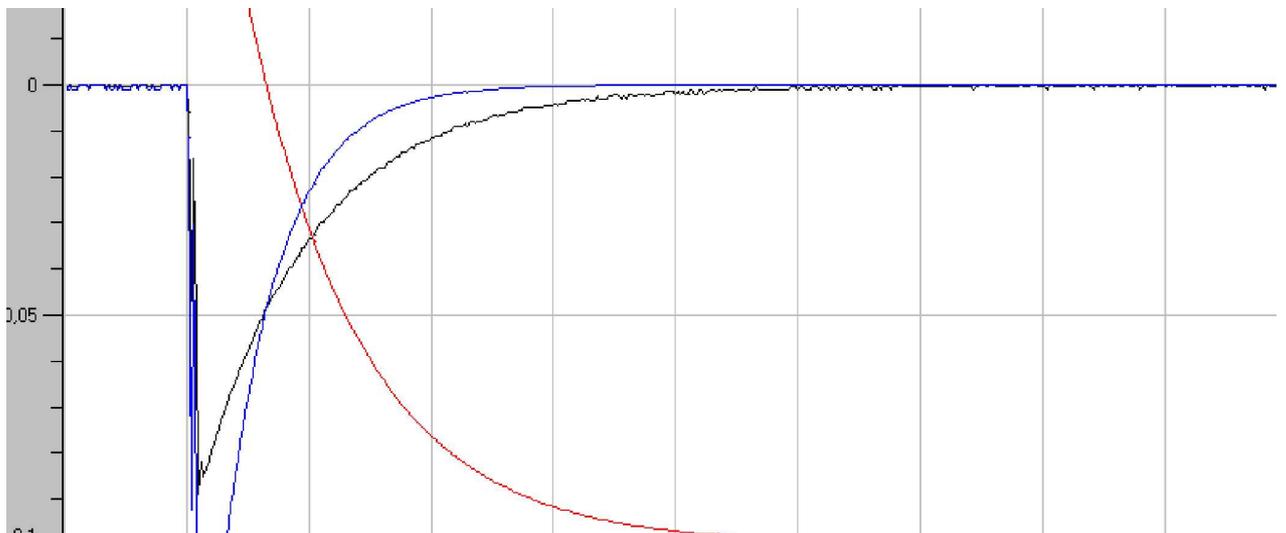


Abbildung 3.5: Unterschiedliche Kurven können in einem Diagramm dargestellt werden

4 Lade- und Entladevorgänge

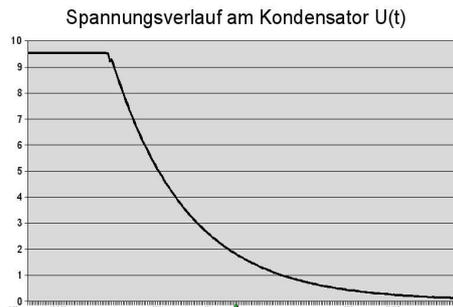


Abbildung 4.2: Spannungsverlauf, U in Volt

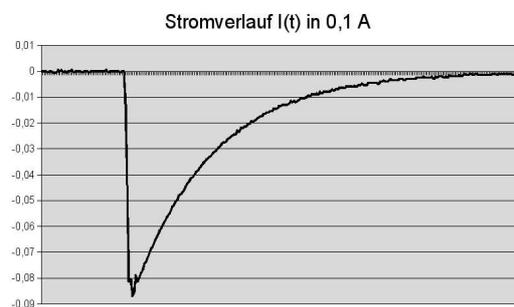


Abbildung 4.3: Stromverlauf, I in 0,1 A

folgt für die Steigung dann $k = \frac{1}{RC}$. Nach Messung an der logarithmierten Kurve ergibt sich $k = -0,10040$, während der theoretische Wert bei 0,1 liegt. Der Wert ist also auf 3 Stellen genau. Das ist sogar genauer als die üblichen Toleranzen der Bauteile, was wohl auf Zufall zurück zu führen ist. Kondensatoren haben oft große Toleranzen in der Fertigung, da der Abstand der Platten nicht exakt bestimmt wird.

Ein anderer Weg, um die Kapazität zu ermitteln, ist es über die direkte Definition der Kapazität zu gehen. Hierbei ist es nötig zu wissen welche Ladung insgesamt von dem auf 9,53V aufgeladenen Kondensator abfließen. Da gilt

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

folgt

$$\int_{t=0}^{\infty} I dt = Q$$

Die Fläche unter der I-Kurve entspricht also direkt der abgeflossenen Ladung.