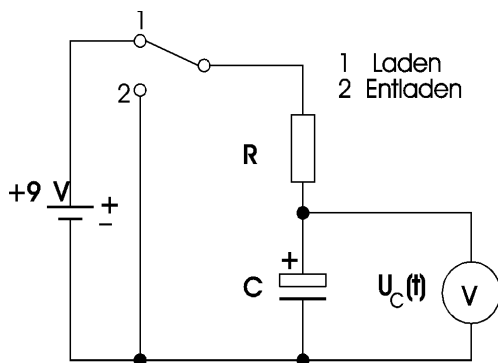


## Gleichspannungseigenschaften von Kondensatoren

### Aufgabenstellung:

Das dynamische Verhalten eines Kondensators wird durch die Aufnahme der Lade und Entladekurve beobachtet. Das statische Verhalten eines Plattenkondensators ist durch Messung der Kapazität bei variablem Plattenabstand, zwischen denen sich Luft (Vakuum) befindet, zu untersuchen. Schließlich ist noch der Einfluß dielektrischer Materialien zwischen den Platten auf die Kapazität zu bestimmen

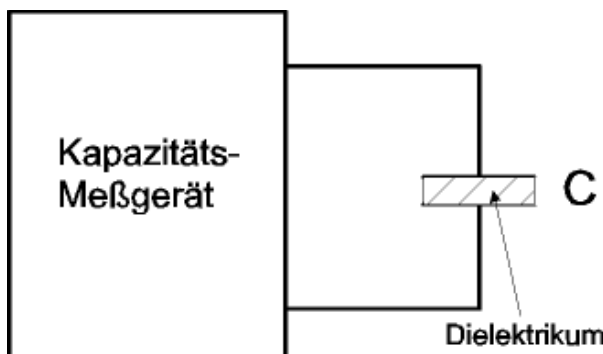
### Experimentelle Vorgangsweise:



Schaltung zum Ladungs- und Entladungsvorgang

#### A) Ladung und Entladung eines Kondensators

An einem Netzgerät wird eine Spannung von 9V eingestellt. Das Netzgerät wird über einen Widerstand  $R$  ( $100\text{ k}\Omega$ ) mit einem Kondensator  $C$  (Kapazität  $C = 470\text{ }\mu\text{F}$ , **POLUNG BEACHTEN!! FALSCH GEPOLTE ELEKTROLYT-KONDENSATOREN KÖNNEN EXPLODIEREN!!**) verbunden (siehe nebenstehende Abbildung). Mit dem Digitalmultimeter wird die Spannung  $U_C$  am Kondensator gemessen. Sofort nach dem Einschalten ist die Spannung  $U_C$  am Kondensator mit dem Digitalmultimeter zu beobachten. In konstanten Zeitabständen von 10 s sind 20 Meßpunkte aufzunehmen. Nach Beendigung des Ladevorganges ist das Netzgerät von der Schaltung abzutrennen. Die Zuleitungskabel werden sodann kurz geschlossen, sodaß sich der Kondensator über den Widerstand entladen kann. Bei der Aufnahme des Entladungsvorganges sind dieselben Zeitintervalle zu wählen wie beim Ladevorgang.



Messung einer Kapazität

#### B) Kapazität des Kondensators ohne Dielektrikum:

Die Kapazität  $C$  eines Plattenkondensators, dessen Platten beweglich auf einer Schiene montiert sind, ist bei verschiedenen Plattenabständen  $d$  ist ohne Dielektrikum mit der Universal-Meßbrücke Hameg HM 8018 zu messen. Das Gerät ist laut Anleitung richtig einzustellen. Zunächst wird der kleinste Plattenabstand  $d$  eingestellt (eventuell Distanzstücke verwenden). Der Plattenabstand wird mit einer Schiebelehre bestimmt. Anschließend wird die Kapazität  $C_d$  des Kondensators mit der Meßbrücke gemessen. Danach werden für weitere fünf größerwerdende Plattenabstände  $d$  nochmals die Kapazitäten  $C_d$  bestimmt.

#### C) Kapazität des Kondensators mit Dielektrikum:

Im letzten Teil werden verschiedene Kunststoffplatten, die als Dielektrikum dienen, zwischen die Kondensatorplatten gegeben. Der Abstand der Kondensatorplatten ist dabei auf die Dicke  $d_e$  der Kunststoffplatten zu reduzieren. Die Dicke der Platte, welche jetzt gleich dem Plattenabstand sein sollte, wird mit der Schiebelehre gemessen und die Kapazität des Kondensators  $C_e$  mit Hilfe der Meßbrücke bestimmt. Anschließend wird das Dielektrikum aus dem Kondensator entfernt und bei unverändertem Plattenabstand die Kapazität  $C_0$  noch einmal bei Luft gemessen.

### Auswertung:

zu A) Die Kondensatorspannung  $U_C$  des Ladevorganges ist als Funktion der Zeit  $t$  ( $U_C$  über  $t$ ) zu zeichnen. Die Spannung  $U_C$  des Entladevorganges ist halblogarithmisch über die Zeit ( $\ln U_C$  über  $t$ ) aufzutragen. Aus der Steigung einer durch die Datenpunkte gelegten Ausgleichsgeraden ist die Kapazität  $C$  zu berechnen. Die Meßfehler sind abzuschätzen. Die Ergebnisse sind zu diskutieren.

zu B): Die Kapazitäten  $C_d$  des Kondensators bei verschiedenen Plattenabständen sind in einem Diagramm in Abhängigkeit vom reziproken Abstand  $1/d$  darzustellen. Eine Ausgleichsgerade ist durch die Meßpunkte zu legen. Die gemessene Kapazität  $C_d$  setzt sich zusammen aus der Kapazität  $C_L$  der Zuleitungen und der eigentlichen Kapazität  $C_0 = \epsilon_0 A/d$  des Plattenkondensators, wobei  $A$  die Plattenfläche und  $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ As/(Vm)}$  ist, also  $C_d = C_L + C_0$ . Aus der Steigung der Gerade wird  $\epsilon_0 A$  bestimmt, während  $C_L$  sich aus dem Schnittpunkt der Gerade mit der Ordinate ergibt. Aus dem Wert  $\epsilon_0 A$  wird die Plattenfläche  $A$  berechnet und mit dem Werte verglichen, der sich durch Abmessen der Platten ergibt. Eine eventuelle Abweichung ist zu diskutieren.

zu C): Aus der Kapazität mit Dielektrikum  $C_e = \epsilon_r \epsilon_0 A/d_e$  und ohne Dielektrikum  $C_0 = \epsilon_0 A/d_e$  bei dem selben Plattenabstand  $d_e$  ist die Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  zu berechnen, die sich aus dem Verhältnis der Kapazität mit Dielektrikum und ohne Dielektrikum ergibt.

Die Fehler sind abzuschätzen und die Ergebnisse sind zu diskutieren.

### **Zur Vorbereitung:**

#### **H. Tritthart, *Medizinische Physik und Biophysik*, 2001, Schattauer GmbH Stuttgart**

Kap. 5. Elektrizität; Kap. 5.1 Elektrostatik; Kap. 5.1.1 Ladung; Kap. 5.1.2 Coulomb Gesetz; Kap. 5.2.1 Materie im elektrischen Feld; Widerstand; Leiter im elektrostatischen Feld; Kondensator; Kap. 6.1 Biologische Ströme und medizinische Stromwirkungen; Kap. 6.1.1 Membranen; Membrankapazität und Widerstand

#### **W. Hellenthal, *Physik für Mediziner und Biologen*, 7. Auflage 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart**

Kap. 6.1.3 Elektrische Ladung und Stromstärke; Kap. 6.1.5 Elektrische Energie und Leistung; Kap. 6.2.2 Elektrostatische Felder; Kap. 6.2.3 Kondensator; Kap. 6.2.4 Influenz; Kap. 6.7.1 Meßinstrumente für Stromstärke und Spannung; Kap. 6.8 Dielektrische Eigenschaften der Materie; Kap. 6.8.1 Elektrische Polarisierung; Kap. 6.8.2 Dipolmoment (elektrisches); Kap. 6.8.3 Verschiebungspolarisation; Kap. 6.8.4 Orientierungspolarisation; Kap. 7.1.3 Einschwing- und Abklingvorgänge.

#### **A. Trautwein, U. Kreibitz, E. Oberhausen, J. Hüttermann, *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*, 2000, Walter de Gruyter Berlin**

Kap. 14.2 Ladung; Kap. 14.2.1 Ladungsmenge; Kap. 14.2.2 Kraft zwischen elektrischen Ladungen; Kap. 14.3 Spannung; Kap. 14.4 Strom; Kap. 14.7 Elektrostatistisches Feld; Kap. 14.7.2 Arbeit und Energie im elektrischen Feld; Kap. 14.7.3 Kondensator und Kapazität; Kap. 14.7.4 Kräfte auf einen Dipol im Feld; Kap. 14.7.5 Materie im Feld; Kap. 14.7.6 Energieinhalt des elektrischen Feldes.

### **WEB-Links:**

- Die Kapazität eines Kondensators: <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/capacitance/>
- Die Zeitkonstante RC: <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/timeconstant/>
- Ein natürlicher Kondensator: <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/lightning/>
- Ladung und Entladung eines Kondensators: <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/capacitor/> bzw. <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/rc/rc.html>
- Der Kondensator: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0205141.htm>
- Kondensator im Gleichstromkreis: <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0205301.htm>
  - Ladung eines Kondensators: <http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/lehre/messmethoden/teil6/rc-schaltung/ladung/rc-schaltungen-ladung.htm>
  - Entladung eines Kondensators: <http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/lehre/messmethoden/teil6/rc-schaltung/entladung/rc-schaltungen-entladung.htm>
  - Lineare Regression: <http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/lehre/messmethoden/teil5/lineare-regression.htm>

### **Anwendungsbeispiele für die physikalischen Begriffe *Kapazität* und *Filter***

- Verständnis der passiven elektrischen Eigenschaften biologischer Membranen als Grundlage für Zellbiologische Vorgänge und für die Funktion von Neuronen.
- Elektrische Filterungen in der Elektrophysiologie.