

	<i>Robert-Bosch-Gymnasium</i> Physik (2-/4-stündig), NGO	
Praktikum Versuch Nr.: 1.1	Block 1 / E-Lehre Kapazitätsbestimmung am Kondensator	3.3.2014 Seite - 1 -

Messung der Kapazität von Kondensatoren - automatisierte Messwertfassung mit Interface und Laborsoftware (CASSY) auf dem Notebook

1. Theoretische Grundlagen / Einführung

Entladefunktion und Halbwertszeit

Die Kapazität eines Kondensators ist definiert durch den Quotienten aus der auf den Platten gespeicherten Ladung Q bei gegebener Ladespannung U und eben dieser Ladespannung U :

$$C = \frac{Q}{U}$$

Die Bestimmung der elektrischen Ladung auf den Platten ist bei technischen Kondensatoren (Wickelkondensator, Keramik-Kondensator, Elektrolytkondensator) allerdings nicht (direkt) möglich und wäre - falls möglich - aufgrund der geringen Ladungsbeträge auch stark fehleranfällig (Ladungsmessungen sind immer schwierig wegen Isolationsproblemen!).

Deshalb wird im vorliegenden Experiment die Kapazität von verschiedenen Kondensatoren durch die Aufnahme der Entladekurven ermittelt (im professionellen Bereich werden Kapazitäten über Wechselstrommessungen ermittelt; im Wechselstromkreis stellt ein Kondensator einen kapazitiven Widerstand dar, dessen Wert zur Kapazität umgekehrt proportional ist; siehe dazu Versuch 1-10). Bei der Auswertung unserer Messung wird die **Halbwertszeit-Methode** eingesetzt.

Die Entladung eines Kondensators von einer definierten Anfangsspannung aus über einen elektrischen Widerstand geschieht nach einer Exponentialfunktion (e-Funktion). Die Funktion ist dadurch gekennzeichnet, dass nach einer bestimmten Zeit $T_{1/2}$ der Anfangswert (der Ladung bzw. der Spannung) auf die Hälfte gesunken ist (daher der Begriff **Halbwertszeit**) und nach einer weiteren Halbwertszeit auf die Hälfte dieser Hälfte (auf ein Viertel des Anfangswertes) usw.

Man kann (mit Hilfe der Entladefunktion) einfach zeigen, dass die Halbwertszeit gegeben ist durch:

$$T_{\frac{1}{2}} = R \cdot C \cdot \ln(2)$$

Dabei ist der natürliche Logarithmus von 2 (also $\ln(2)$) gerade 0,69.
Demnach gilt:

$$T_{\frac{1}{2}} = R \cdot C \cdot 0,69$$

Das Produkt aus R und C heißt auch **Zeitkonstante**. Kennt man also den Entladewiderstand und die Halbwertszeit, kann man die Kondensatorkapazität leicht berechnen.

	<p style="text-align: center;"><i>Robert-Bosch-Gymnasium</i> Physik (2-/4-stündig), NGO</p>	
<p>Praktikum Versuch Nr.: 1.1</p>	<p style="text-align: center;">Block 1 / E-Lehre Kapazitätsbestimmung am Kondensator</p>	<p style="text-align: right;">3.3.2014 Seite - 2 -</p>

Das CASSY-System und die Software CASSY Lab

Die (Auf- und) Entladekurve des Kondensators wird mit Hilfe des CASSY-Systems aufgenommen. Im Praktikumsraum liegt ein ausführliches Handbuch zum CASSY-System aus; der vorliegenden Anleitung sind wichtige Auszüge aus diesem Handbuch beigelegt.

Das CASSY-System (Computer Assisted Science SYstem) ist sehr benutzerfreundlich. Nach Starten der Software „CASSY-Lab“ kann man zunächst zu dem gewünschten Experiment navigieren und die dazu benötigten Geräteeinstellung durch Betätigen des Schalters "Beispiel laden" aktivieren. Auf der jeweiligen Versuchs-Beschreibungsseite ist auch die notwendige Verkabelung abgedruckt, so dass im Prinzip nichts schief gehen kann. Im vorliegenden Fall könnte das Sensor-CASSY auch die erforderliche Versorgungsspannung liefern. Wir benutzen aber eine leicht abweichende Methode.

Die CASSY-Lab-Software wurde als Schullizenz erworben und ist auf allen Rechnern / Notebooks in den naturwissenschaftlichen Räumen installiert. Das Sensor-CASSY wird über ein USB-Kabel am PC / Notebook angeschlossen. Nach Start der Software wird das angeschlossene System erkannt. Durch Anklicken der Bereiche des Sensor-CASSY, auf die Messmodule gesteckt wurden, wird die Gerätekonfiguration erkannt und aktualisiert und kann dimensioniert werden (Messbereiche etc.). Diese Prozedur entfällt, wenn man ein vor-konfiguriertes Messbeispiel - wie oben beschrieben - lädt.

Beim Messen können die aktuellen Messwerte in einem virtuellen Messgerät auf dem Bildschirm angezeigt werden; die Messdaten werden in einer nach Excel exportierbaren Tabelle gespeichert (und aufgelistet), je nach Konfiguration werden die Messwerte (hier die Spannungen über der Zeit) auch grafisch dargestellt. Die Achsen des Diagramms aktualisieren sich automatisch (wenn bei längerer Messdauer der Maßstab geändert werden muss). Die Diagramme können auch als Bilder exportiert und/oder auf Drucker ausgedruckt werden. Im Praktikumsversuch sollen die Messkurven (pro Versuch) auf einem der Drucker im Naturwissenschaftsbereich ausgedruckt und später per Hand ausgewertet werden. Alternativ könnten die Kurven auch mit der CASSY Lab-Software analysiert und ausgewertet werden.

In der Forschung und in der Industrie ist das Messen mit Hilfe von Computern seit vielen Jahren „state of the art“. Meist werden vom Rechner die Daten nicht nur erfasst, sondern auch gleich ausgewertet und die Ergebnisse entsprechend aufbereitet oder aus den Messwerten weitere Aktionen abgeleitet (Regeltechnik, Prozesssteuerung).

Ziel dieses Versuches ist nicht nur die Beschäftigung mit dem physikalischen Phänomen „Kapazität eines Kondensators“, sondern auch das **exemplarische Erlernen des Umganges mit einem PC in seiner Anwendung als „Messgehilfe“**. Dazu ist es erforderlich, sich in die Handhabung des Messinterfaces und der Software einzuarbeiten.

	<p style="text-align: center;"><i>Robert-Bosch-Gymnasium</i> Physik (2-/4-stündig), NGO</p>	<p style="text-align: center;">Robert Bosch Gymnasium</p> 
<p>Praktikum Versuch Nr.: 1.1</p>	<p style="text-align: center;">Block 1 / E-Lehre Kapazitätsbestimmung am Kondensator</p>	<p style="text-align: right;">3.3.2014 Seite - 3 -</p>

2. Versuchsvorbereitung

Verschafe dir anhand des Unterrichtsskripts und /oder des Physik-Lehrbuches oder anderer Quellen einen detaillierten Überblick über die **Theorie des Auf- und Entladevorganges bei Kondensatoren**. Mache dich mit den unten angegebenen Schaltungen vertraut.

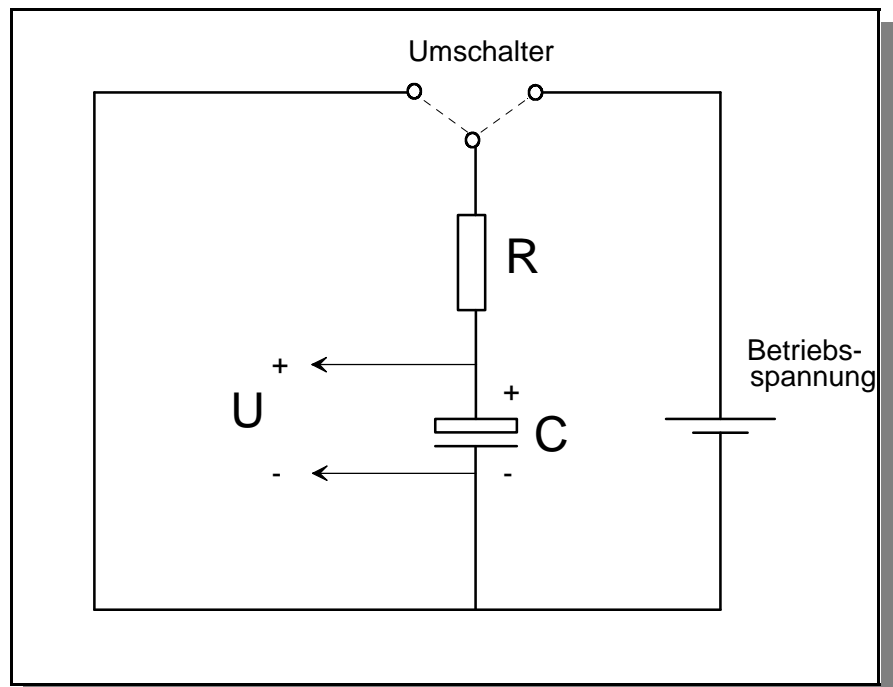
Lies in Büchern / auf entsprechenden Websites nach, welche **technischen Bauformen** bei Kondensatoren üblich sind, welche Vor- und Nachteile sie bieten. Informiere dich über **Kondensatoreigenschaften** (Nennspannung, Nennkapazität, Isolationswiderstand, Spannungsfestigkeit....).

Lies die Bedienungsanleitung für das benutzte CASSY-Interface an den relevanten Stellen durch. Das Interface ist teuer; bitte beachte alle Angaben sehr genau. Gehe sorgsam mit dem Mess-System und dem Notebook um. Ein Handbuchausdruck liegt im Praktikumsraum aus.

3. Versuchsaufbau, Durchführung der Messung / Messaufgaben

Die der Messung zu Grunde liegende Schaltung entspricht im Prinzip der nebenstehenden Schaltskizze: Ein Kondensator wird an einer äußeren Spannungsquelle über den Widerstand R aufgeladen; durch Umschaltung des Schalters wird der Kondensator über den zweiten Kreis (der die Quelle nicht enthält) wieder entladen. der Entladewiderstand entspricht dabei dem Ladewiderstand.

Zur Auswertung benutzt werden nur die Entladekurven $U(t)$. Durch Messung der Spannung am Widerstand wäre auch der Entladestrom messtechnisch zugänglich.



Es werden verschiedene Kombinationen von Kondensatoren und Widerständen untersucht. Bei Elektrolytkondensatoren ist auf die **richtige Polung** zu achten. Bei kleinen Kapazitäten große, bei großen Kapazitäten kleine Widerstände benutzen...!

	<p style="text-align: center;"><i>Robert-Bosch-Gymnasium</i> Physik (2-/4-stündig), NGO</p>	
<p>Praktikum Versuch Nr.: 1.1</p>	<p style="text-align: center;">Block 1 / E-Lehre Kapazitätsbestimmung am Kondensator</p>	<p style="text-align: right;">3.3.2014 Seite - 4 -</p>

Achtung: bei Verpolung droht u. U. akute Explosionsgefahr!

Wir verwenden als Spannungsquelle ein externes Labornetzgerät; die Spannung wird am Kondensator abgegriffen und dem CASSY-System zugeführt.

Die Fertigung der Widerstände ist mit Toleranzen verbunden; der aufgedruckte Wert stimmt deshalb nur im Rahmen der Toleranz (z. B. 10 % bei Kohleschichtwiderständen der Reihe E12, 5 % bei Metallfilmwiderständen der Reihe E24) mit dem tatsächlichen Widerstandswert überein. Der tatsächliche Wert ist deshalb bei Versuchsbeginn mit dem Digitalmultimeter im Widerstandsmessbereich zu bestimmen.

Die Ladespannung an den Kondensatoren darf die (aufgedruckte) Nennspannung auf keinen Fall (längere Zeit wesentlich) überschreiten.

Die Widerstands-Kapazitäts-Kombinationen sind so zu wählen, dass sich über den Messzeitraum hinweg eine gut auswertbare Kurve ergibt. Bei kleineren Kapazitäten ist also der Widerstandswert zu vergrößern, um eine genügende Entladedauer zu gewährleisten. Überschlage vor Messbeginn aus dem benutzten Kapazitäts- und Widerstandswert bei Entladung die sich ergebende Zeitkonstante (RC).

Baue zunächst die Lade-/Entladeschaltung auf einem Elektroniksteckbrett auf und verbinde diese gemäß obiger Schaltskizze mit dem CASSY Mess-Interface. Bevor das Netzgerät eingeschaltet wird, muss die Schaltung durch den Praktikumsleiter kontrolliert worden sein!

Messaufgaben:

Es werden mit *mindestens* **3 verschiedenen Kapazitätswerten** von Kondensatoren und dabei **2 verschiedenen Entladewiderständen** die Auf- und Entladekurven aufgezeichnet (insgesamt also *mindestens* **6 Kurven**) Ausgewertet werden nur die **Entladekurven**.

Notiere in deinem Messprotokoll alle Werte und Einstellungen (Nennkapazität und Nennwiderstand, Ladespannung, Einstellungen an der Software. Die genauen Spannungswerte könnten auch durch Anfahren der Punkte auf dem Bildschirm abgelesen werden.

Geräteliste:

- Elektronik-Rastersteckplatte
- Messkabel
- Sensor-CASSY mit Stromversorgung (ext. Steckernetzteil)
- Notebook mit CASSY Lab-Software
- Kondensatoren (auch Elko's) mit 1 μF , 47 μF , 100 μF ...
- Widerstände mit 100 Ω , 470 Ω , 1 $\text{k}\Omega$, 4,7 $\text{k}\Omega$, 10 $\text{k}\Omega$, 100 $\text{k}\Omega$, ...
- Digitalmultimeter

	<p><i>Robert-Bosch-Gymnasium</i> Physik (2-/4-stündig), NGO</p>	<p>Robert Bosch Gymnasium</p> 
<p>Praktikum Versuch Nr.: 1.1</p>	<p>Block 1 / E-Lehre Kapazitätsbestimmung am Kondensator</p>	<p>3.3.2014 Seite - 5 -</p>

4. Auswertung

Bestimmung der tatsächlichen Kapazitäten der Kondensatoren:

Bestimme für jeden Kondensator aus allen mit ihm durchgeführten Messungen die Halbwertszeit über mindestens drei Halbwertszeiten hinweg. Bilde aus den Ergebnissen den Mittelwert.

Vergleiche die gemessenen Kapazitätswerte mit den Nennkapazitäten; sie können - besonders bei Elektrolytkondensatoren - erheblich von einander abweichen!

Wie könnte die Ladung auf den Kondensatoren im Endzustand der Aufladung ermittelt werden; erläutere deine Gedanken dazu im Versuchsprotokoll!

5. Fehlerbetrachtung

Führe eine Größtfehlerbetrachtung durch!

© *a. p. / 3.3.2014*