Auswertung P1-81 – Elektrische Messverfahren

Michael Prim & Tobias Volkenandt

16. Januar 2006

Aufgabe 1.1 – Messung des Innenwiderstandes R_i^I des μA-Multizets

Nachdem wir die Schaltung gemäß Schaltskizze (Abb.1) aufgebaut hatten und die Spannung $U_0 = 6V$ anlegten, wurde durch Veränderung des $10k\Omega$ Regelwiderstandes die Stromstärke am $\mu A - Multizet$ auf $I_0 = 1mA$ eingestellt. $R_{pot} = 4,5k\Omega$ war hierbei die Einstellung des Potentiometers.
Anschließend schalteten wir das $AV\Omega - Multizet$ als Spannungsmessgerät parallel zum $\mu A - Multizet$ und konnten dort $U_i = 112mV$ messen. Am $\mu A - Multizet$ betrug die Stromstärke dann nur noch $I = 0,63mA$.

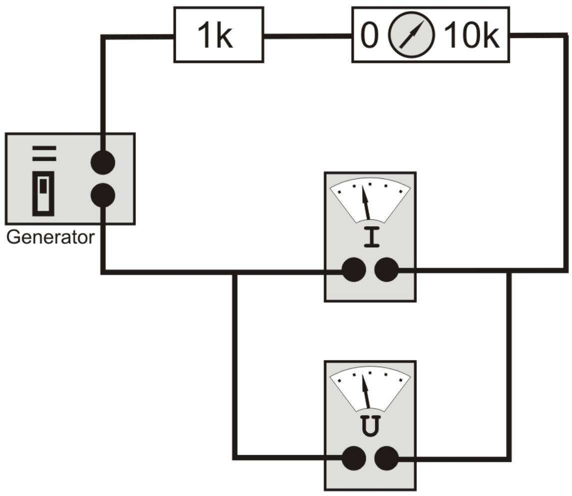


Abb.1: Bestimmung Innenwiderstand des Messgeräts

Aus den Messwerten ließt sich der Widerstand des Messgeräts berechnen.

➔ Innenwiderstand des $\mu A - Multizet$ $R_i^I = \frac{U_i}{I} = 177,78\Omega$

Aufgabe 1.2 – Berechnung des Innenwiderstandes R_i^U des $AV\Omega$-Multizets

Wir können den Innenwiderstand des $AV\Omega - Multizet$ zunächst nähern indem wir annehmen, dass sich der Gesamtstrom im Kreis durch Zuschalten des Spannungsmessgeräts nur geringfügig ändert. Mit den Daten aus Versuch 1.1. folgt:

➔ Innenwiderstand des $AV\Omega - Multizet$ $R_i^U = \frac{U_i}{I_0 - I} = 302,70\Omega$

Es lässt sich nun der Gesamtwiderstand der Schaltung neu bestimmen, welcher einen neuen Gesamtstrom definiert:

$$R_{ges} = R + R_{Pot} + \frac{R_i^I \cdot R_i^U}{R_i^I + R_i^U} = 5612\Omega \;\Rightarrow\; I_{ges} = \frac{U_0}{R_{ges}} = 1{,}069mA$$

Setzt man diesen nun in die Formel ein, erhält man ein genaueres Ergebnis:

➔ Innenwiderstand des $AV\Omega - Multizet$ $R_i^U = \dfrac{U_i}{I_{ges} - I} = 255{,}13\Omega$

Aufgabe 1.3 – Messung eines unbekannten Widerstandes R_x mittels Strom und Spannung

Nachdem wir die Schaltung gemäß Aufgabenstellung (Abb.2) aufgebaut hatten, konnten wir auf zwei Arten Messwerte aufnehmen:

a) spannungsrichtige Schaltung: Spannungsmessung nur am Widerstand
b) stromrichtige Schaltung: Spannungsmessung über Widerstand und Strommesser

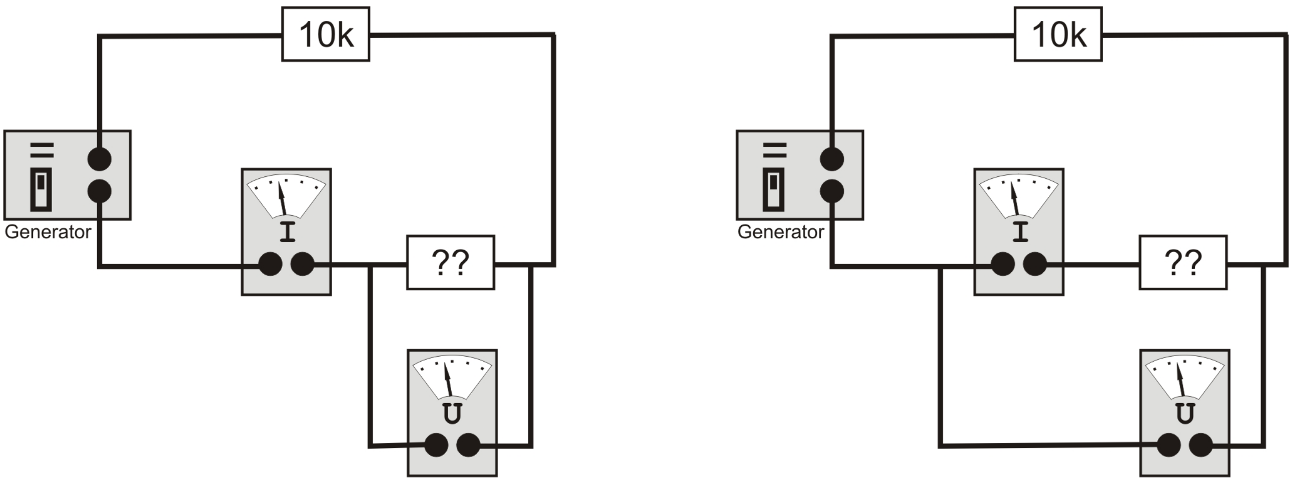


Abb.2: Links a) spannungsrichtige, rechts b) stromrichtige Schaltung

Wir tauschten zudem die Messgeräte aus und konnten so eine weitere Messreihe aufnehmen. Wir fanden folgende Messwerte:

	a)	**b)**
Spannung [V] mit $AV\Omega - Multizet$	0,105	0,120
Strom [mA] mit $\mu A - Multizet$	0,580	0,185
Spannung [V] mit $\mu A - Multizet$	0,265	0,322
Strom [mA] mit $AV\Omega - Multizet$	0,565	0,565

Unter Vernachlässigung der Innenwiderstände konnten wir gemäß $R_x = \frac{U}{I}$ den unbekannten Widerstand berechnen. Es ergab sich:

	$R_x^a\ [\Omega]$	$R_x^b\ [\Omega]$
Messgerät-Kombination 1	181,034	648,649
Messgerät-Kombination 2	469,027	569,912

Es ergeben sich sehr unterschiedliche Ergebnisse. Daran lässt sich erkennen, dass die Messung stark vom verwendeten Messgerät abhängt. Daher sollte der Widerstand ein weiteres Mal berechnet werden, jedoch unter Einbeziehung der Innenwiderstände der Messgeräte.

Für Fall a), die spannungsrichtige Schaltung, ist daher zu beachten, dass ein Teil des Stromes durch den Innenwiderstand des Messgeräts fließt. Deshalb wird der Strom in der Formel um genau diesen Teil korrigiert. Es gilt dann: $R_x^a = \frac{U}{I - \frac{U}{R_i}}$.

Im Fall b), der stromrichtigen Schaltung, muss analog beachtet werden, dass über dem Strommessgerät ein Teil der Spannung abfällt. Daher wird in der Formel nun die Spannung entsprechend korrigiert. Es gilt dann: $R_x^b = \frac{U - R_i I}{I}$.

Es waren für die Messgeräte in den entsprechenden Messbereichen folgende Innenwiderstände gegeben:

	$R_i^U\ [\Omega]$	$R_i^I\ [\Omega]$
$AV\Omega - Multizet$	300	100
$\mu A - Multizet$	30000	180

Damit ergaben sich folgende neue Ergebnisse:

	$R_x^a\ [\Omega]$	$R_x^b\ [\Omega]$
Messgerät-Kombination 1	456,522	468,649
Messgerät-Kombination 2	476,476	469,912

Diese liegen deutlich näher am eigentlichen Wert von $\sim 470\Omega$ des unbekannten Widerstandes. Dadurch wird klar, dass der Innenwiderstand eines Messgeräts nicht zu vernachlässigen ist.

Aufgabe 1.4 – Messung eines unbekannten Widerstandes R_x mittels einer Wheatstone'schen Brückenschaltung

In einer Wheatstone'schen Brückenschaltung wird ein Potentiometer parallel zu der Reihe aus einem unbekannten und einem bekannten Widerstand geschaltet. Es wird dann die Spannung gemessen, die zwischen der Mitte der beiden Widerstände und dem Seitenarm des Potentiometers abfällt. Sinkt diese auf 0, so gilt dass die Verhältnisse der Widerstände gleich sind. Es lässt sich dann leicht finden: $R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2}$, wobei $R_1 = 1k\Omega$ der bekannte Widerstand war und R_2, R_3 die beiden Hälften des Potentiometers.

Wir bauten die Schaltung (Abb.3) auf und stellten das Potentiometer entsprechend ein.

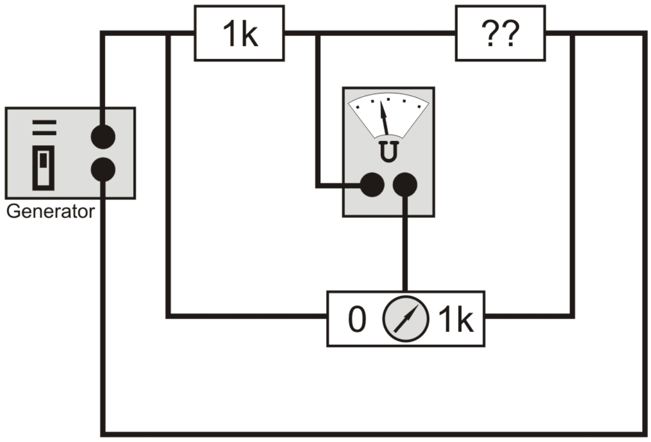


Abb.3: Wheatstone'sche Brückenschaltung

Wir konnten dann ablesen: $R_2 = 0{,}6795\Omega$ und $R_3 = 0{,}3205\Omega$, womit sich ergibt:

➔ Unbekannter Widerstand $R_x = R_1 \dfrac{R_3}{R_2} = 471{,}67\Omega$

Aufgabe 1.5 – Messung eines unbekannten Widerstandes R_x mittels eines Ohmmeters

Wir schalteten das $\mu A-Multizet$ auf Ohm-Messung und schlossen den unbekannten Widerstand an. Das Messgerät zeigte uns dann:

➔ Unbekannter Widerstand $R_x = 465\Omega$

Aufgabe 1.6 – Unbelastete Batterie in einer Kompensationsschaltung

Um die Spannung einer Batterie zu messen, ist es sinnvoll diese in eine Kompensationsschaltung (Abb.4) zu integrieren. Dazu wird zu der Batterie eine weitere Spannungsquelle derart in Reihe geschaltet, dass sich die beiden Spannungen genau aufheben. Da unsere Spannungsquelle nicht regelbar war, mussten wir uns mit einer Potentiometerschaltung behelfen. Durch Einstellen des Potentiometers gelang es uns dann, die Spannung der Batterie zu kompensieren. Wir konnten dann die Spannung am Potentiometer messen und wussten, dass diese gleich der Batteriespannung war.

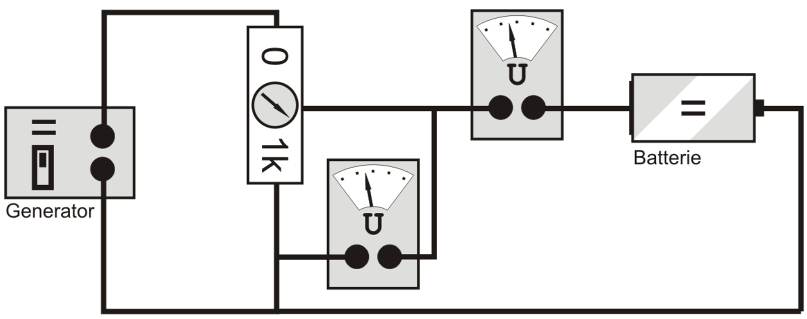


Abb.4: Kompensationsschaltung zur Batteriespannungsbestimmung

Wir haben gemessen:

➔ Batteriespannung $U_0 = 1{,}45V$

Aufgabe 1.7 – Innenwiderstand einer Batterie bei mäßiger Belastung

Nachdem wir im vorherigen Versuch die Spannung einer Batterie bestimmt hatten, sollte es nun um ihren Innenwiderstand gehen. Dieser sollte bei verschiedenen Belastungen gemessen werden. Wir verwendeten dazu die bereits auf 0 geeichte Schaltung aus Versuch 1.6 und schlossen verschiedene Lastwiderstände an die Batterie an. Dadurch änderte sich natürlich die Spannung und wir konnten die Differenzspannung ΔU direkt ablesen.

Da durch Last- und Innenwiderstand derselbe Strom fließt lässt sich, wie in der Vorbereitung gezeigt, der Innenwiderstand leicht berechnen: $R_i = R_L \frac{\Delta U}{U_0 - \Delta U}$. Wir fanden dann folgende Messwerte und konnten R_i berechnen:

Lastwiderstand R_L [Ω]	Differenzspannung ΔU [mV]	Innenwiderstand R_i [Ω]
220	1,0	0,152
110	1,5	0,113
47	5,0	0,162
22	11,5	0,175

➔ Mittlerer Batterie-Innenwiderstand $\overline{R_i} = 0{,}151\Omega$

Aufgabe 2.1 – Gleichstromwiderstand einer Spule

Wie bereits in Versuch 1.5 nutzten wir die Ohmmeter-Funktion des $\mu A - Multizet$ um einen Widerstand direkt zu messen. Wir schlossen diesmal die Spule an, die in den folgenden Versuchen noch gebraucht werden sollte. Das Messgerät zeigte uns:

➔ Widerstand der Spule $R_S = 80\Omega$

Aufgabe 2.2 – Bestimmung von Induktivität und Verlustwiderstand der Spule

Wir konnten bei der Schaltung (Abb.5) und einer Generatorfrequenz von $f = 30Hz$ am Generator eine Spannung $U_G = 0{,}2V$, am Vorwiderstand $U_R = 0{,}07V$ und an der Spule $U_L = 0{,}15V$ messen.

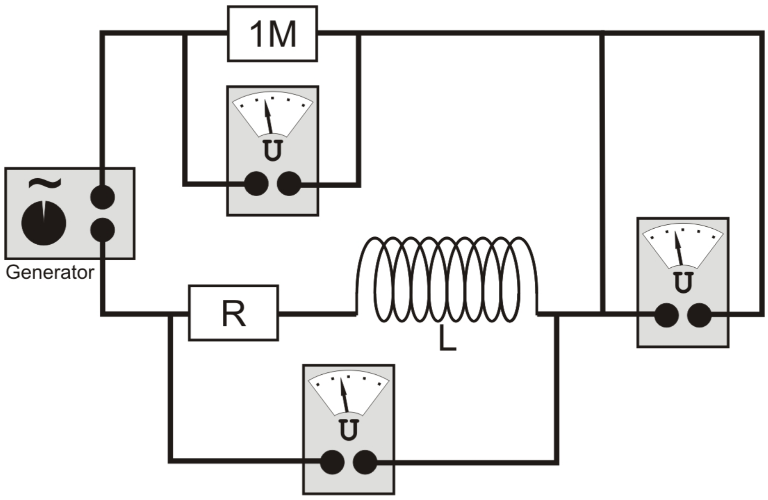


Abb.5: Schaltung zur Bestimmung von Induktivität und Verlustwiderstand eine Spule

Es lassen sich dann gemäß der Formel aus der Vorbereitung berechnen:

➔ Verlustwiderstand $$R_L = R\frac{U_G^2 - U_R^2 - U_L^2}{2U_R^2} = 141{,}43\Omega$$

➔ Induktivität $$L = \frac{R}{U_R\omega}\sqrt{U_L^2 - U_R^2} = 1{,}106H$$

Aufgabe 2.3 – Bestimmung von Induktivität, Verlustwiderstand und Kapazität eines Parallelschwingkreises

Wir konnten die folgenden Messwerte aufnehmen um das Resonanzverhalten des skizzierten Parallelschwingkreises (Abb.6) zu untersuchen. Hierbei ist zu beachten, dass bei Phasenverschiebungen nahe 90° das Phasendifferenzme ssgerät keinen korrekten Wert liefern konnte und daher diese Messwerte fehlen.

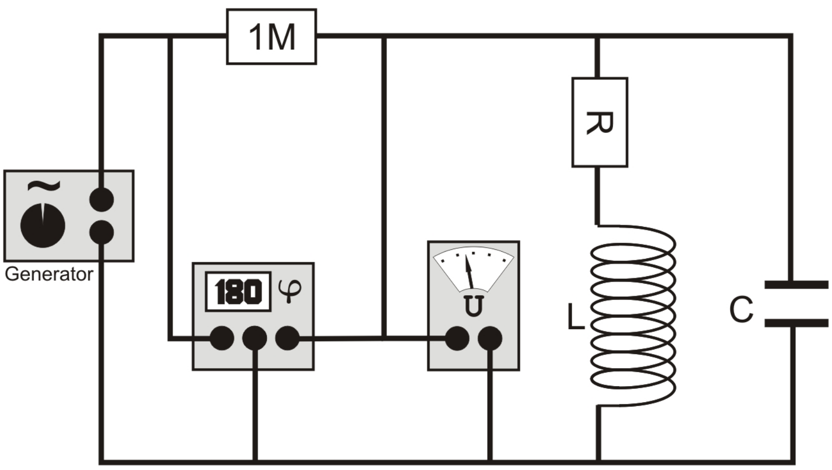
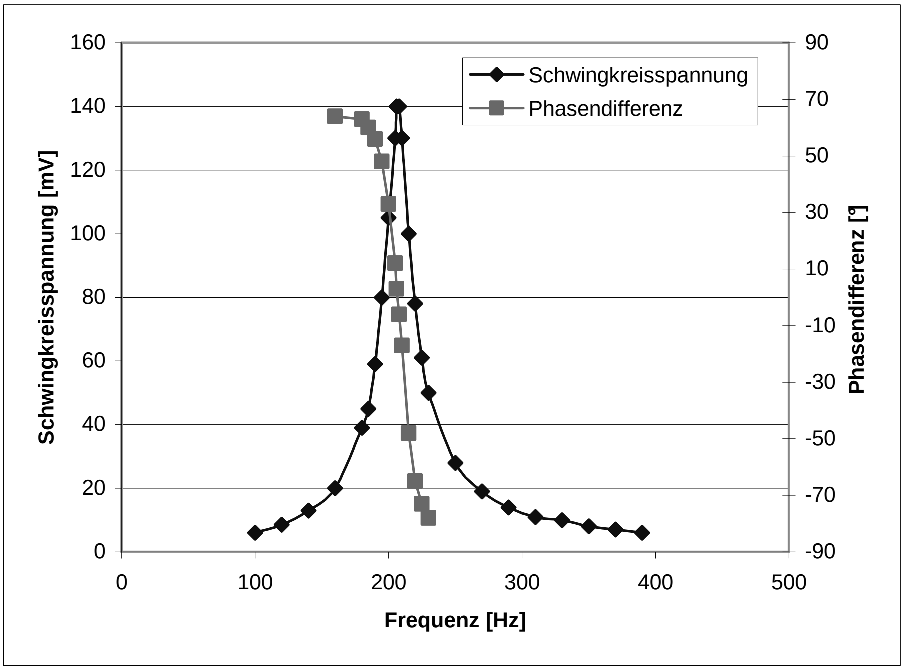


Abb.6: Parallelschwingkreis mit Phasendifferenzmessgerät und Spannungsmessgerät

f [Hz]	U [mV]	$\Delta\varphi$ [°]
100	6	
120	8,5	
140	13	
160	20	64
180	39	63
185	45	60
190	59	56
195	80	48
200	105	33
205	130	12
206	140	3
208	140	-6
210	130	-17
215	100	-48
220	78	-65
225	61	-73
230	50	-78
250	28	
270	19	
290	14	
310	11	
330	10	
350	8	
370	7	
390	6	



Wir konnten an der Spannungsquelle $U_0 = 8,7V$ messen und ermittelten die Resonanzfrequenz $\omega_0 = 207Hz$ anhand von Schaubild und Betrachtung der Messwerte. Die maximale Spannung im Schwingkreis bestimmten wir mit $U_{\max} = 0,140V$.

Zur Bestimmung der Halbwertsbreite nahmen wir den Verlauf zwischen den Messpunkten bei 190 Hz und 195 Hz als näherungsweise linear an und ermittelten hierfür eine Geradengleichung um hieraus die genaue Frequenz bei $U_{\max}/2$ zu ermitteln.

Analog verfuhren wir bei 220 Hz und 225 Hz zur Bestimmung der Frequenz für $U_{\max}/2$ im abfallenden Teil der Kurve. Es ergab sich damit:

➔ Halbwertsbreite $\Delta\omega = 222Hz - 192Hz = 30Hz$

Weiterhin lassen sich berechnen:

➔ Resonanzwiderstand $R_{res} = U_{max}\frac{R}{U_0} = 16,09k\Omega$

➔ Schwingkreiswiderstand $R_{LC} = \frac{1}{3}R_{res}\left(\frac{\Delta\omega}{\omega_0}\right)^2 = 112,65\Omega$

➔ Kapazität $C = \frac{\sqrt{3}}{R_{res}\Delta\omega} = 0,578\mu F$

➔ Induktivität $L = R_{res}\frac{\Delta\omega}{\sqrt{3}\cdot\omega_0^2} = \frac{1}{C\cdot\omega_0^2} = 1,026H$

Es ist zu beachten, dass die Frequenzen alle als Kreisfrequenzen angegeben sind und diese daher zur Berechnung der Größen ggf. zuvor mit 2π durchmultipliziert werden müssen, sofern sich dieser Faktor nicht wie beim Schwingkreiswiderstand wegkürzt.

Zur Phasendifferenz lässt sich sagen, dass am Schaubild schön zu erkennen ist, wie im Resonanzbereich selbige rasch auf 0 abfällt um dann ebenso rasch wieder anzusteigen, um für hohe Frequenzen wieder einen fast konstanten Wert anzunehmen.
Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei kleinen Frequenzen der Widerstand des Kondensators sehr hoch ist und somit der meiste Strom durch die Spule fließt, welche folglich die Phasenverschiebung vorgibt.
Bei hohen Frequenzen ist hingegen der Widerstand der Spule sehr hoch und der Kondensator ist ausschlaggebend für die Phasenverschiebung.
Im Resonanzbereich, wo die Widerstände von Spule und Kondensator nahezu identisch sind, heben sich die Wirkungen der beiden Bauteile gerade gegenseitig auf, weshalb dort keine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung auftritt.

Es zeigt sich außerdem, dass selbst im Resonanzfall der Widerstand des Schwingkreises $R_{res} = 16{,}09 k\Omega$ deutlich kleiner ist als der Vorwiderstand von $R = 1 M\Omega$ und somit dieser entscheidend ist für den Strom, welcher in der Schaltung fließt.
Folglich kann die Messung mit gutem Gewissen als bei konstantem Strom bezeichnet werden.

Aufgabe 2.4 – Wechselstromwiderstand von Spule und Kondensator

Bei der von uns ermittelten Resonanzfrequenz $\omega_0 = 207 Hz$, legten wir eine Spannung $U_0 = 8{,}7V$ an die Spule an und führten Messungen von Spannung und Strom durch. Analog verfuhren wir beim Kondensator. (Abb.7)

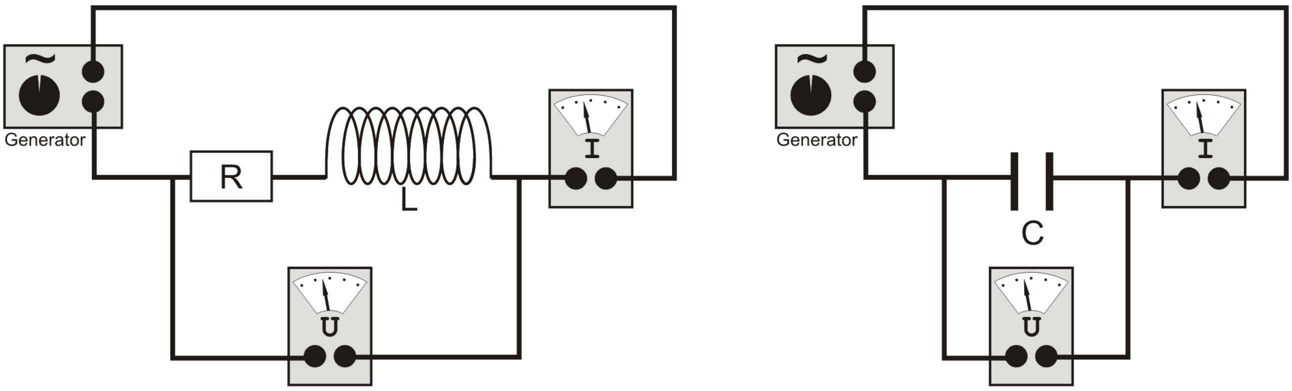


Abb.7: Messung von Strom und Spannung bei Spule und Kondensator

Es ergaben sich hierbei folgende Werte:

$U_C = 7{,}5V$	$U_L = 7{,}4V$
$I_C = 5{,}8mA$	$I_L = 5{,}55mA$
➔ $R_C = 1{,}293 k\Omega$	➔ $R_L = 1{,}333 k\Omega$

➔ Kapazität $C = \frac{1}{R_C \omega_0} = 595\,pF$

➔ Induktivität $L = \frac{R_L}{\omega_0} = 1,025H$

Aufgabe 2.5 – Innenwiderstand des Sinusgenerators

Der Sinusgenerator wurde mit dem Potentiometer derart belastet, dass nur noch die halbe Leerlaufspannung $U_0 = 8,25V$ an ihm abfiel (Abb.8).
Folglich war der Innenwiderstand R_i des Generators gleich dem des Potentiometers, welcher $R_{pot} = R_i = 0,625k\Omega$ betrug.

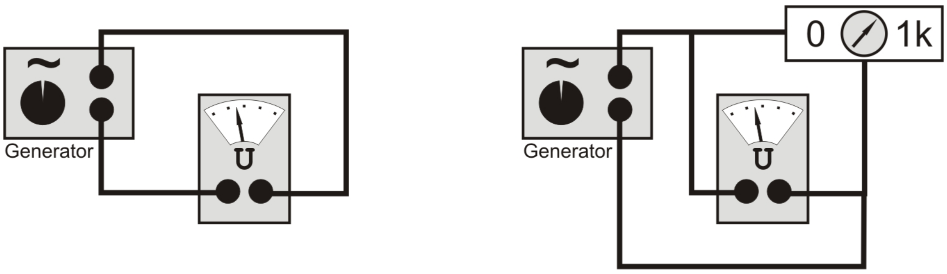


Abb.8: Messung von Spannung am Sinusgenerator im unbelasteten und belasteten Zustand

Wir berechneten damit:

➔ Maximale Ausgleichsleistung $P_{\max} = \frac{U_0^2}{4R_i} = 0,0272W$

Aufgabe 2.6 – Messung und Auswertung von Aufgabe 2.3 am PC

Abschließend wurde von allen Gruppen gemeinsam mit Hilfe eines PCs eine Messreihe analog zu Aufgabe 2.3 durchgeführt. Hierbei wurden die Vorteile der PC gestützten Messung deutlich.
Es konnten bedeutend mehr Messpunkte und diese zudem wesentlich schneller aufgenommen werden.
Ebenfalls war eine direkte Darstellung der Messwerte am Bildschirm möglich und ein Vergleich mit einer theoretischen Kurve.

Ein Ausdruck der PC gestützten Messung befindet sich beim Messprotokoll.