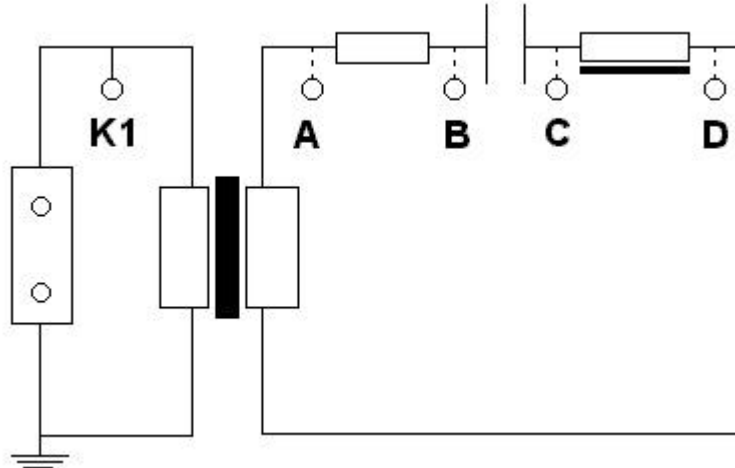


## Physikprotokoll der Stunde vom 29.04.2002

### Versuch:

An die Wechselspannungsquelle (Funktionsgenerator auf Sinus – Ausgang eingestellt) wird eine Reihenschaltung aus ohmschen Widerstand, Spule und Kondensator angeschlossen. Damit man die Phasenlage der Spannungen an den einzelnen Bauteilen eigenständig messen und vergleichen kann, wird die Reihenschaltung durch einen Trenntrafo „erdfrei“ gemacht. Nun kann an beliebigen Stellen durch das Oszilloskop geerdet werden und somit immer in gleicher Weise gemessen werden.

### Versuchsskizze:



Die Synchronisation erfolgt dabei direkt von dem Sinusgenerator über Kanal 1 des Oszilloskops. Die Messkurven werden über Kanal 2 aufgenommen und dargestellt.

### Messungen und Erklärungen zum Versuchsaufbau:

- Am Ohmschen Widerstand wird die Spannung  $U_R$  gemessen (Erdung bei A; Anschluss Kanal 2 bei B). Die Kurve auf dem Oszilloskop ist eine reine Sinuskurve und wird entsprechend in das Koordinatensystem des Schirms gelegt. Es gilt:

$$\begin{aligned} I(t) &= \hat{I} * \sin w t \\ U_R(t) &= \hat{U}_R \sin w t \\ &= R * \hat{I} \sin w t \end{aligned}$$

Zwar messen wir mit dem Oszilloskop die Spannung  $U_R$ , dem ohmschen Gesetz nach sind die Spannung  $U$  und die Stromstärke einander jedoch proportional. Somit sind die Kurven ähnlich und die jeweiligen Funktionsterme lassen sich demnach, wie oben durchgeführt, auseinander entwickeln.

- Messung der abfallenden Spannung  $U_C$  am Kondensator. Erdung bei B, Kanal 2 an C. Die aufgezeigte Kurve lässt sich gleichungsmäßig so beschreiben:

$$U_C(t) = - \hat{U}_C * \cos w t$$

Liegen am ohmschen Widerstand Spannung und Stromstärke noch in Phase, so eilt am Kondensator der Strom der Spannung voraus.

- Messen der abfallenden Spannung  $U_L$  an der Spule. Erdung bei C, Kanal 2 an D. Hier erkennt man:

$$U_L(t) = \hat{U}_L * \cos w t$$

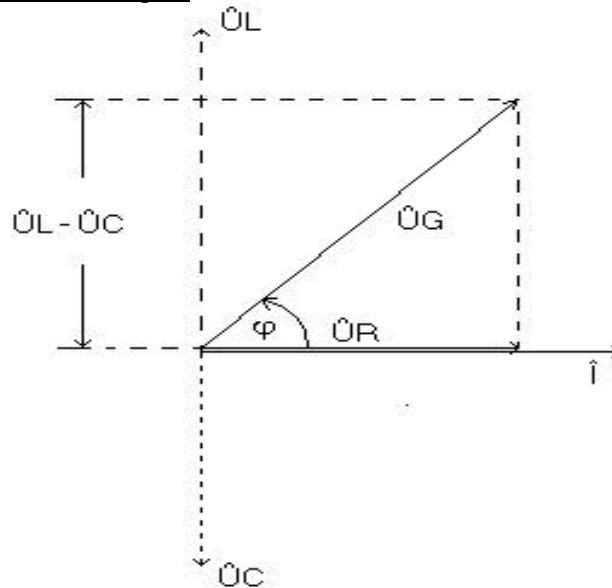
In diesem Fall hinkt der Strom der Spannung nach.

Da es sich bei dieser Schaltung um eine Reihenschaltung handelt, gilt für die Gesamtspannung  $U_G$  folgendes:

$$U_G(t) = U_R(t) + U_C(t) + U_L(t)$$

$$\text{Umgeschrieben: } \hat{U}_G * \sin(w t - \varphi) = \hat{U}_R \sin w t - \hat{U}_C * \cos w t + \hat{U}_L * \cos w t$$

Zeigerbild zu diesen Zusammenhängen:



Zum Zeigerbild:

Der sinusförmige Strom  $I(t) = \hat{I} * \sin(w t - \varphi)$  hinkt der angelegten Sinusspannung  $U(t) = \hat{U} * \sin(w t + f)$  um den konstanten Phasenwinkel  $\varphi$  nach. Für ihn gilt:

$$\tan \varphi = (\hat{U}_L - \hat{U}_C) / \hat{U}_R$$

Ziel ist es, diese Gleichung auf die Gerätekonstanten (die Kapazität C und die Induktivität L) zu reduzieren:

$$\begin{aligned} \tan \varphi &= [w * L * \hat{I} - 1/(w * C) * \hat{I}] / R * \hat{I} \\ &= [w * L - 1/(w * C)] / R \end{aligned}$$

Für den Scheinwiderstand  $Z = U_{\text{eff}} / I_{\text{eff}}$  gilt:

$$Z = [R^2 + (w * L - 1/(w * C))^2]^{1/2}$$

Die Spannung ist also dem Widerstand proportional. Die Formel ( $Z = U_{\text{eff}} / I_{\text{eff}}$ ) gilt sowohl für Effektiv – als auch für Scheitelwerte, da die Verhältnisse der jeweiligen Werte gleich bleiben.

Zur Schaltung:

Diese Schaltung nennt man „Siebkette“. Mit ihr lassen sich bestimmte Frequenzen „heraussieben“ (bis auf die Resonanzfrequenz). Bei dieser Resonanzfrequenz wird der

Ausdruck  $(\omega * L - 1/(\omega * C))$  gleich null. Der ohmsche Widerstand entspricht der Formel nach somit dem Scheinwiderstand  $Z$ . Hier wird die größtmögliche Stromstärke erreicht, da der Widerstand seinen kleinstmöglichen Wert annimmt.

#### Experimentelle Bestimmung der Resonanzfrequenz:

Der Trenntrafo wird aus der Schaltung herausgenommen, da dieser ebenfalls Spannungen induziert. Die Phasenlage spielt in diesem Teil des Versuches keine Rolle.

Die Frequenz ist so zu wählen, dass gilt:  $\omega * L = 1 / (\omega * C)$ .

Da die Stromstärke dem Widerstand proportional ist, legen wir das Oszilloskop an den ohmschen Widerstand. Durch Regeln der Frequenz und Beobachten der Kurve auf dem Oszilloskop, liegt die Spannungsresonanz bei etwa 220 Hz. Bei dieser Spannungsresonanz haben sich die Teilspannungen  $U_L$  und  $U_C$  (beide sind zu  $I_{\text{eff}}$  proportional) je zu ihrem Maximum aufgebaut und kompensieren sich.

Mit Hilfe einer Messbrücke werden die Gerätekonstanten (Eigeninduktivität der Spule und Kapazität des Kondensators) überprüft. Hier stellt man fest, dass es Abweichungen zu den aufgeschriebenen Angaben gibt.

Gemessen wurde:  $L = 0,21 \text{ H}$   
 $C = 2,55 \mu\text{F}$

#### Rechnerische Ermittlung der Resonanzfrequenz:

$$\omega^2 = 1/(L * C)$$

$$f = [1/(2 * \pi)] * [1/(L * C)]^{1/2}$$

$$f = 218 \text{ Hz}$$

Wir stellen fest, dass der von uns messtechnisch erfasste Wert der Resonanzfrequenz nahezu dem errechneten entspricht.

Nun wird der ohmsche Widerstand durch ein Glühlämpchen (7V/0,3A) ersetzt.

Die Frequenz wird hochgefahren. Das Glühlämpchen wird beobachtet:

<b>Frequenz</b>	<b>Beobachtungen am Lämpchen</b>
190	leichtes Glühen
200	etwas stärkeres Glühen
218	leuchtet kräftig
230	Glühen nimmt wieder ab
240	Lämpchen erlischt

Es ist ein scharf begrenzter Bereich in dem genügend Strom fließt, um das Lämpchen zum Leuchten zu bringen.

Ein Spannungsmesser wird an jedes der Bauteile dieser Schaltung gelegt. Folgende Spannungen fallen ab:

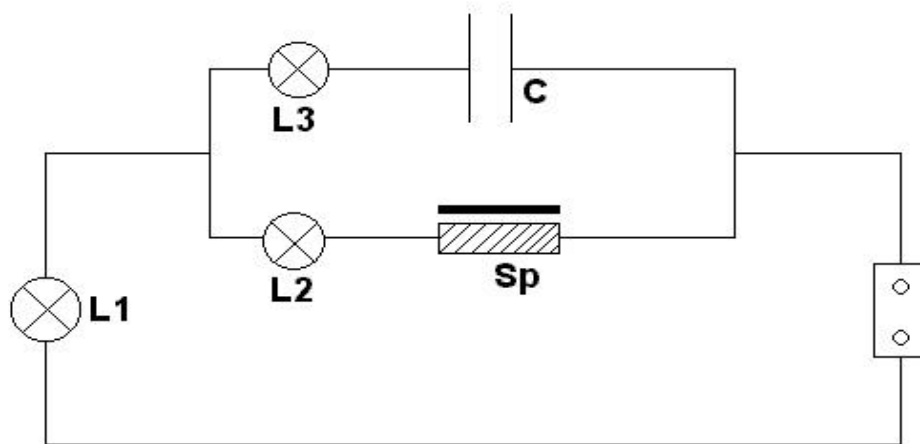
<b>Bauteil der Schaltung</b>	<b>abfallende Spannung [V]</b>
Netzgerät	6
Glühlämpchen	2
kapazitiver Widerstand	50
induktiver Widerstand	50

Die Spannungen am kapazitiven sowie am induktiven Widerstand kompensieren sich jeweils. Wenn man jedoch die abfallende Spannung an der Lampe betrachtet, so stellt man fest, dass bis zur angelegten Spannung von 6 V noch eine Differenz von 4 V besteht.

Dies ist damit zu erklären, dass die Spule ebenfalls einen ohmschen Widerstand hat (bei uns 100), an dem Spannung abfällt.

Selbst im Kondensator könnte ein Wirkwiderstand auftreten. Bei einer angelegten Spannung von 6 V spielt dieser jedoch noch keine Rolle.

Folgende Schaltung wurde aufgebaut:



Gerätedaten:

$L_1 / L_2 / L_3$	6V / 3W (0,5A)
$C = 3,3 \mu\text{F}$	$X_C = 965 \Omega$
$L = 3 \text{ H}$	$X_L = 943 \Omega$

Das Netzgerät hat eine Frequenz von 50 Hz, welche nicht verändert werden kann.

Zu beobachten war, dass lediglich die Lampen L2 und L3 leuchten. An L1 konnte man nichts beobachten.

Man nennt diese Schaltung auch „Sperrkreis“.

Ein Erklärungsansatz ging in die Richtung, dass man Elektronen mit Packeseln verglich, die Energie auf dem Buckel trügen und sie an einen Verbraucher abgeben würden. Wenn man sich die Schaltung jedoch betrachtet, stellt man fest, dass die Elektronen an L1 zwangsläufig vorbei müssen und demnach auch Energie dort abgeben müssten. Die „Packeseltheorie“ zur Erklärung des Phänomens fiel damit weg.

Auf Grund von Zeitdruck wurde nur noch folgendes angemerkt: Für die Leistung P spielen Spannung und Stromstärke eine Rolle. Da im stromzuführenden Kreis der Schaltung aber Strom fließen muss – L2 und L3 leuchten ja – bleibt als einzige Erklärungsmöglichkeit, dass für die Lampe L1 zu wenig Spannung übrig bleibt.