

# **Computergestütztes Messen mit PAKMA und CASSY**

Wissenschaftliche Arbeit  
zur Erlangung der ersten Staatsprüfung  
für das Lehramt am Gymnasium

Universität Leipzig  
Fakultät für Physik und Geowissenschaften  
Bereich Didaktik der Physik

vorgelegt von: Torsten Felber  
geboren am: 10.02.1984  
1. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Oehme  
Betreuer: Dr. Peter Rieger

Leipzig, den 13.09.2007

# Inhalt

<b>Einleitung</b>	1
<b>1. Das CASSY System</b>	2
1.1. Das Interface CASSY	2
1.2. CASSY LAB	4
<b>2. Einführung in die Programmierumgebung PAKMA</b>	10
2.1. Nutzung des Sensor CASSY mit PAKMA	13
2.2. Ausgabeelemente und Animationen	14
2.3. Wichtige Befehle unter PAKMA	23
2.4. Messbefehle unter PAKMA	25
2.5. Einführung in den graphischen Editor VisEdit	27
2.5.1. Erstellen eines VisEdit Wirkungsgefüges	28
2.6. Messung mit CASSY LAB und Datenimport in PAKMA	38
<b>3. Echtzeitproblem</b>	40
3.1. Entladekurve eines Kondensators	40
3.2. Messung einer Dreiecksspannung	45
3.3. Steuerung der Zeitdauer einer Messschleife	48
3.4. Entladekurve eines Kondensators mit dem Befehl schleifenzeit (t)	49
3.5 Zusammenfassung	50

<b>4. Experimente zur Elektrik</b>	51
4.1. Auf- und Entladekurve eines Kondensators	51
4.2. Messung und Modellbildung mit CASSY LAB am Beispiel der Entladekurve eines Kondensators	63
4.3. Messungen im Wechselstromkreis	67
4.3.1. Messungen am Kondensator im Wechselstromkreis	71
4.3.2. Freie gedämpfte Schwingung	80
4.3.3. Messung einer freien gedämpften Schwingung mit VisEdit	83
<b>5. Experimente zur Mechanik mit der Atwoodschen Fallmaschine</b>	85
5.1. Versuchsaufbau	85
5.2. Geschwindigkeitsbestimmung in CASSY LAB	85
5.3. Messung und Animation mit PAKMA	87
<b>Zusammenfassung</b>	91
<b>Anhang</b>	
A.1. Auf- und Entladevorgang an einem Kondensator	I
A.2. Bestimmung der Periodendauer einer Wechselspannung mit bekannter Frequenz	III
A.3. Abschätzung der Induktivität einer Spule	V

### 4.3.1 Messungen am Kondensator im Wechselstromkreis

#### a) Rotierendes Zeigerdiagramm

Um die Strom- und Spannungsverhältnisse am Wechselstromkreis veranschaulichen zu können, bietet sich die Darstellung in Zeigerdiagrammen an.

Im folgenden Abschnitt soll es um die Darstellung eines festen und eines rotierenden Zeigerdiagramms gehen. Die Zeigerdarstellung soll dabei parallel zur Messung erfolgen. Als Beispiel soll das Strom-Spannungs-Verhältnis an einem Kondensator im Wechselstromkreis dienen.

Die Stromstärke wird in den folgenden Experimenten indirekt gemessen.

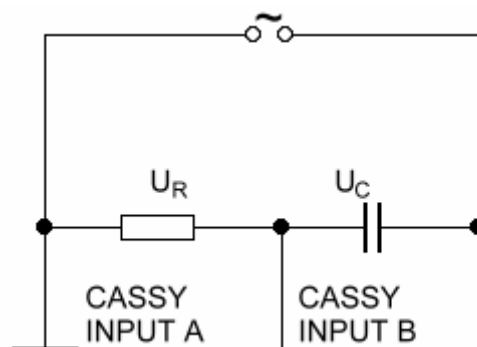
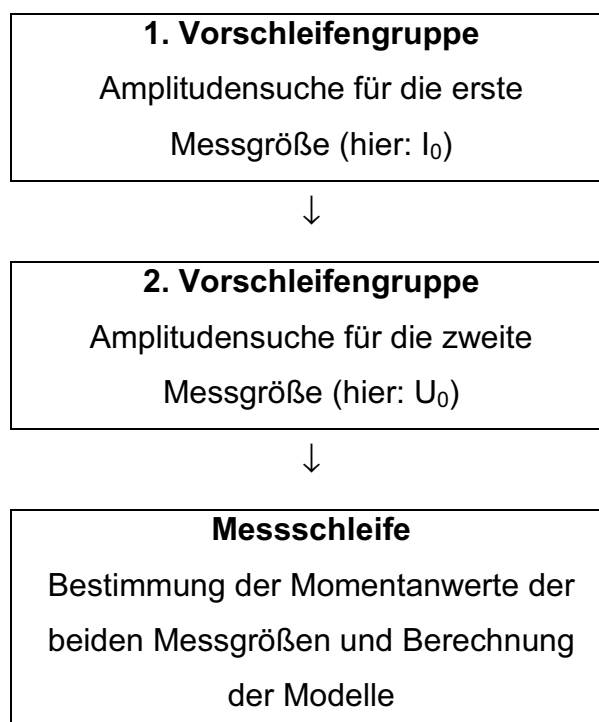


Abb. 4.3.3 Kondensator im Wechselstromkreis

Um die Phasenverschiebung zu bestimmen, werden die Amplituden der Spannung und der Stromstärke in mehreren Vorschleifen ermittelt. Das Programm gliedert sich in folgende Teilschleifen:



Zunächst wird die erste Vorschleifengruppe genauer beschrieben. Sie besteht aus jeweils zwei Vorschleifen. In der ersten wird ein Nulldurchgang der Spannung gesucht. Dazu werden zwei Spannungswerte in einem kurzen zeitlichen Abstand eingelesen und miteinander verglichen. Ein Nulldurchgang hat genau dann stattgefunden, wenn der eine Spannungswert positives und der andere negatives Vorzeichen trägt. Eine geeignete Abbruchbedingung folgt aus dem Produkt beider Werte, das im Falle des Nulldurchganges einen negativen Wert hat:  $UR3 < 0$  mit  $UR3 = UR1 \cdot UR2$ :

```
repeat
  Mes_P (1);
  UR1:=Mes_WP (1);
  warte_sek (0.04);
  Mes_P (1);
  UR2:=Mes_WP (1);
  UR3:=UR2*UR1;
until UR3<0;
```

Die zweiten Vorschleife dieser Gruppe dient dazu, die maximale oder minimale Stromstärke zu bestimmen. Die dazu gemessene Spannung wird mit dem, in der vorherigen Schleife aufgenommenen Stromstärkewert **Ialt** verglichen. Ist der alte Wert kleiner, als der aktuell aufgenommene, wird der neue Spannungswert als **I0** gespeichert. Zum Beenden der Programmschleife ist die Messung einer zweiten Spannung **UR2** nötig. Die Spannung **UR2** wird mit **UR1** verglichen. Ist der zweite Spannungswert kleiner als der erste, ist der maximale Spannungswert aufgenommen worden und die Amplitude gefunden. Die Abbruchbedingung lautet daher:  $UR2 < UR1$ .

```
repeat
  Mes_P (1);
  UR1:=Mes_WP (1);
  warte_sek (0.04);
  Mes_P (1);
  UR2:=Mes_WP (1);
  I=UR1/R;
  IF abs(ialt)<abs(I) THEN I0:=abs(I);
  Ausgabe (I0);
  Ialt:=UR1;
until abs(UR2)<abs(UR1);
```

Die im Prinzip gleiche Vorschleifengruppe wird auch für die weiteren verwendeten Messkanäle angewendet.

Die in den Vorschleifen bestimmten Amplituden entsprechen der Länge der Zeiger für Spannung und Stromstärke in der Ebene. Es gilt:

$$I_0 = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} \text{ und } U_0 = \sqrt{U_x^2 + U_y^2}$$

mit

$$I_x = I_0 \cos(\alpha) \text{ und } I_y = I_0 \sin(\alpha)$$

$$U_x = U_0 \cos(\alpha) \text{ und } U_y = U_0 \sin(\alpha)$$

dabei ist  $\alpha = \omega \cdot t$ .

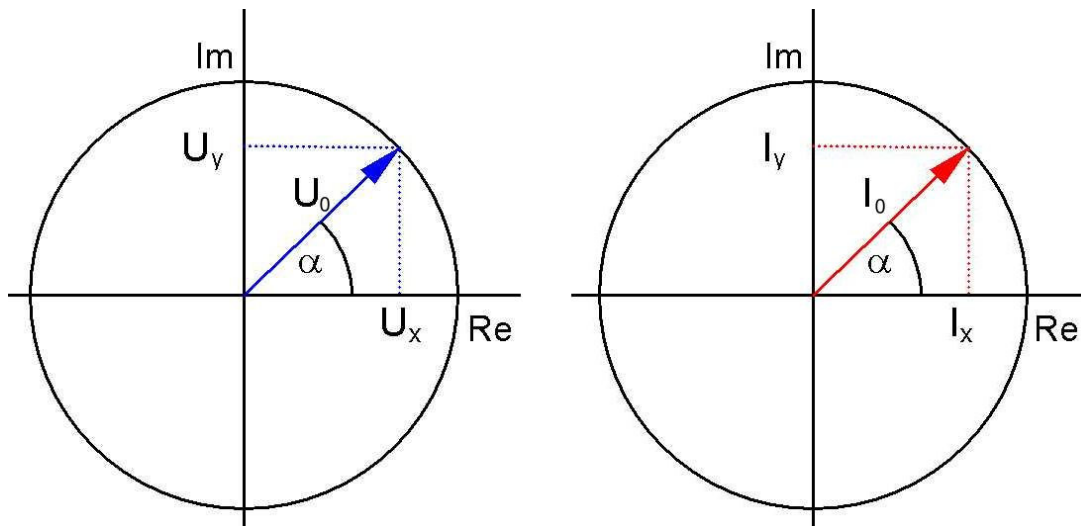


Abb. 4.3.4 Strom- und Spannungszeiger

Der augenblickliche Stromstärke- bzw. Spannungswert setzt sich aus einer x- und einer y-Komponente zusammen. Das Koordinatensystem wird so gelegt, dass der aktuelle Wert der Spannung beziehungsweise der Stromstärke der y-Komponente zugeordnet wird. Damit kann der Betrag der x-Komponenten berechnet werden:

$$I_x = \sqrt{I_0^2 - I_y^2} \text{ und } U_x = \sqrt{U_0^2 - U_y^2}$$

```

Iy:=I;
Ix2:=(I0*I0-Iy*Iy);
IF Ix2<0 then Ix2:=0;
Ix:=sqrt (Ix2);

```

Die gleichen Überlegungen gelten auch für die Spannung.

Auf der fallenden Flanke tragen die Werte  $I_x$  ein negatives Vorzeichen. Um festzustellen ob die Stromstärke fällt oder steigt, wird der Wert der vorherigen Messschleife als **Ialt** gespeichert und mit dem aktuellen Wert verglichen. Ist der aktuelle **I** Wert kleiner als der vorher gespeicherte fällt die Stromstärke und  $I_x$  ist negativ. Die gleichen Überlegungen gelten für die Spannung.:

```
if I<Ialt then Ix:=-Ix;
if U<Ualt then Ux:=-Ux;
```

Für die Darstellung der Phasenverschiebung zwischen Stromstärke und Spannung werden der Spitze des Zeigers die Werte  $u_x, u_y$  beziehungsweise  $i_x, i_y$  zugeordnet. Der Phasenwinkel zwischen den Zeigern ergibt sich in der Darstellung automatisch. Um den Phasenwinkel zu bestimmen, werden die Zeiger als Vektor betrachtet. Es gilt:

$$\cos \varphi = \frac{\vec{U} \cdot \vec{I}}{|\vec{U}| \cdot |\vec{I}|} = \frac{(U_x I_x + U_y I_y)}{\sqrt{U_x^2 + U_y^2} \cdot \sqrt{I_x^2 + I_y^2}}$$

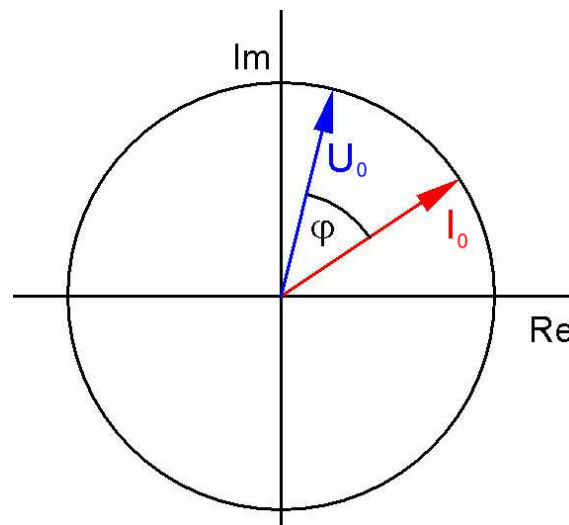


Abb. 4.3.5 Phasenwinkel zwischen Stromstärke und Spannung

Das Programm sieht folgendermaßen aus:

```
skalar:=(ux*ix+uy*iy);
betragU:=sqrt (ux*ux+uy*uy);
betragI:=sqrt (ix*ix+iy*iy);
betrag:=betragU*betragI;
phi:=arccosinus (skalar/(betrag));
```