

HOCHSCHULE ALBSTADT-SIGMARINGEN  
STUDIENGANG TECHNISCHE INFORMATIK

## **Praktikum Elektrotechnik**

# **Versuch 3**

Grundlagen Messtechnik

22. November 2018

# Inhaltsverzeichnis

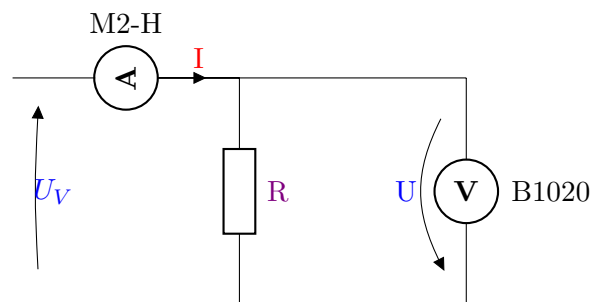
<b>1</b>	<b>Ohmsches Gesetz</b>	<b>3</b>
1.1	Bestätigen Sie den Zusammenhang $R = U/I$ (Ohmsche Gesetz) . . . . .	3
1.1.1	Messaufgaben . . . . .	3
1.1.2	Auswertung . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Eigenschaften von Messgeräten</b>	<b>5</b>
2.1	Rechenaufgaben und Erklärungen . . . . .	5
2.1.1	Spannungsmesser . . . . .	5
2.1.2	Strommesser (Amperemeter) . . . . .	6
2.1.3	Spannungsrichtige Messung . . . . .	6
2.1.4	Aufgabe: . . . . .	7
2.1.5	Stromrichtige Messung . . . . .	7
2.2	Spannungsrichtiges Messen bei Strom- Spannungs- Messung . . . . .	7
2.2.1	Messaufgaben . . . . .	8
2.2.2	Auswertung . . . . .	8
2.3	Stromrichtiges Messen bei gleichzeitiger Strom- Spannungs- Messung . . . . .	9
2.3.1	Messaufgaben . . . . .	9
2.3.2	Auswertung . . . . .	10
2.4	Einfluss des Messgeräteinnenwiderstandes auf die Messgenauigkeit . . . . .	10
2.4.1	Messaufgaben . . . . .	11
2.4.2	Auswertung . . . . .	11
2.5	Kurvenformfehler bei Messgeräten . . . . .	12
2.5.1	Messaufgaben . . . . .	12
2.5.2	Auswertung . . . . .	13
<b>3</b>	<b>Kennwerte harmonischer Wechselgrößen</b>	<b>14</b>
3.1	Rechenaufgaben . . . . .	14
3.1.1	Aufgabe 1: . . . . .	14
3.2	Speisung eines ohmschen Verbrauchers mit einer Sinusspannung . . . . .	14
3.2.1	Messaufgaben . . . . .	15
3.2.2	Auswertung . . . . .	15
3.3	Speisung eines kapazitiven Verbrauchers mit einer Sinusspannung . . . . .	16
3.3.1	Messaufgaben . . . . .	16
3.3.2	Auswertung . . . . .	17
3.4	Bestimmen der Größe eines Kondensators anhand der Auf- bzw. Entladekurve . . . . .	17
3.4.1	Messaufgaben . . . . .	18
3.4.2	Auswertung . . . . .	18

# 1 Ohmsches Gesetz

## 1.1 Bestätigen Sie den Zusammenhang $R = U/I$ (Ohmsche Gesetz)

### Messaufbau:

- 1 Widerstand  $R = 1\text{ k}\Omega$
- 1 Widerstand  $R = 47\text{ }\Omega$
- 1 Multimeter Typ M2-H
- 1 Multimeter Typ B1020



### 1.1.1 Messaufgaben

#### Messaufgabe M1

**Aufgabe:** Nehmen Sie zwei Messreihen für  $R = 47\text{ }\Omega$  und  $R = 1\text{ k}\Omega$  zur Bestimmung des Zusammenhanges  $R = \frac{U}{I}$  mit dem Messgerät M2-H auf.

**Durchführung:** Schaltung aufbauen. Die Spannung  $U$  durch Einstellung der Versorgungsspannung  $U_V$  in Schritten von z.B. 1 V erhöhen und die Messwerte  $U$  und  $I$  protokollieren.

#### Ergebnisse:

Tabelle 1.1: Messwertetabelle zur Messaufgabe 1.1.M1

47 $\Omega$			1 k $\Omega$		
$U$ [V]	$I$ [mA]	$\frac{U}{I}$ [ $\frac{V}{A}$ ]	$U$ [V]	$I$ [mA]	$\frac{U}{I}$ [ $\frac{V}{A}$ ]

### 1.1.2 Auswertung

#### Aufgabe 1:

Stellen Sie die Messreihen für  $I = f(U)$  und  $R = \textit{konstant}$  aus Messaufgabe 1 graphisch dar. Ermitteln Sie daraus für jeweils 2 Kurvenpunkte den Proportionalitätsfaktor  $m$ . Geben Sie die Funktionsverläufe in der Form von  $I = m \cdot U$  an.

#### Aufgabe 2:

Wie ist der Proportionalitätsfaktor zu interpretieren ?

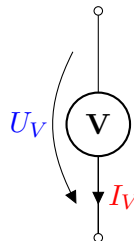
## 2 Eigenschaften von Messgeräten

### 2.1 Rechenaufgaben und Erklärungen

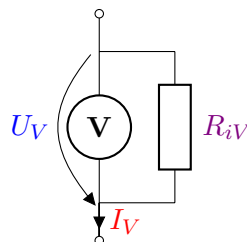
#### 2.1.1 Spannungsmesser

Mit einem **Multimeter**, einem der einfachsten elektrischen Messgeräte, können i.d.R. mehrere elektrische Größen gemessen werden. Gleichspannung (DC), Gleichstrom, Wechselspannung (AC), Wechselstrom und Widerstand.

**Idealer Spannungsmesser** Ein idealer Spannungsmesser zeigt genau den Wert  $U_V$  an. Der Innenwiderstand des Messgeräts ist unendlich hoch. Dadurch:  $I_V = 0$



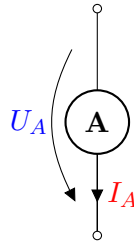
**Realer Spannungsmesser** Ein realer Spannungsmesser zeigt genau den Wert  $U_V$  an. Der Innenwiderstand des Messgeräts ist  $R_{iV}$ .



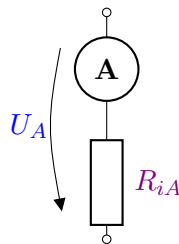
**Aufgabe:** Wie groß ist der Innenwiderstand eines Voltmeters, wenn in das Voltmeter ein Strom von  $I_V = 1 \mu\text{A}$  fließt und ein Wert von 1 V angezeigt wird?

### 2.1.2 Strommesser (Amperemeter)

**Idealer Strommesser** Ein Idealer Strommesser zeigt genau den Wert  $I_A$  an. Der Innenwiderstand des Messgerätes ist null.

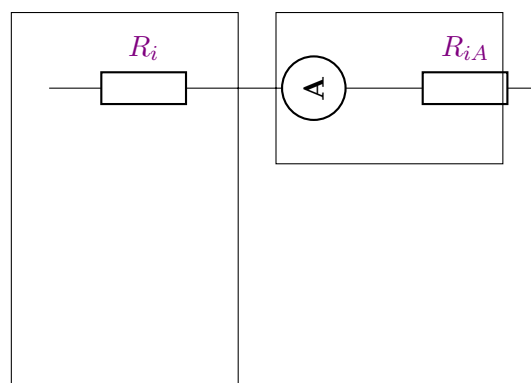


**Realer Strommesser** Ein realer Strommesser zeigt genau den Wert  $I_A$  an. Der Innenwiderstand des Messgeräts ist  $R_{iA}$ .



**Aufgabe:** Wie groß ist der Innenwiderstand eines Amperemeters, wenn über dem Amperemeter eine Spannung von  $U_A = 100 \text{ mV}$  abfällt und ein Wert von  $50 \text{ mA}$  angezeigt wird?

### 2.1.3 Spannungsrichtige Messung



!!!! Zeichnung !!!!

**Messfehler** Die Spannung  $U_L$  an der Last wird mit dem Spannungsmesser korrekt gemessen und angezeigt. Dagegen zeigt der Strommesser nicht den Strom  $I_L$  in die Last an, sondern

$$I_A = I_L + I_V$$

Der zusätzliche Strom  $I_V$  kann aus dem angezeigten Wert  $U_L$  und aus  $R_{iV}$  bestimmt werden, womit auf den eigentlich interessierenden Strom  $I_L$  zurückgerechnet werden kann.

#### 2.1.4 Aufgabe:

Das Netzteil hat einen Innenwiderstand  $R_i = 1 \Omega$ . Die Innenwiderstände der Messgeräte sind  $R_{iA} = 100 \Omega$  und  $R_{iV} = 1 \text{ M}\Omega$ . Die angezeigten Messwerte sind  $U_L = 4,95 \text{ V}$  und  $I_A = 500 \mu\text{A}$ . Berechnen Sie  $I_L$ ,  $R_L$  und  $U_0$ .

#### 2.1.5 Stromrichtige Messung

### !!!! Zeichnung !!!!

**Messfehler** Der Strom  $I_L$  durch die Last wird mit dem Strommesser korrekt gemessen und angezeigt. Dagegen zeigt der Spannungsmesser nicht die korrekte Spannung  $U_L$  an der Last an, sondern

$$U_V = U_L + U_A$$

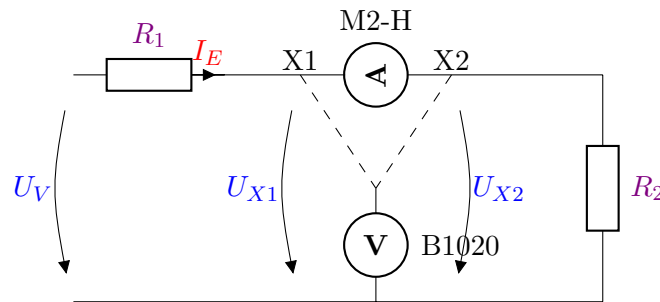
Die zusätzliche Spannung  $U_A$  kann aus dem angezeigten Wert  $I_L$  und aus  $R_{iA}$  bestimmt werden, womit die eigentlich interessierende Spannung  $U_L$  berechnet werden kann.

**Aufgabe:** Das Netzteil hat einen Innenwiderstand  $R_i = 1 \Omega$ . Die Innenwiderstände der Messgeräte sind  $R_{iA} = 1 \Omega$  und  $R_{iV} = 1 \text{ M}\Omega$ . Die angezeigten Messwerte sind  $U_L = 4,8 \text{ V}$  und  $I_L = 100 \mu\text{A}$ . Berechnen Sie  $U_L$ ,  $R_L$  und  $U_0$ .

## 2.2 Spannungsrichtiges Messen bei Strom- Spannungs- Messung

#### Messaufbau:

- 1 Widerstand  $R_1 = 47 \Omega$
- 1 Widerstand  $R_2 = 100 \Omega$
- 1 Multimeter Typ M2-H
- 1 Multimeter Typ B1020



## 2.2.1 Messaufgaben

### Messaufgabe M1

**Aufgabe:** Messen und protokollieren Sie die Spannungswerte  $U_{X1}$  und  $U_{X2}$ , sowie die Stromwerte  $I_{X1}$  und  $I_{X2}$  bei Spannungsmessung an den Messpunkten X1 und X2.

**Durchführung:** Messschaltung aufbauen. Betriebsspannung  $U_V = 6\text{ V}$  einstellen.

**Ergebnisse:**

Tabelle 2.1: Messwertetabelle zur Messaufgabe 2.2.M1

$U_{X1}[\text{V}]$	
$U_{X2}[\text{V}]$	
$I_{X1}[\text{mA}]$	
$I_{X2}[\text{mA}]$	

## 2.2.2 Auswertung

### Aufgabe 1:

An welchem Messpunkt wird bezogen auf den Widerstand  $R_2$  spannungsrichtig gemessen?

### Aufgabe 2:

Berechnen Sie den Innenwiderstand  $R_I$  des Multimeters M2-H im Strommessbereich 60 mA anhand der Messwerte.

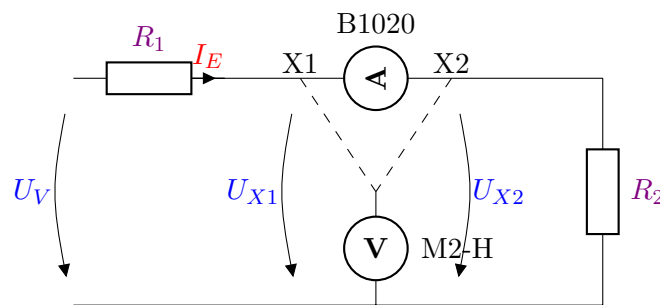
**!!!! Zeichnung !!!!**



## 2.3 Stromrichtiges Messen bei gleichzeitiger Strom- Spannungs- Messung

### Messaufbau:

- 1 Widerstand  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$
- 1 Widerstand  $R_2 = 33\text{ k}\Omega$
- 1 Spannungsmessgerät Typ M2-H
- 1 Strommessgerät Typ B1020



### 2.3.1 Messaufgaben

#### Messaufgabe M1

**Aufgabe:** Messen und protokollieren Sie die Spannungswerte  $U_{X1}$  und  $U_{X2}$ , sowie die Stromwerte  $I_{X1}$  und  $I_{X2}$  bei Spannungsmessung an den Messpunkten X1 und X2.

**Durchführung:** Messschaltung aufbauen. Betriebsspannung  $U_V = 6\text{ V}$  einstellen

**Ergebnisse:**

Tabelle 2.2: Messwertetabelle zur Messaufgabe 2.3.M1

$U_{X1}[\text{V}]$	
$U_{X2}[\text{V}]$	
$I_{X1}[\text{mA}]$	
$I_{X2}[\text{mA}]$	

**2.3.2 Auswertung**

**Aufgabe 1:**

An welchem Messpunkt wird bezogen auf den Widerstand  $R_2$  stromrichtig gemessen?

**Aufgabe 2:**

Berechnen Sie den Innenwiderstand  $R_{UI}$  des Multimeters M2-H anhand der Messwerte.

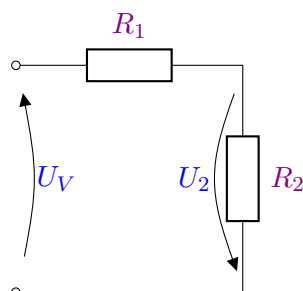
$U_X =$   $I_{X1} =$   $I_{X2} =$

**!!!! Zeichnung !!!!**

**2.4 Einfluss des Messgeräteinnenwiderstandes auf die Messgenauigkeit**

**Messaufbau:**

- 1 Widerstand  $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$
- 1 Widerstand  $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$
- 1 Messgerät Typ M2-H



### 2.4.1 Messaufgaben

#### Messaufgabe M1

**Aufgabe:** Zeichnen Sie eine Messschaltung nach obiger Schaltung zur Spannungsmessung an  $R_2$ . Stellen Sie den Spannungsmesser in seinem Ersatzschaltbild dar. Verwenden Sie dazu die Werte aus Übung 2.3 für das Messgerät M2- H. Messen Sie die Spannung an  $R_2$

**Durchführung:** Messschaltung aufbauen. Betriebsspannung  $U_V = 6\text{ V}$  einstellen

**Ergebnisse:**

$$U_2 =$$

### 2.4.2 Auswertung

#### Aufgabe 1:

Erläutern Sie die Ergebnisse aus Messaufgabe 1. Berechnen Sie daraus den Innenwiderstand des Multimeters M2-H im verwendeten Messbereich.

#### Aufgabe 2:

Wie beeinflusst der Innenwiderstand des Spannung- Messgerätes das Messergebnis?

#### Aufgabe 3:

Zeichnen Sie eine Messschaltung zur Strommessung des Stromes durch  $R_2$  (ohne Spannungsmessung). Stellen Sie den Strommesser in seinem Ersatzschaltbild dar. Verwenden Sie dazu die Werte aus Übung 2.3. für das Messgerät M2-H.

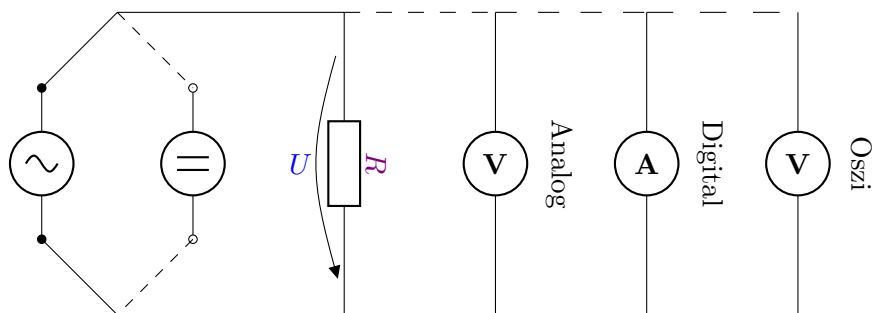
#### Aufgabe 4:

Wie beeinflusst der Innenwiderstand des Strom- Messgerätes die Messung?

## 2.5 Kurvenformfehler bei Messgeräten

### Messaufbau:

- 1 Widerstand  $R = 1\text{ k}\Omega$
- 1 Spannungsmessgerät Typ M2-H
- 1 Spannungsmessgerät Typ B1020
- 1 Oszillograph
- 1 Frequenzgenerator



### 2.5.1 Messaufgaben

#### Messaufgabe M1

**Aufgabe:** Messen Sie die unten angegebenen Spannungssignale  $U(t)$  mit einem analogen und digitalen Messgerät jeweils im Gleich- und Wechselspannungsbereich.

**Durchführung:** Messschaltung aufbauen. Versorgungsspannung  $U(t)$  mit dem Netzteil (Kurve 1) bzw. dem Frequenzgenerator (Kurve 2 bis 4) einstellen. Messwerte in Tabelle eintragen.

Beachte: Nur immer mit einem Messgerät gleichzeitig messen.

Kurvenformen für  $U(t)$ :

Tabelle 2.3: Spannungskurven für Messaufgabe 2.5 M1

Kurvenformen für  $U(t)$

Kurvenform	$U_{SS}$	$T$
Gleichspannung: (vom Netzteil nehmen) $U = U_{max} = 6V$		
Sinuswechselspannung	8V	5ms
Dreieckwechselspannung, symm.	8V	5ms
Rechteckwechselspannung, symm.	8V	5ms

( $U_{ss}$ ,  $U_{pp} = U$  Spitze/Spitze oder  $2 \cdot \hat{U}$ )

**Ergebnisse:**

Tabelle 2.4: Messwertetabelle zur Messaufgabe 2.3.M1

Messgerät	Messprinzip	Messbereich	Gleichspannung	Sinuskurve	Dreieck	Rechteck
M2-H	Drehspul	6 V $\overline{\sim}$				
M2-H	Drehspul	6 V $\sim$				
B1020	Digital	6 V $\overline{\sim}$				
B1020	Digital	6 V $\sim$				

### 2.5.2 Auswertung

**Aufgabe 1:**

Wie kommt der Formfaktor F für Sinusgrößen zustande (math. Herleitung)

**Aufgabe 2:**

Was messen Sie mit den Multimetern im Gleichspannungsbereich, was im Wechselspannungsbereich? Warum?

**Aufgabe 3:**

Wie kommen die Anzeigewerte für Dreieck- und Rechteckspannung zustande ? (Rechnung)

**Aufgabe 4:**

Berechnen Sie aus den Anzeigewerten die tatsächlichen Effektivwerte für die obige Dreieck- und Rechteckspannung. Geben Sie die Umrechnungsfaktoren an.

## 3 Kennwerte harmonischer Wechselgrößen

### 3.1 Rechenaufgaben

#### 3.1.1 Aufgabe 1:

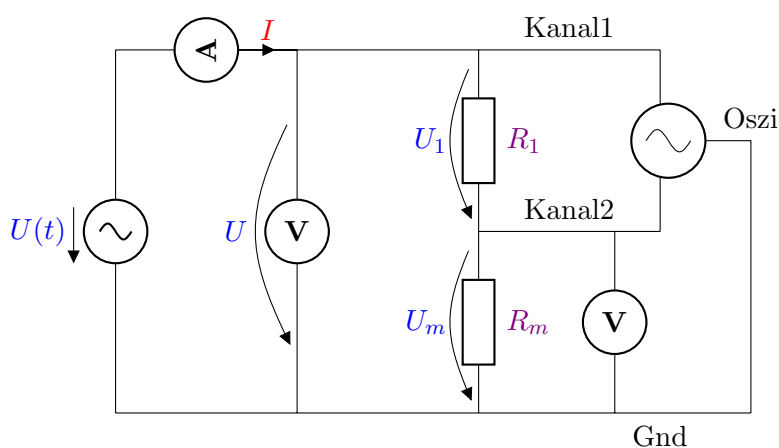
Eine sinusförmige Spannung  $U(t)$  mit  $f_1 = 50 \text{ Hz}$  hat den Scheitelwert  $\hat{U} = 10 \text{ V}$

- Beschreiben Sie die Funktion  $U(t)$
- Wie groß ist  $U(t)$  bei  $t_1 = 2 \text{ ms}$  nach dem Nulldurchgang?
- Skizzieren Sie das einseitige Spektrum  $U(f)$
- Wie groß wäre die Phase  $\varphi$ , wenn der Nulldurchgang bei  $t_2 = 5 \text{ ms}$  ist, wie lautet dann  $U(t)$ ?

### 3.2 Speisung eines ohmschen Verbrauchers mit einer Sinusspannung

Messaufbau:

- 1 Widerstand  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
- 1 Widerstand  $R_m = 100 \Omega$



### 3.2.1 Messaufgaben

#### Messaufgabe M1

**Aufgabe:** Messen Sie mit dem Multimeter:

$U =$

$I =$

$U_m =$

Messen Sie mit dem Oszillograph den Phasenwinkel  $\varphi(u, I)$  für 10 Augenblickswerte für  $U(t)$  und  $I(t) = \frac{U_m(t)}{R}$

**Durchführung:** Schaltung aufbauen. Die Speisespannung  $U(t)$  am Frequenzgenerator einstellen: Spannung  $U_{SS} = 8\text{ V}$ , Periodendauer  $T = 10\text{ ms}$

**Ergebnisse:**

Tabelle 3.1: Messwertetabelle zur Messaufgabe 3.2.M1

$t$ [ms]	$U(t)$ [V]	$U_m$ [mV]	$I(t) = \frac{U_m}{R_m}$ [mA]	$P(t)$ [mW]

### 3.2.2 Auswertung

**Aufgabe 1:**

Berechnen Sie zu den einzelnen Punkten die momentane Leistung  $P(t) = U(t) \cdot I(t)$

**Aufgabe 2:**

Stellen Sie  $U(t)$ ,  $I(t)$  und  $P(t)$  graphisch dar. (In einer Zeichnung, verschieden farbig)

**Aufgabe 3:**

Was messen Sie mit den Strom- und Spannungsmessern im Wechselstrombereich ? Welche Leistung können Sie daraus berechnen. (Multimeter benutzen)

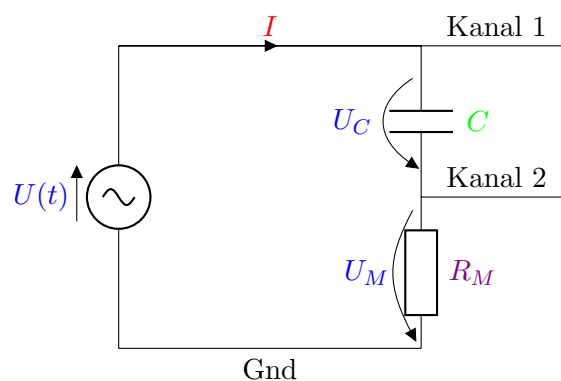
**Aufgabe 4:**

Erläutern Sie die Begriffe Schein-, Blind- und Wirkleistung.  $P=?$ ;  $Q=?$ ;  $S=?$

### 3.3 Speisung eines kapazitiven Verbrauchers mit einer Sinusspannung

**Messaufbau:**

- 1 Kondensator  $C = 0,1 \mu\text{F}$ , 40 V
- 1 Widerstand  $R_M = 100 \Omega$

**3.3.1 Messaufgaben****Messaufgabe M1**

**Aufgabe:** Messen Sie mit dem Multimeter:

$U =$

$I =$

$U_m =$

Messen Sie mit dem Oszillograph den Phasenwinkel  $\varphi(u, I)$  für 10 Augenblickswerte für  $U(t)$  und  $I(t) = \frac{U_m(t)}{R}$

**Durchführung:** Schaltung aufbauen. Die Speisespannung  $U(t)$  am Frequenzgenerator einstellen: Spannung  $U_{SS} = 8 \text{ V}$ , Periodendauer  $T = 10 \text{ ms}$



**Ergebnisse:**

Tabelle 3.2: Messwertetabelle zur Messaufgabe 3.3.M1

$t[\text{ms}]$	$U(t)[\text{V}]$	$U_m[\text{mV}]$	$I(t) = \frac{U_m}{R_m}[\text{mA}]$	$\phi[^\circ]$	$P(t)[\text{mW}]$

**3.3.2 Auswertung****Aufgabe 1:**

Berechnen Sie zu den einzelnen Punkten die momentane Leistung  $P(t) = U(t) \cdot I(t)$

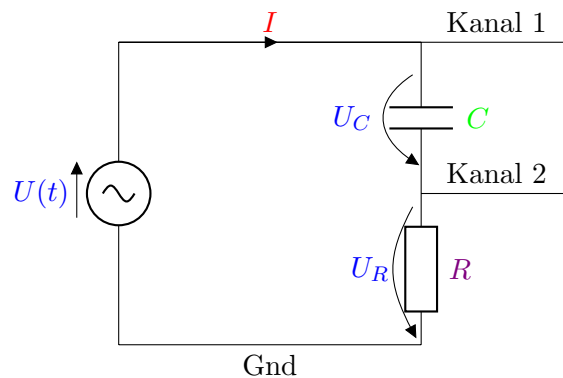
**Aufgabe 2:**

Stellen Sie  $U(t)$ ,  $I(t)$  und  $P(t)$  graphisch dar. (In einer Zeichnung, verschieden farbig)

### 3.4 Bestimmen der Größe eines Kondensators anhand der Auf- bzw. Entladekurve

**Messaufbau:**

- 1 Kondensator  $C = ?$
- 1 Widerstand  $R = 10 \text{ k}\Omega$



### 3.4.1 Messaufgaben

#### Messaufgabe M1

**Durchführung:** Schaltung aufbauen. Die Speisespannung  $u(t)$  am Frequenzgenerator einstellen:

$$U_{ss} \text{ (Spitze/Spitze)} = 4 \text{ V}$$

Periodendauer  $T = ?$

**Aufgabe:** Bestimmen Sie die Ihrer Meinung nach beste Art (Sinus, Dreieck, Rechteck) und Größe der Frequenz (Hz, kHz, MHz), um eine gut sichtbare Auf- bzw. Entladekurve darzustellen und somit die Größe des Kondensators berechnen zu können. Geben Sie die gewählte Art an.

**Ergebnisse:**

Tabelle 3.3: Messwertetabelle zur Messaufgabe 3.4.M1

Art	$f$	t Aufladung	t Entladung

### 3.4.2 Auswertung

**Aufgabe 1:** Auf- und Entladekurve graphisch darstellen. Berechnen Sie aus den Messwerten die Größe des Kondensators. Mathematische Darstellung der Berechnung.