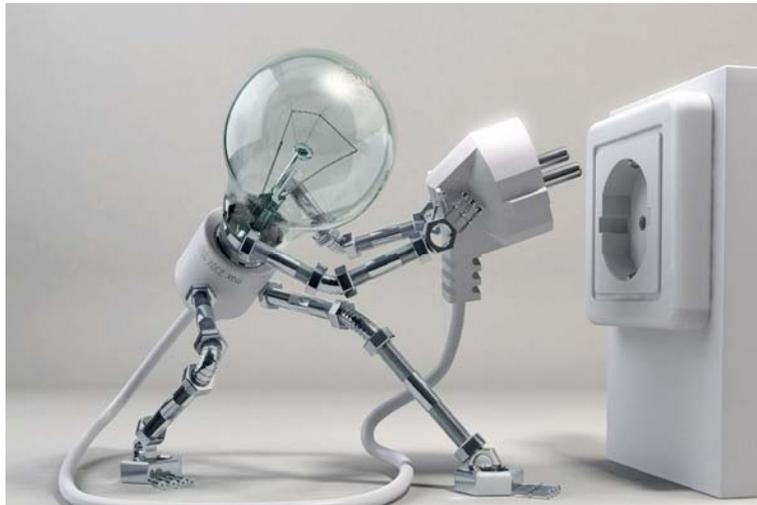


# Elektrizitätslehre 3.



## Elektrischer Stromkreis

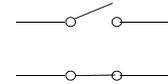
### Elektrische Schaltelemente



Baterie



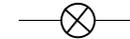
Widerstand



Schalter



Spannungsquelle

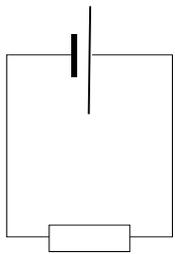


Lampe

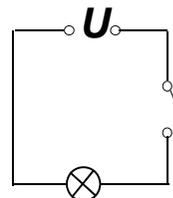


Kondensator

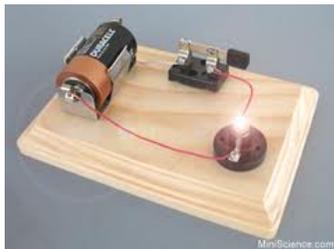
## Einfachster Stromkreis



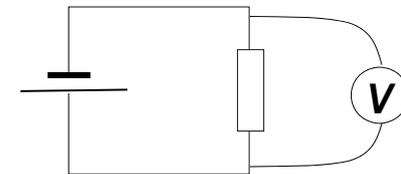
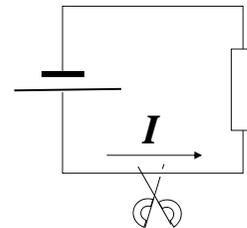
z.B.: Leselampe:



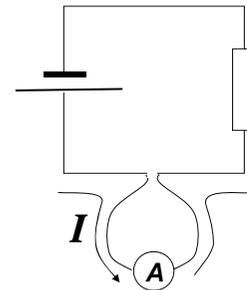
z.B.: Kopflampe:



## Strom- und Spannungsmessung



Spannungsmessgerät  
in Parallelschaltung



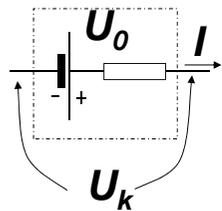
Strommessgerät in  
Reihenschaltung

### Ideale Spannungsquelle:

Spannung ist unabhängig von Stromstärke

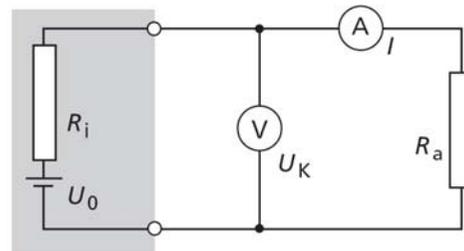


### Reelle Spannungsquelle: Innerer Widerstand

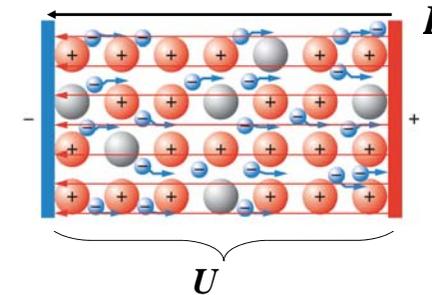


$U_k = U_0 - IR_i$   $U_0$ : Leerlaufspannung  
 Elektromotorische Kraft  
 $U_k$ : Klemmenspannung der Spannungsq.

$$U_0 \geq U_k \geq 0$$



## Joulesche Wärme und Elektrische Leistung



**Elektronenbewegung:**  
 Beschleunigung, Zusammenstoß

Energieaufnahme      Energieabgabe

Um  $Q$  Ladung gegen  $U$  Spannung zu transportieren braucht man  $W=Q \cdot U$  Energie.

Wenn sich  $Q$  Ladung durch das elektrische Feld bewegt, gibt das Feld  $W=U \cdot Q=U \cdot I \cdot t$  Energie ab.

Diese Energie wird in Wärme umgewandelt.  
 (Joulesche Wärme)

$$W=U \cdot I \cdot t$$

### Die Elektrische Leistung:

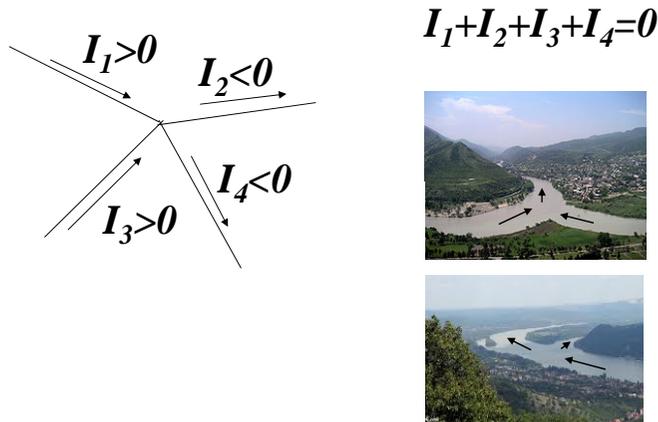
$$P = \frac{W}{t} = \frac{UI t}{t} = UI$$

Einheit: Watt

$$1W=1V \cdot A$$

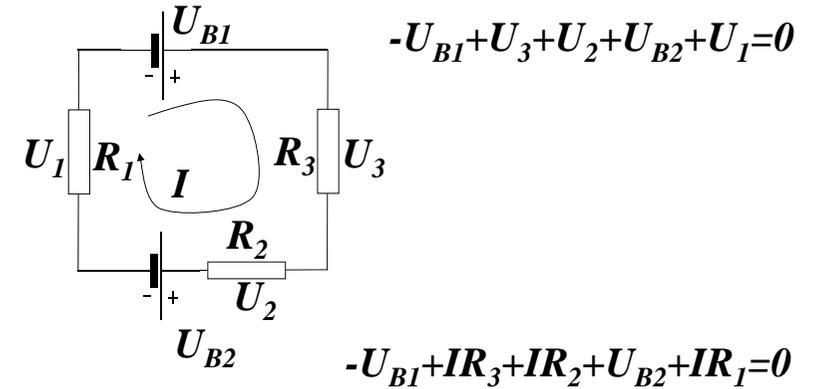
# Kirchoffsche Gesetze

## 1. Kirchoffsches Gesetz: Knotenregel



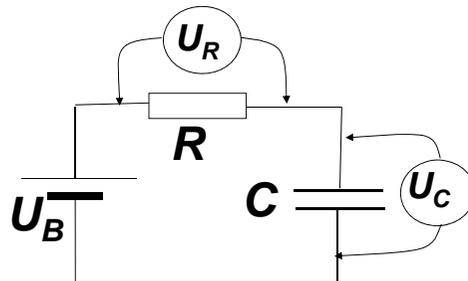
## 2. Kirchoffsches Gesetz: Maschenregel

Summe der Spannungen in einer Masche ist = 0



## RC Kreis

Kondensator in einem Stromkreis:

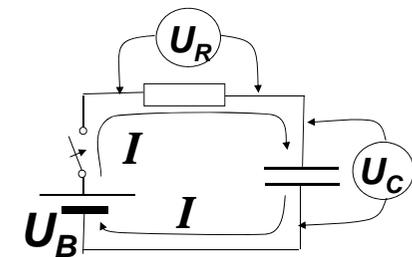


Im Gleichgewichtszustand: Kein Strom  $I=0$   
(Isolator zwischen den Platten!)

$$\Rightarrow U_R = IR = 0 \Rightarrow U_C = U_B - U_R = U_B$$

## Aufladung des RC Kreises

Sei der Kondensator ungeladen vor dem Einschalten des Schalters:  
 $U_C = 0$



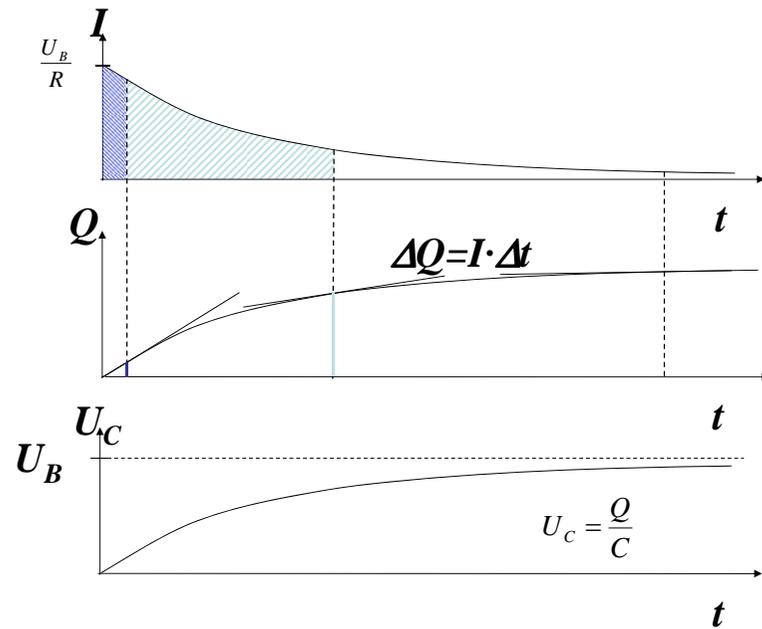
Es gilt zu jedem Zeitpunkt (t):

$$U_R(t) + U_C(t) - U_B = 0 \quad (\text{Maschenregel})$$

$$\Rightarrow U_B = U_R + U_C(t) = I(t) \cdot R + U_C(t)$$

Im Moment des Einschaltens:

$$U_B = I(0)R \Rightarrow I(0) = \frac{U_B}{R}$$



Die Stromstärke annähert Null asymptotisch.

$U_R = IR \Rightarrow U_R$  annähert Null asymptotisch.

$U_C$  annähert  $U_B$  asymptotisch.

$$U_C = U_B \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = RC$$

$$U_R = U_B e^{-\frac{t}{\tau}}$$

## Entladung des RC Kreises

Sei der Kondensator vor dem Einschalten des Schalters aufgeladen:

$$U_C(0) = U_0$$

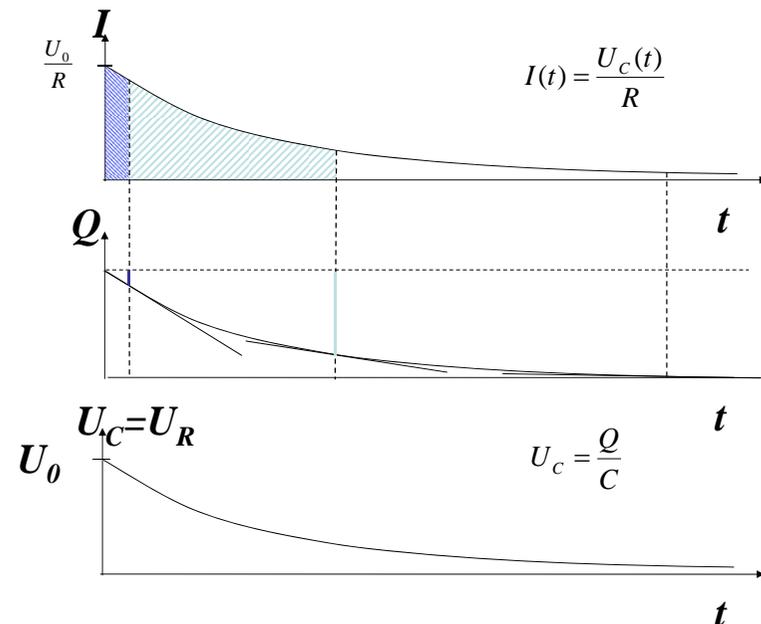
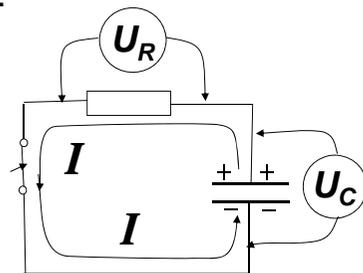
Maschenregel:

$$U_R(t) - U_C(t) = 0$$

$$\Rightarrow I(t)R = U_C(t)$$

$$I(t) = \frac{U_C(t)}{R}$$

Am Anfang der Entladung:  $I(0)R = U_0 \quad I(0) = \frac{U_0}{R}$



$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U_c}{R} \\ \Delta Q &= -I \Delta t \\ \Delta U_c &= \frac{\Delta Q}{C} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{\Delta U_c}{\Delta t} &= -\frac{1}{RC} U_c \\ \frac{\Delta U_c}{\Delta t} &\sim U_c \end{aligned}$$

Änderungsgeschwindigkeit der Spannung ( $U_c$ ) ist proportional zur  $U_c$ .

=> **Exponentialfunktion!**

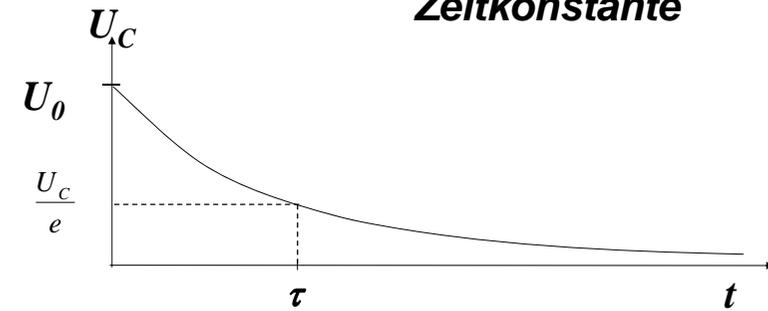
$$U_c = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = RC$$

$$U_c = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = RC$$

**Zeitkonstante**

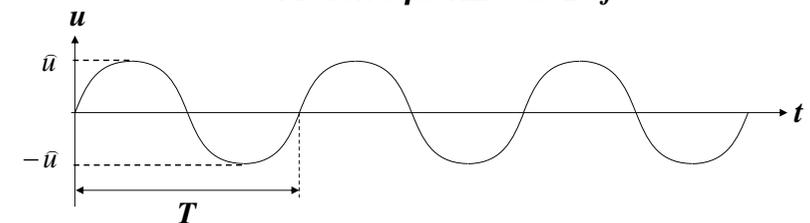


# Wechselspannung

**Wechselspannung    Scheitelwert**

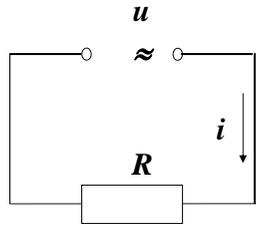
$$u(t) = \bar{u} \sin(\omega t)$$

$$\text{Kreisfrequenz: } \omega = 2\pi f$$



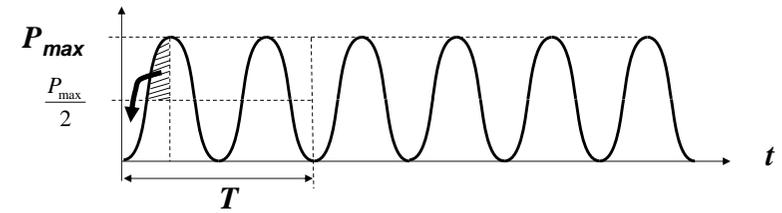
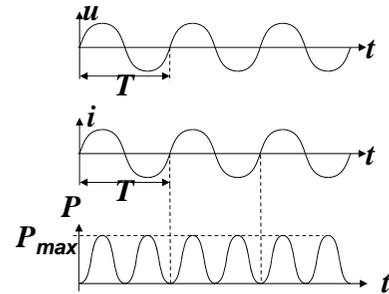
$$T = \frac{1}{f}$$

### Wechselspannungskreis



$$u(t) = \hat{u} \sin(\omega t)$$

$$i(t) = \hat{i} \sin(\omega t)$$



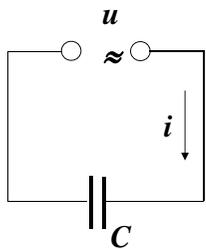
**Durchschnittliche Leistung:**

$$\bar{P} = \frac{P_{\max}}{2} = \frac{\hat{u}\hat{i}}{2} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = U_{\text{eff}} I_{\text{eff}}$$

**Effektive Spannung:**  $U_{\text{eff}} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$

**Effektive Stromstärke:**  $I_{\text{eff}} = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}}$

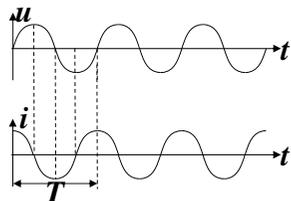
### Kondensator im Wechselstromkreis



$$u = U_C = \frac{Q}{C}$$

$$Q = C \cdot u = C \cdot \hat{u} \sin(\omega t)$$

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = C \hat{u} \frac{\Delta \sin(\omega t)}{\Delta t} = \hat{i} \cos(\omega t)$$



$$\frac{\Delta \sin(\omega t)}{\Delta t} = \omega \cos(\omega t)$$

$$\hat{i} = \hat{u} \cdot C \cdot \omega$$

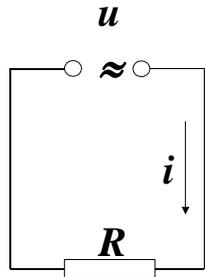
$$\frac{\hat{u}}{\hat{i}} = \frac{1}{\omega C} = X_C$$

**Kapazitiver Widerstand**

$$X_C = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$$

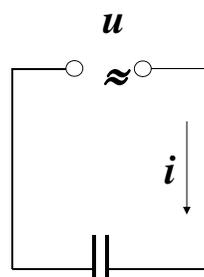
$$X_C \neq \frac{u}{i}$$

### Zusammenfassung:



$$R = \frac{u}{i} = \frac{\hat{u}}{\hat{i}} = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$$

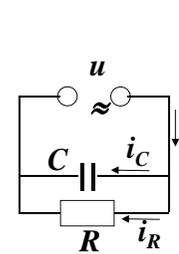
*u und i in gleicher Phase*



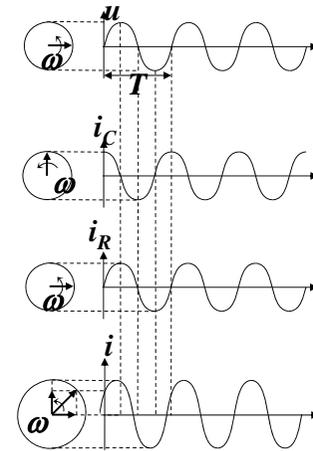
$$X_C = \frac{\hat{u}}{\hat{i}} = \frac{U_{eff}}{I_{eff}} \neq \frac{u}{i}$$

*i eilt sich im Vergleich zum u*

### Wechselstromkreis mit Widerstand und Kondensator in Parallelschaltung



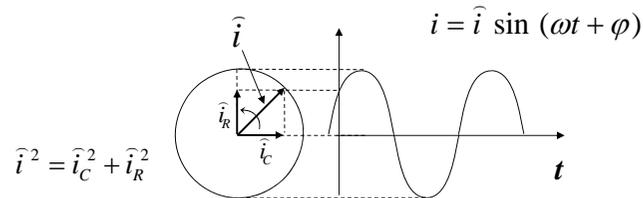
$$i = i_C + i_R$$



$$\frac{\hat{u}}{X_C} \cos(\omega t)$$

$$\frac{\hat{u}}{R} \sin(\omega t)$$

$$\hat{i} \sin(\omega t + \varphi)$$



$$\hat{i}^2 = \hat{i}_C^2 + \hat{i}_R^2$$

$$\hat{i} = \sqrt{\hat{i}_C^2 + \hat{i}_R^2} = \sqrt{\frac{\hat{u}^2}{X_C^2} + \frac{\hat{u}^2}{R^2}} =$$

$$= \hat{u} \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}} = \frac{\hat{u}}{Z}$$

$$Z = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$$

**Impedanz**

$$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}}$$

### Zusammenfassung

	Reihenschaltung	Parallelschaltung
	$R_r = R_1 + R_2$	$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
	$Z = \sqrt{X_C^2 + R^2}$	$\frac{1}{Z} = \sqrt{\frac{1}{X_C^2} + \frac{1}{R^2}}$