

Messübungen

Elektronische Bauteile

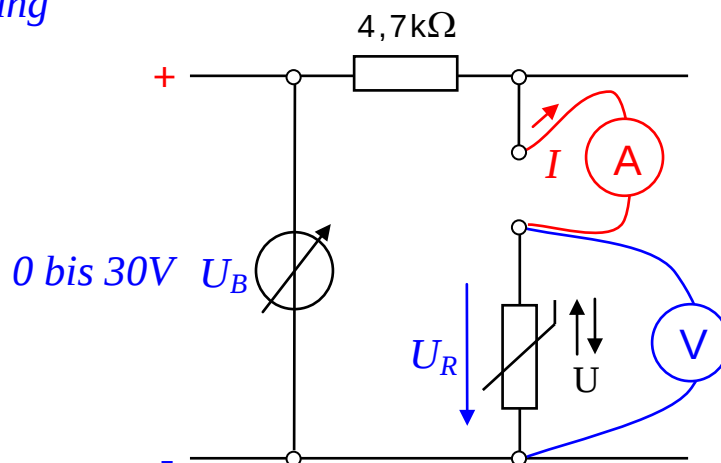
Aufgaben

von

Harald Gorbach

MÜ3.1**VDR und LDR****1. Voltage Dependent Resistor**

Bei der Messung soll das Verhalten des **spannungsabhängigen Widerstandes** (= **Varistor**) bei steigender Spannung untersucht werden.

Schaltung*Messtabelle*

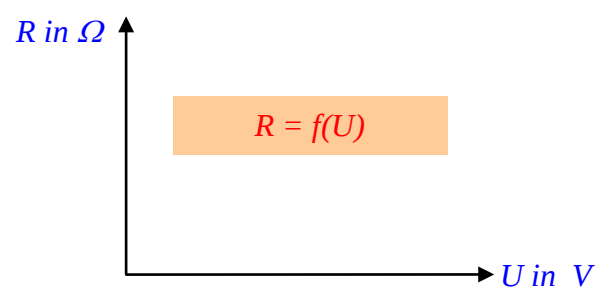
<i>U in V</i>	6	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
<i>I in mA</i>										
<i>R in kΩ</i>										

Für die jeweilige Messung ergibt sich der Widerstand mit:

$$R = \frac{U}{I}$$

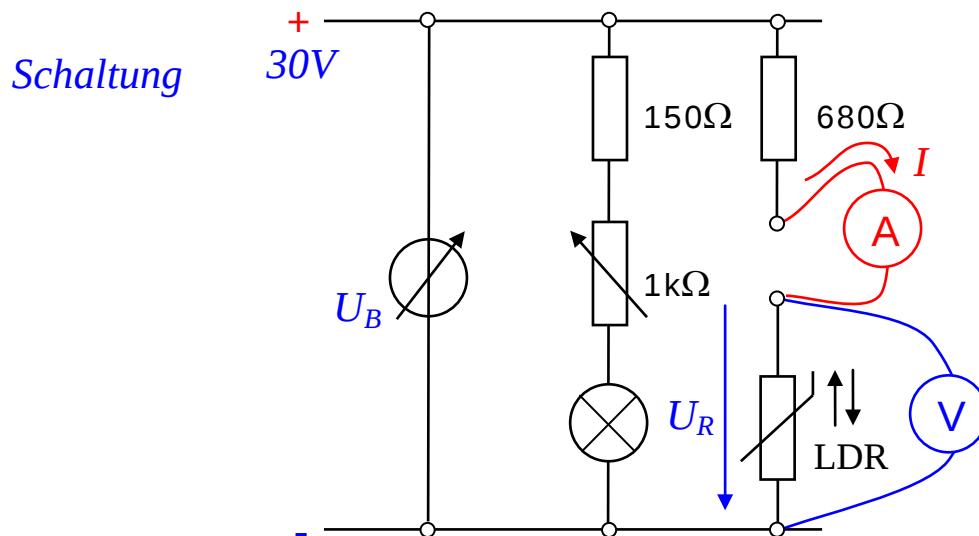
Auswertung

Erstelle ein Diagramm (eine Kennlinie) zu diesen Messungen.



2. Light Dependent Resistor

Bei der Messung soll das Verhalten des **lichtabhängigen Widerstandes** (= **Varistor**) bei steigendem Lichteinfall untersucht werden.



Messtabelle

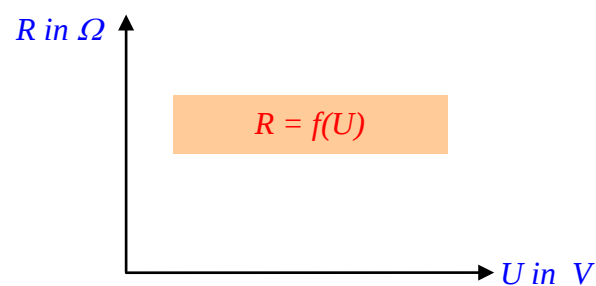
<i>U in V</i>	6	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
<i>I in mA</i>										
<i>R in kΩ</i>										

Für die jeweilige Messung ergibt sich der Widerstand mit:

$$R = \frac{U}{I}$$

Auswertung

Erstelle ein Diagramm (eine Kennlinie) zu diesen Messungen.



MÜ3.2**Diodenkennlinie**

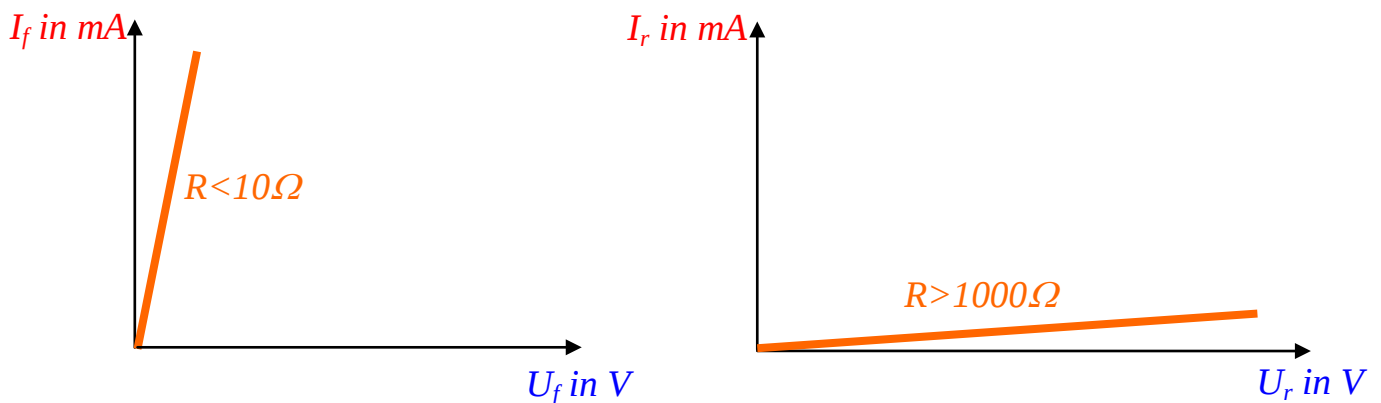
Die Diodenkennlinie ist eine Strom-Spannungs-Kennlinie oder eine Widerstandskennlinie. Es gibt zwei Möglichkeiten der Kennlinienaufnahme:

1. Statische Kennlinienaufnahme (mit Multimeter)
2. Dynamische Kennlinienaufnahme (mit schreibenden Messgeräten)

Achtung:

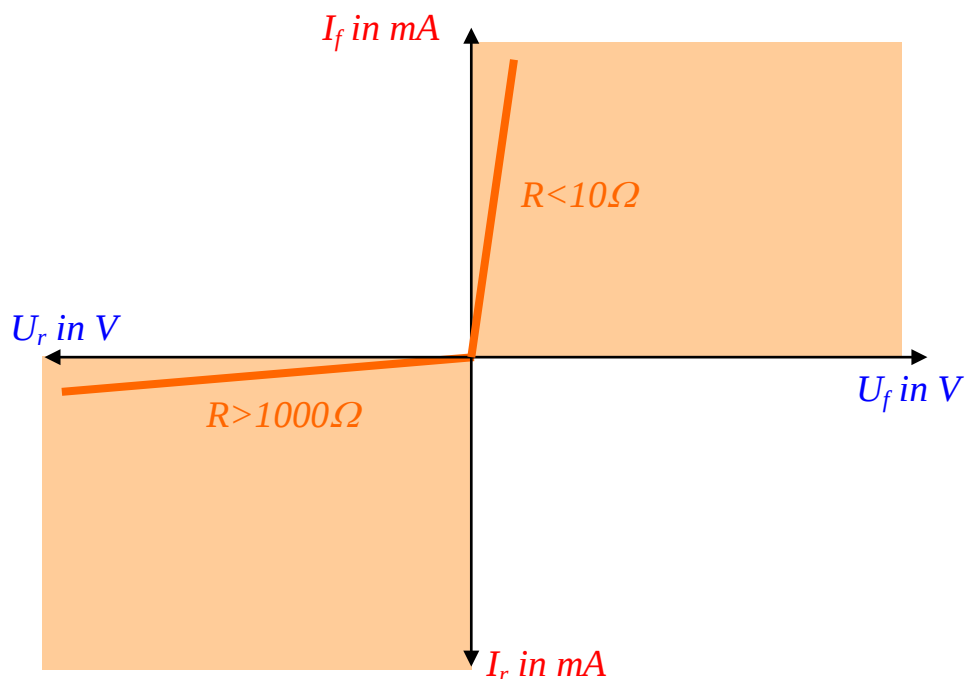
Eine Diode ist ein elektronischer Schalter. Sie kann abhängig von der Stromrichtung leiten oder sperren.

Diode leitet = Schalter geschlossen (sehr kleiner Widerstand)	Diode sperrt = Schalter offen (sehr großer Widerstand)
--	---



Diode leitet = (I_f und U_f); f ... forward	Diode sperrt = (I_r und U_r); r ... reverse
--	--

Damit die Darstellung der Kennlinie in einem Bild gemacht werden kann, werden Strom- und Spannungsrichtung im Diagramm berücksichtigt:

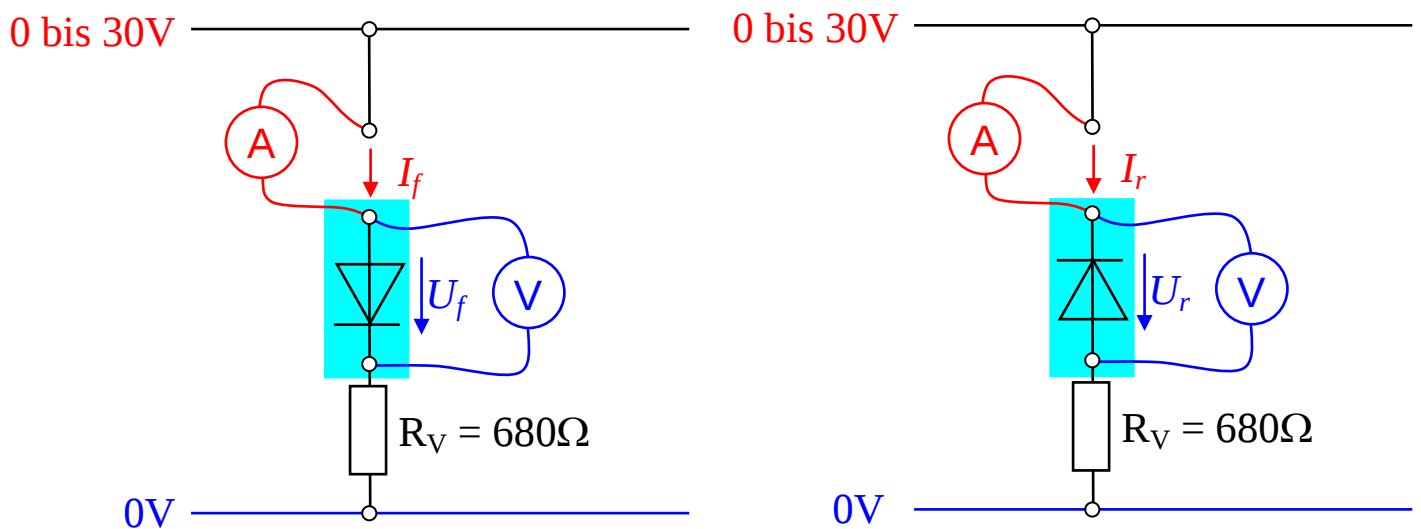


1. Statische Aufnahme der Diodenkennlinie

Die Diodenkennlinie ist gekrümmt. Das bedeutet: ihr Widerstand ist nicht konstant. Daher ist es gut, sich bei der Messung auf den fließenden Strom zu achten! Die Messpunkte werden einzeln eingestellt und in eine Tabelle übertragen.

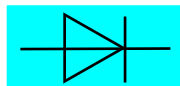
Schaltung:

Die Messung für den Durchlassbereich und den Sperrbereich sind getrennt durchzuführen.



Messtabelle

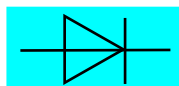
a) Silizium-Schalterdiode 1N4007



I_f in mA	0	5	10	15	20	25	30
U_f in V							

I_r in μ A	0	25	50	100	250	500	1000
U_r in V							

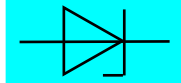
b) Germanium-Spitzendiode AA118



I_f in mA	0	5	10	15	20	25	30
U_f in V							

I_r in μ A	0	25	50	100	250	500	1000
U_r in V							

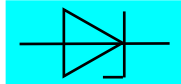
c) Zener-Diode ZF3,3



I_f in mA	0	5	10	15	20	25	30
U_f in V							

I_r in μ A	0	100	250	500	1000	2500	5000
U_r in V							

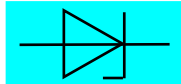
d) Zener-Diode ZF4,7



I_f in mA	0	5	10	15	20	25	30
U_f in V							

I_r in μ A	0	100	250	500	1000	2500	5000
U_r in V							

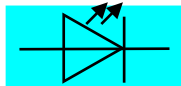
e) Zener-Diode ZF10



I_f in mA	0	5	10	15	20	25	30
U_f in V							

I_r in μ A	0	100	250	500	1000	2500	5000
U_r in V							

f) Leuchtdiode rot

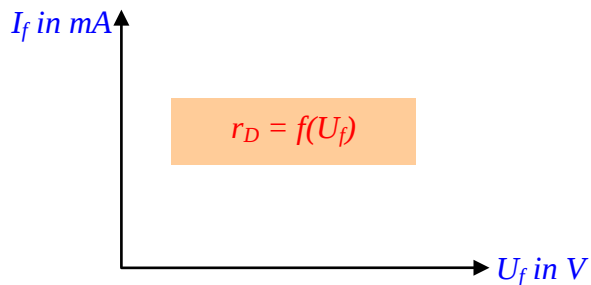


I_f in mA	0	5	10	15	20	25	30
U_f in V							

I_r in μ A	0	25	50	100	250	500	1000
U_r in V							

Auswertung

Erstelle für alle Dioden ein Diagramm (eine Kennlinie) zur Messung der Durchlassrichtung. Die gemeinsame Darstellung der Kennlinien in einem Diagramm soll den Vergleich der einzelnen Diodentypen ermöglichen.



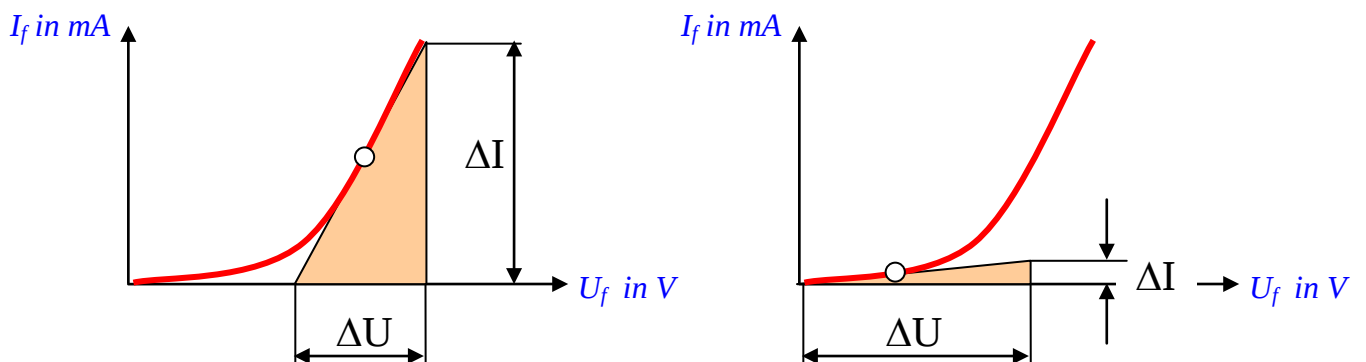
Der Widerstand einer Diode r_D kann aus der Steilheit der Kennlinie abgeleitet werden. Diese ist unterschiedlich steil, also ist der Widerstand veränderlich und deshalb wird er klein geschrieben.

Nach dem ohmschen Gesetz gilt:

$$R = \frac{U}{I}$$

Für den veränderlichen Widerstand der Diode gilt:

$$r_D = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$



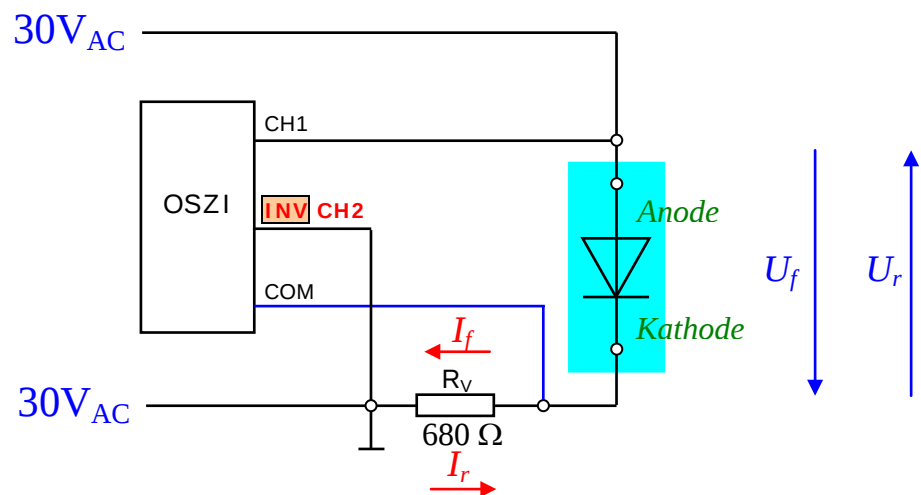
2. Dynamische Aufnahme der Diodenkennlinie

Für die dynamische Kennlinienaufnahme wird eine Wechselspannung benötigt. Damit erreichen wir automatisch die Aufzeichnung in beiden Stromrichtungen, also

- ➔ der Durchlassrichtung ($U_f | I_f$)
- ➔ der Sperrrichtung ($U_r | I_r$)

Die Messung erfolgt mit einem Oszilloskop. Die Stromachse kann so nur indirekt über den Messwiderstand dargestellt werden. Durch die Schaltung der gemeinsamen Masse ergibt sich auch eine **Umpolung der Stromachse**, was aber am Messgerät wieder korrigiert werden kann!

Schaltung:



Auswertung

Von jeder Diode ist zunächst ein geeigneter Ausdruck einer Kennlinie zu erzeugen.

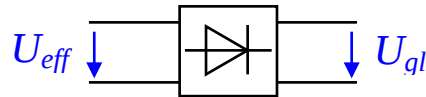
Wegen der indirekten Strommessung über R_v ist der Strommaßstab zu bestimmen. Das ist durch die Anwendung des Ohmschen Gesetzes möglich:

$$I_f = \frac{U_f}{R_v}$$

$$I_r = \frac{U_r}{R_v}$$

MÜ3.3**Diodenschaltungen**

Die bekanntesten Diodenschaltungen sind **Gleichrichterschaltungen**.
Kurz: Gleichrichter liefern eine pulsierende Gleichspannung.



Für sinusförmige Wechselspannung gilt:

$$U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}} = U_{gl}$$

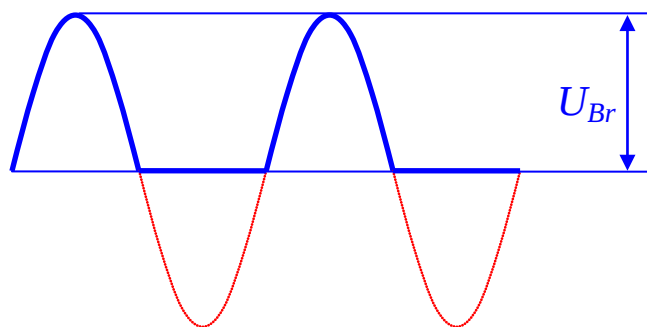
Die pulsierende Ausgangsspannung U_{gl} ist eine Brummspannung U_{Br} .

3.2.1 Einweggleichrichter (Einpulsmittelpunkt-Schaltung M1U)

ohne Glättungskondensator:

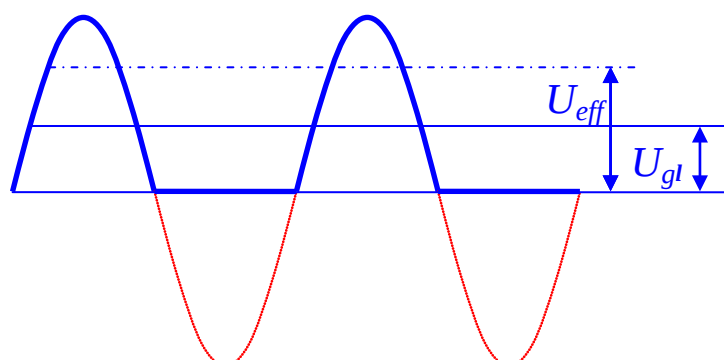
Die Ausgangsspannung besitzt 1 Welle / Periode. Die Brummspannung entspricht dem Maximalwert:

$$U_{Br} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$$



Die Gleichspannung entspricht dem halben Effektivwert:

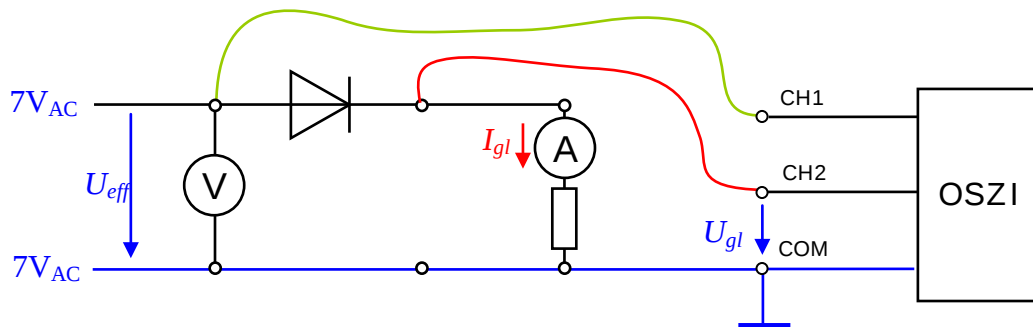
$$U_{gl} = \frac{\hat{U}}{2 \cdot \sqrt{2}}$$



Messung:

Die Schaltung soll mit drei verschiedenen Belastungen untersucht werden.

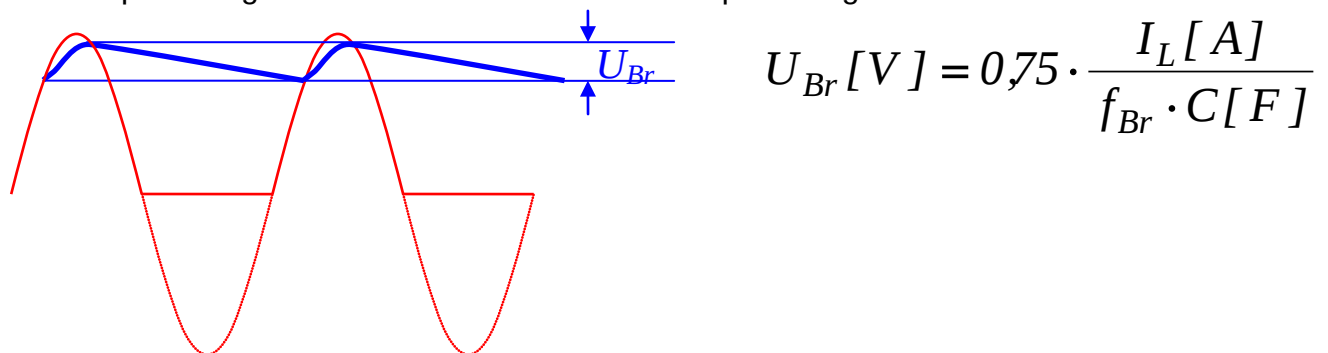
Bei der Einstellung der Messgeräte ist es wichtig, auf die Einstellung der Stromart zu achten!



Belastung	U_{eff}	U_{gl}	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

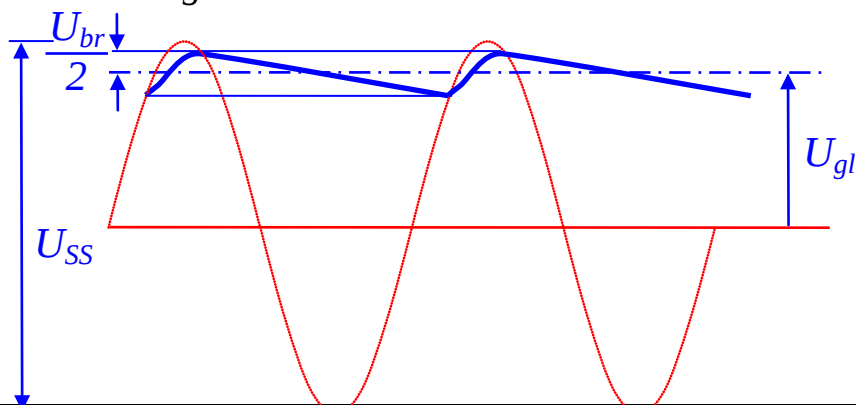
mit Glättungskondensator:

Der Glättungskondensator vermindert die Welligkeit der pulsierenden Gleichspannung und verkleinert die Brummspannung:



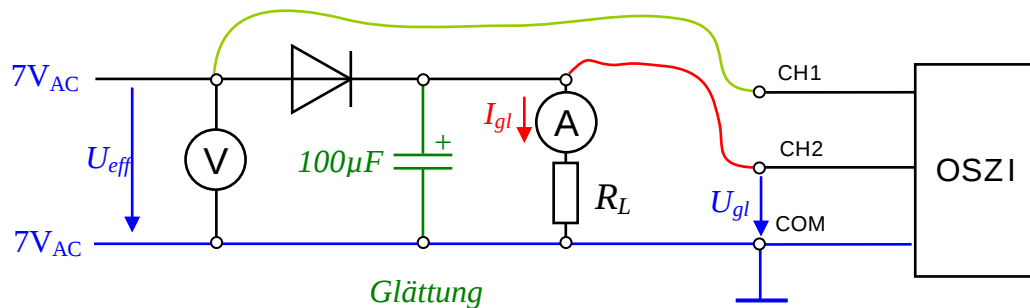
Die Gleichspannung kann aus der Grafik wie folgt ermittelt werden:

$$U_{gl} = 0,45 \cdot (U_{SS} - U_{Br})$$



Messung:

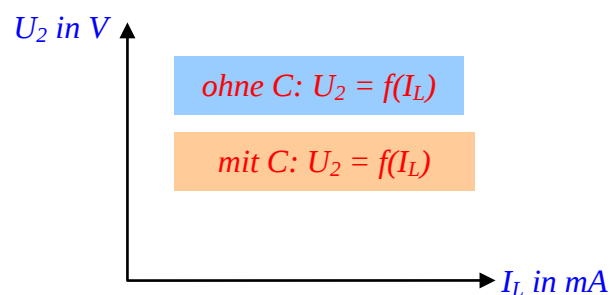
Die Schaltung soll mit denselben Belastungen (siehe Tabelle) untersucht werden.



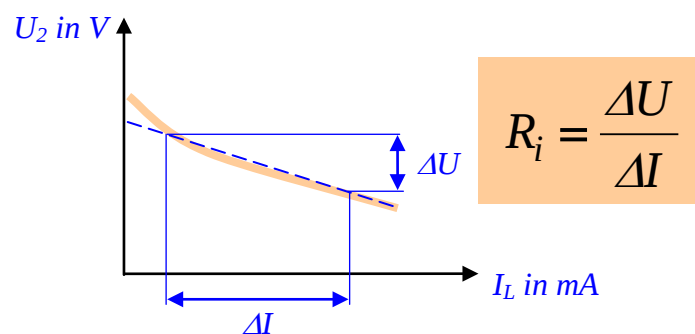
Belastung	U_{eff}	U_{gl}	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

Auswertung:

Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen ohne und mit Glättungskondensator.



Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator aus den Daten des Diagramms).



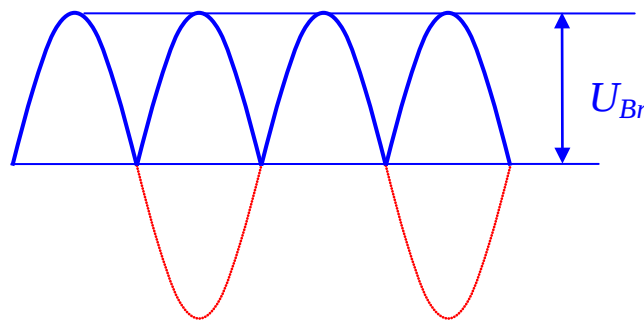
Bestimme aus den Messungen mit dem Oszilloskop die jeweilige Brummspannung und bewerte sie anhand der oben angeführten Formel..

3.2.2 Brückengleichrichter oder Graetz-Schaltung (Zweipuls-Schaltung B2)

ohne Glättungskondensator:

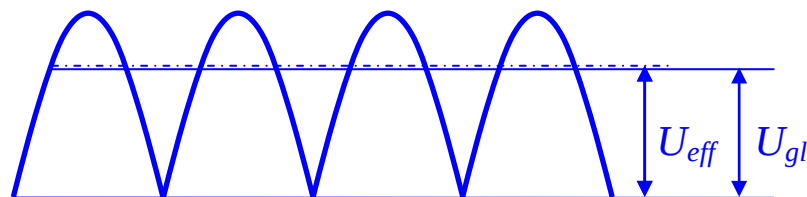
Die Ausgangsspannung besitzt 2 Wellen / Periode. Die Brummspannung entspricht dem Maximalwert

$$U_{Br} = \sqrt{2} \cdot U_{eff}$$



Die Gleichspannung entspricht etwa dem Effektivwert:

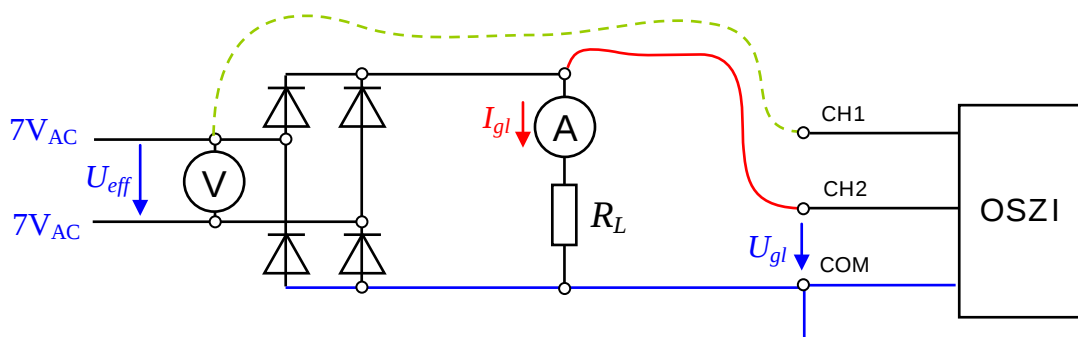
$$U_{gl} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$$



Messung:

Die Schaltung soll mit drei verschiedenen Belastungen (siehe Tabelle) untersucht werden.

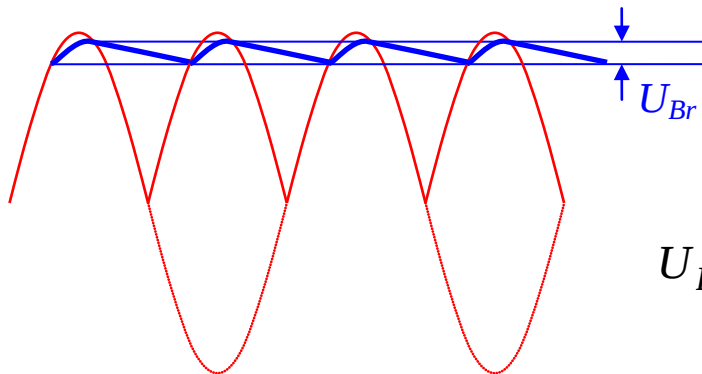
Bei der Einstellung der Messgeräte ist es wichtig, auf die Einstellung der Stromart zu achten!



Belastung	U_{eff}	U_{gl}	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

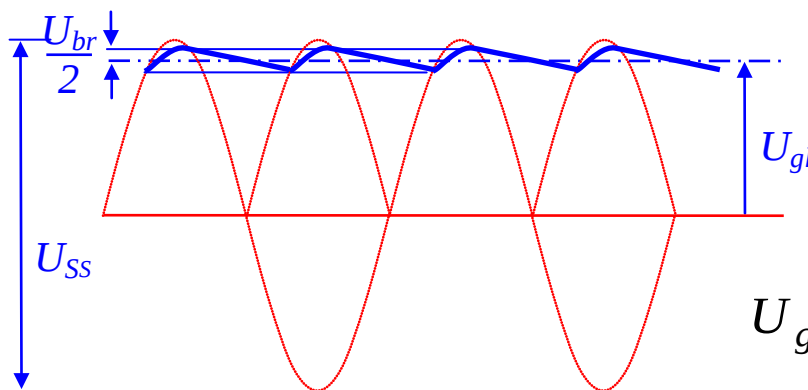
mit Glättungskondensator:

Der Glättungskondensator vermindert die Welligkeit der pulsierenden Gleichspannung und verkleinert die Brummspannung:



$$U_{Br} [V] = 0,75 \cdot \frac{I_L [A]}{f_{Br} \cdot C [F]}$$

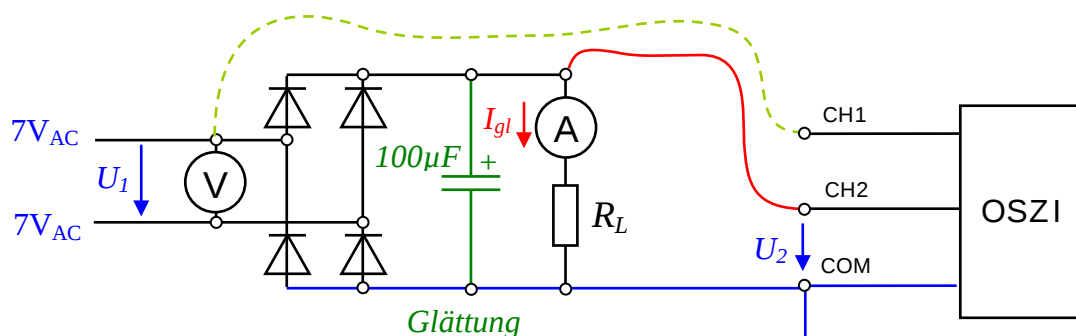
Die Gleichspannung kann ungefähr aus der Grafik wie folgt ermittelt werden:



$$U_{gl} = 0,47 \cdot (U_{SS} - U_{Br})$$

Messung:

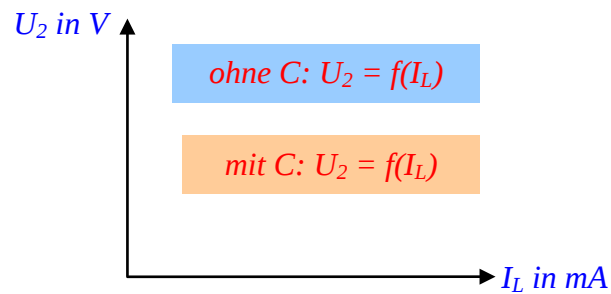
Die Schaltung soll wieder mit den gleichen Belastungen untersucht werden.



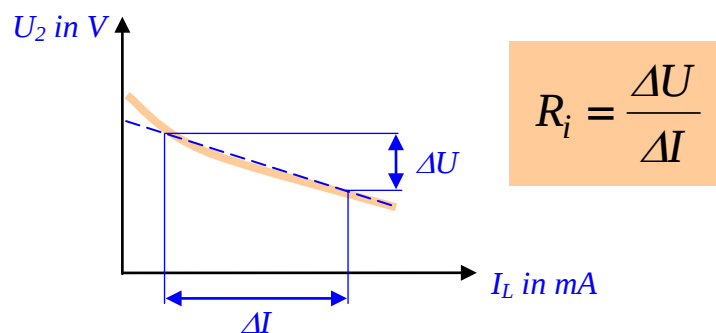
Belastung	U_1	U_2	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

Auswertung:

Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen ohne und mit Glättungskondensator.



Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator) aus den Daten des Diagramms.



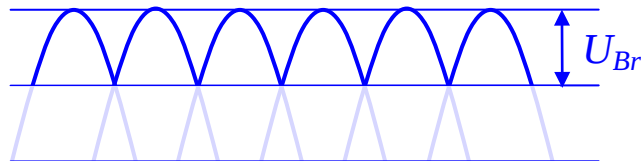
Bestimme aus den Messungen mit dem Oszilloskop die jeweilige Brummspannung und bewerte sie anhand der oben angeführten Formel.

3.2.3 Drehstromgleichrichter (Dreiweg-Mittelpunkt-Schaltung M3)

ohne Glättungskondensator:

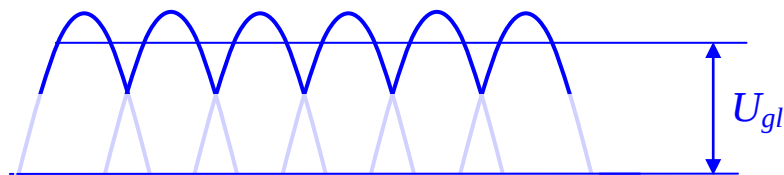
Die Ausgangsspannung besitzt 3 Wellen / Periode. Die Brummspannung entspricht dem halben Maximalwert

$$U_{Br} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot U_{eff}$$

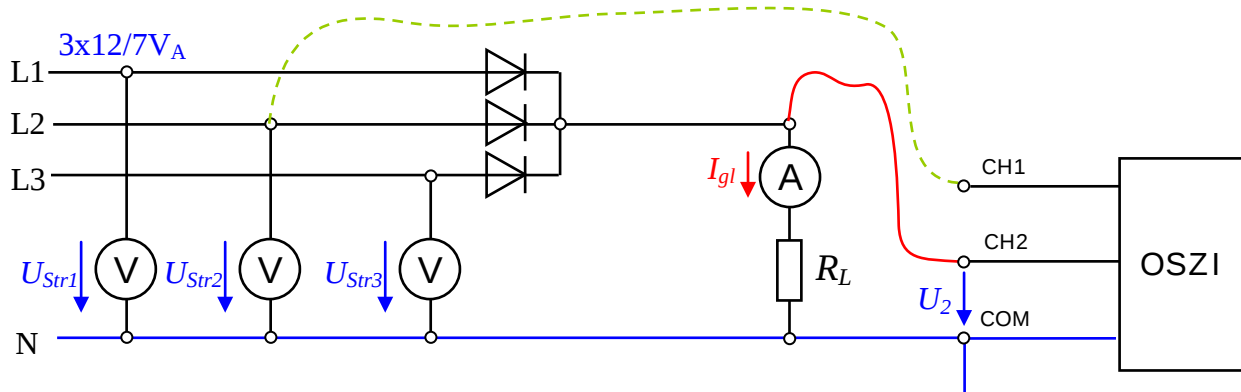


Die Gleichspannung ist größer als der Effektivwert:

$$U_{eff} = 0,707 \cdot \hat{U} ; U_{gl} = 0,82 \cdot \hat{U}$$



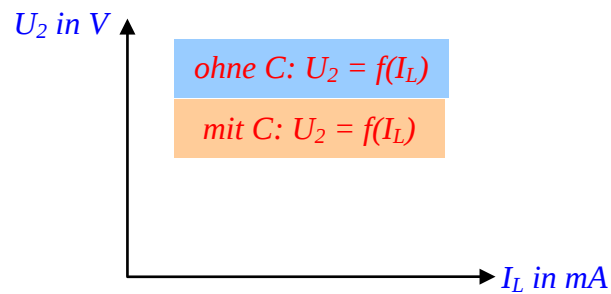
Messung:



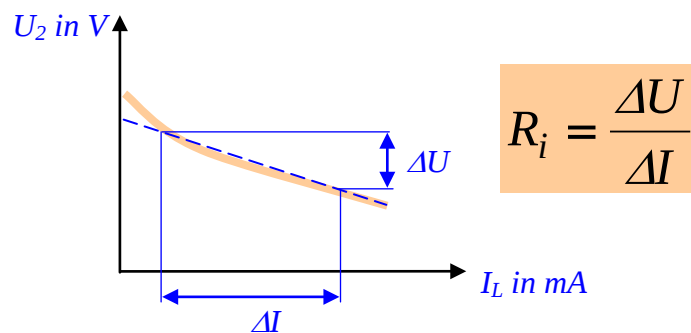
Belastung	$U_{1,2,3}$	U_2	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

Auswertung:

Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen ohne und mit Glättungskondensator.



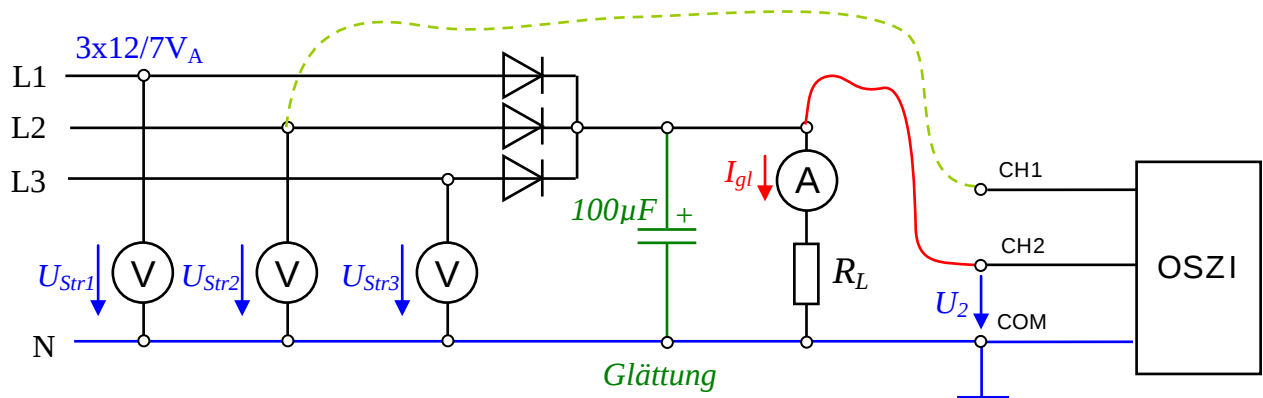
Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator aus den Daten des Diagramms.



Bestimme aus den Messungen mit dem Oszilloskop die jeweilige Brummspannung und bewerte sie anhand der oben angeführten Formel..

mit Glättungskondensator:

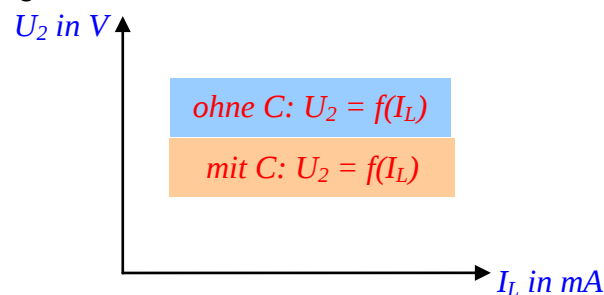
Der Glättungskondensator vermindert hier die Welligkeit der pulsierenden Gleichspannung noch mehr.



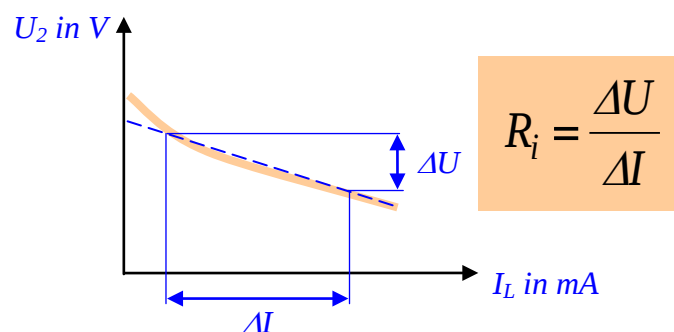
Belastung	$U_{1,2,3}$	U_{gl}	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

Auswertung:

Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen ohne und mit Glättungskondensator.



Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator) aus den Daten des Diagramms.

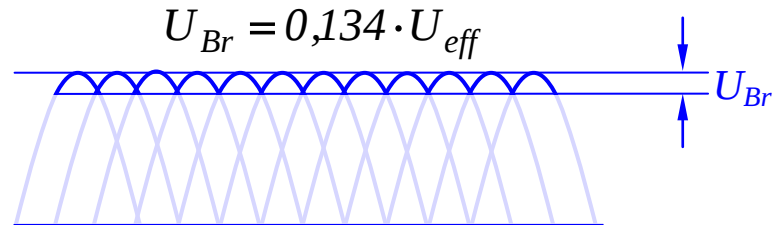


Bestimme aus den Messungen mit dem Oszilloskop die jeweilige Brummspannung und bewerte sie anhand der oben angeführten Formel..

3.2.4 Drehstromgleichrichter (6 Puls-Brückenschaltung B6)

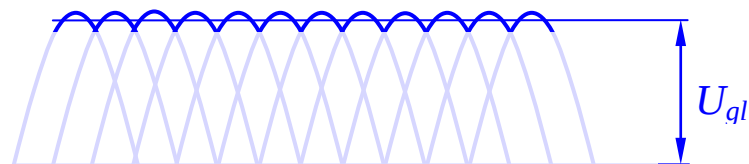
ohne Glättungskondensator:

Die Ausgangsspannung besitzt 6 Wellen / Periode. Die Brummspannung ist sehr klein:

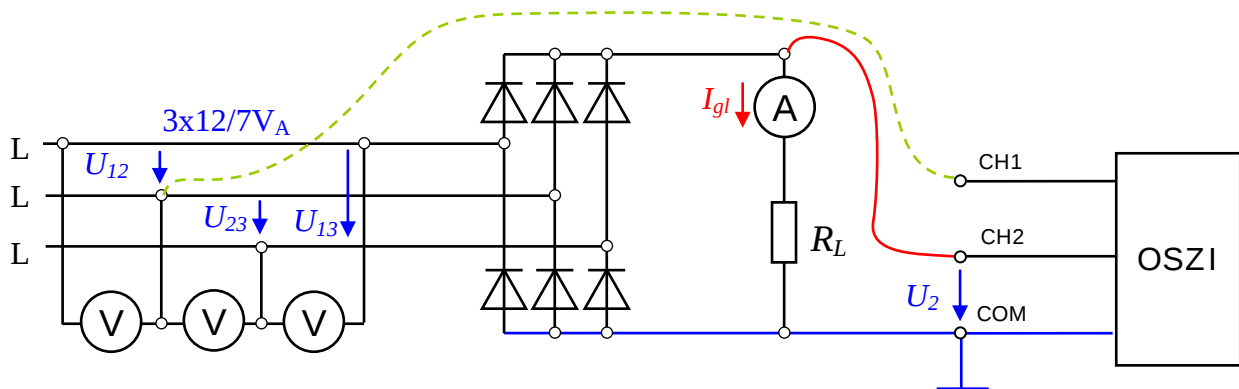


Die Gleichspannung ist deutlich größer als der Effektivwert:

$$U_{eff} = 0,707 \cdot \hat{U} ; U_{gl} = 0,957 \cdot \hat{U}$$



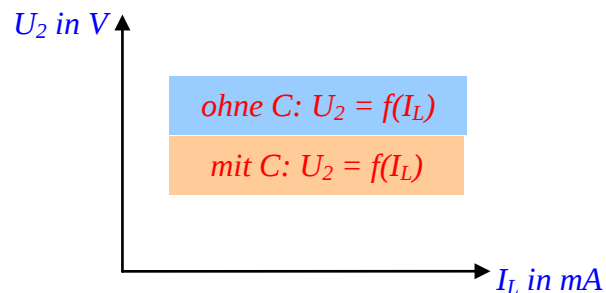
Messung:



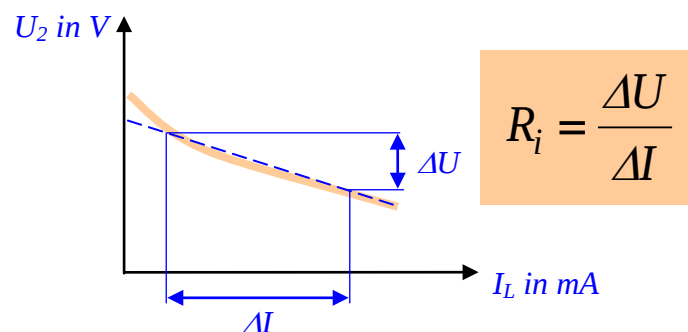
Belastung	$U_{1,2,3}$	U_2	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

Auswertung:

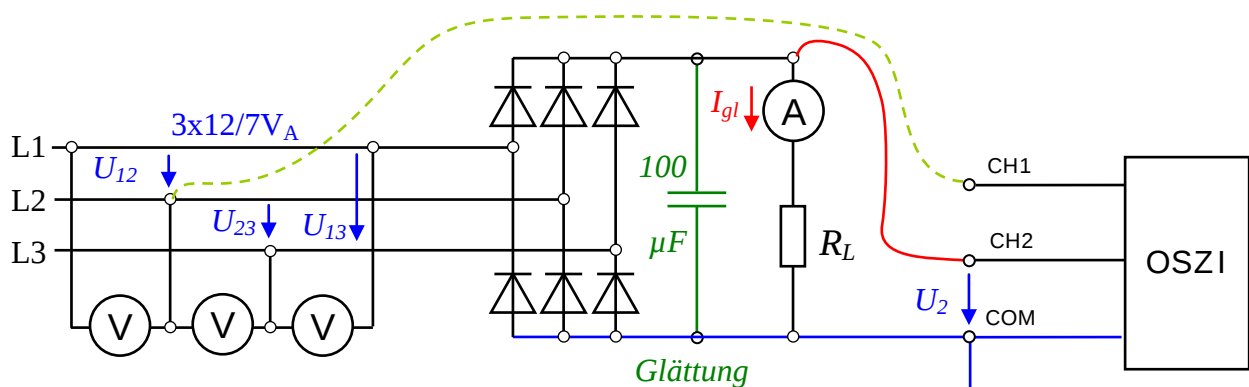
Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen ohne und mit Glättungskondensator.



Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator aus den Daten des Diagramms).



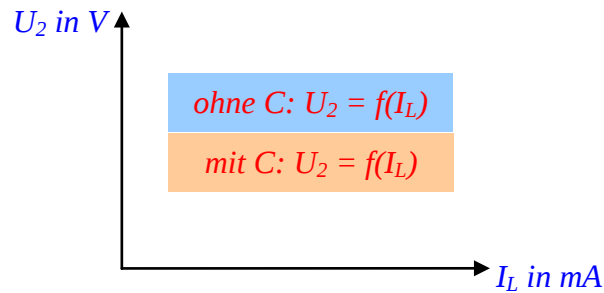
Bestimme aus den Messungen mit dem Oszilloskop die jeweilige Brummspannung und bewerte sie anhand der oben angeführten Formel..

mit Glättungskondensator:

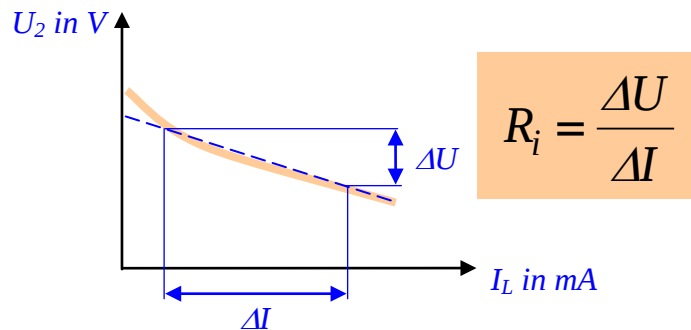
Belastung	$U_{1,2,3}$	U_{gl}	I_{gl}
	in V		in mA
-			
$1k\Omega$			
220Ω			

Auswertung:

Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen ohne und mit Glättungskondensator.



Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator) aus den Daten des Diagramms.



Bestimme aus den Messungen mit dem Oszilloskop die jeweilige Brummspannung und bewerte sie anhand der oben angeführten Formel.

MÜ3.4**Spannungsstabilisierung mit Z-Diode****Verwendung der Zener-Diode**

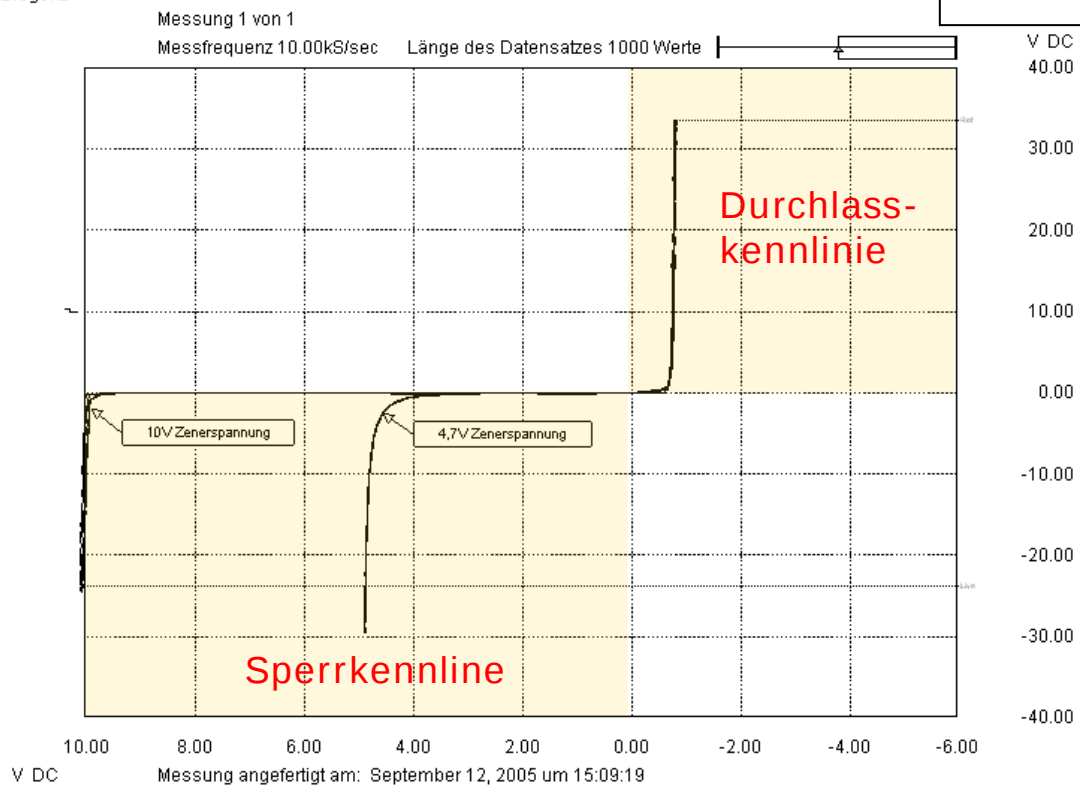
Die Z-Diode wird in Sperrrichtung bei U_Z (= Zenerspannung) leitend. U_Z ist auch praktisch unabhängig von der Stromstärke.

Achtung: Z-Dioden werden in Sperrrichtung betrieben.

LBS Bregenz 2
Feldweg 25
6900 Bregenz

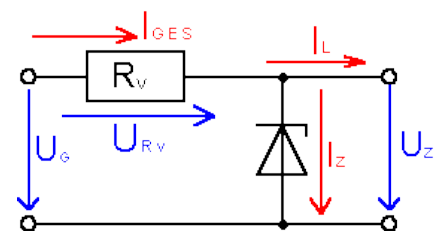
Zenerdioden

$$c_y = 1,47 \frac{mA}{V}$$



Die sehr große Leitfähigkeit der Z-Diode nach dem Zenereffekt und dem Lawineneffekt macht eine Strombegrenzung notwendig, ohne die die Z-Diode zerstört wird.

Die nebenstehende Schaltung eignet sich als Spannungsstabilisierungsschaltung. Über den Vorwiderstand R_V wird der maximale Strom bestimmt, der durch die Z-Diode, bei Nichtbelastung fließen darf.



Berechnung des maximalen Diodenstromes $I_{Z\max}$:

$$I_{Z\max} = \frac{P_{\text{tot}}}{U_Z} = \frac{500\text{mW}}{15\text{V}} = \frac{0,5\text{W}}{15\text{V}} = 0,033\text{A} \quad (\text{der gewählte Wert muss darunter liegen!})$$

Berechnung des minimalen Diodenstromes $I_{Z\min}$:

$$I_{Z\min} = I_{Z\max} \cdot 0,1 = 0,0033\text{A}$$

Berechnung des Vorwiderstandes R_V :

$$R_V = \frac{U_1 - U_Z}{I_Z} = \frac{20,1\text{V} - 16\text{V}}{15\text{mA}} = \frac{4,1\text{V}}{0,015\text{A}} = 273,3\,\Omega \quad (\text{gewählt } R_V = 330\,\Omega)$$

Philips Semiconductors

Product specification

Voltage regulator diodes

BZX55 series

FEATURES

- Total power dissipation: max. 500 mW
- Tolerance series: $\pm 5\%$
- Working voltage range: nom. 2.4 to 75 V (E24 range)
- Non-repetitive peak reverse power dissipation: max. 40 W.

APPLICATIONS

- Low voltage stabilizers or voltage references.

DESCRIPTION

Low-power voltage regulator diodes in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.

The diodes are available in the normalized E24 $\pm 5\%$ tolerance range. The series consists of 37 types with nominal working voltages from 2.4 to 75 V (BZX55-C2V4 to BZX55-C75).



The diodes are type branded.

Fig.1 Simplified outline (SOD27; DO-35) and symbol.

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

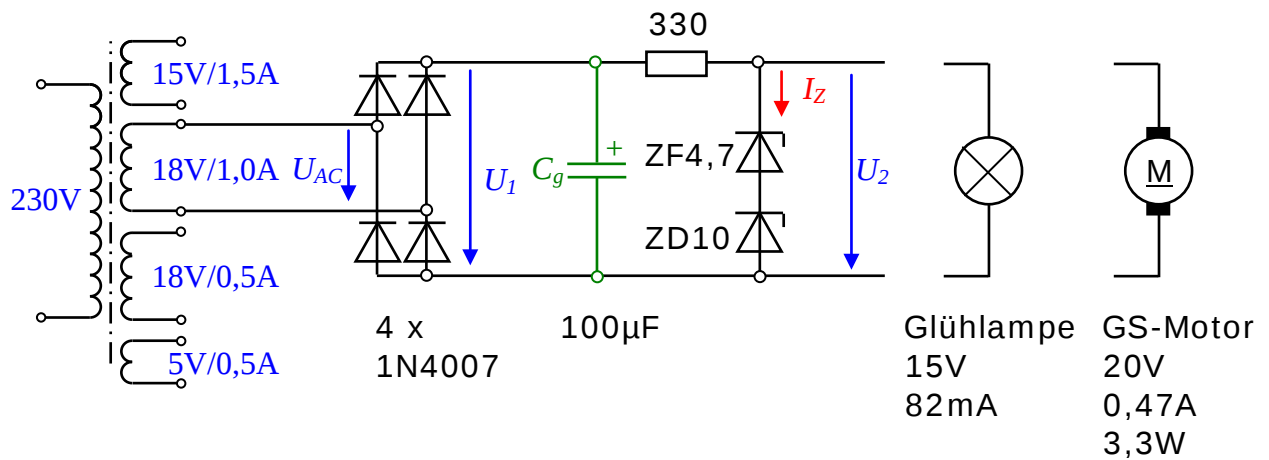
SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
I_F	continuous forward current		—	250	mA
I_{ZSM}	non-repetitive peak reverse current	$t_p = 100\ \mu\text{s}$; square wave; $T_j = 25\ ^\circ\text{C}$ prior to surge	see Table "Per type"		
P_{tot}	total power dissipation	$T_{\text{amb}} = 50\ ^\circ\text{C}$; note 1	—	400	mW
		$T_{\text{amb}} = 50\ ^\circ\text{C}$; note 2	—	500	mW
P_{ZSM}	non-repetitive peak reverse power dissipation	$t_p = 100\ \mu\text{s}$; square wave; $T_j = 25\ ^\circ\text{C}$ prior to surge	—	40	W
		$t_p = 8.3\ \text{ms}$; square wave; $T_j \leq 150\ ^\circ\text{C}$ prior to surge	—	30	W
T_{stg}	storage temperature		-65	+200	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		—	200	$^\circ\text{C}$

Notes

1. Device mounted on a printed circuit-board without metallization pad; lead length max.
2. Tie-point temperature $\leq 50\ ^\circ\text{C}$; lead length 8 mm.

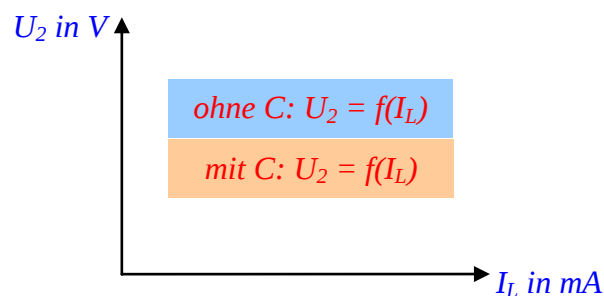
Messung:

Wir untersuchen die Stabilität der Spannung mit folgenden Belastungen:

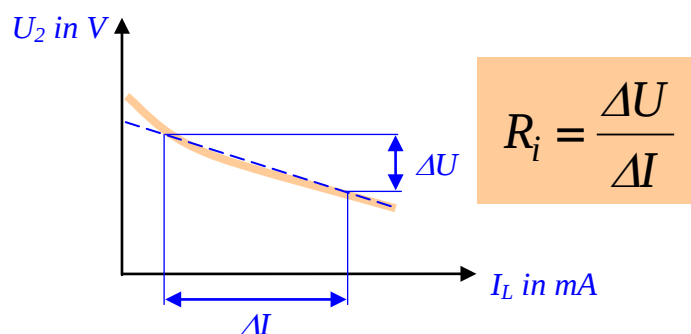
**Auswertung:**

Last	U_2 in V	I_L in mA
Leerlauf		
Lampe		
Motor		

Erstelle zunächst ein Diagramm (Lastkennlinie) zu den Messungen.

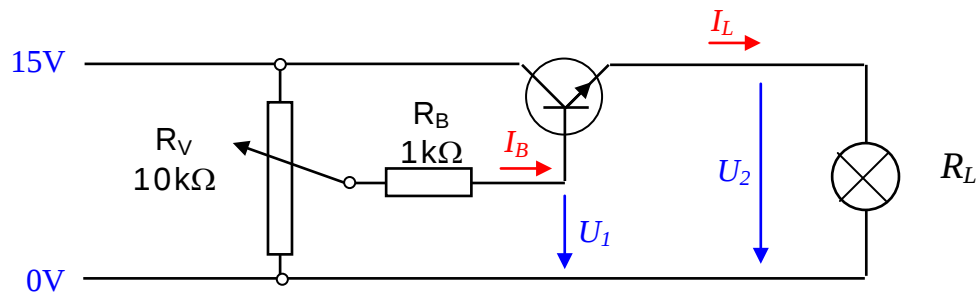


Ermittle den Innenwiderstand der Quelle (Gleichrichter mit Glättungskondensator aus den Daten des Diagramms).



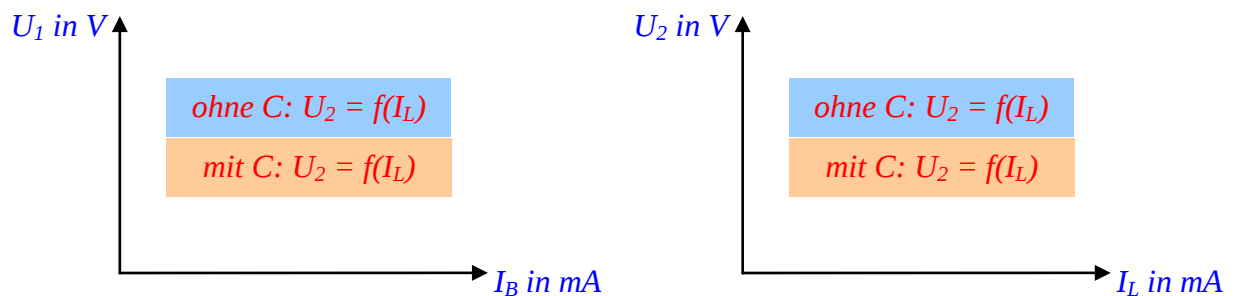
MÜ3.5**Spannungssteuerung mit einem Transistor***Messung:*

Wir untersuchen Das Verhalten der Spannungen und Ströme an folgendem Transistorregler:

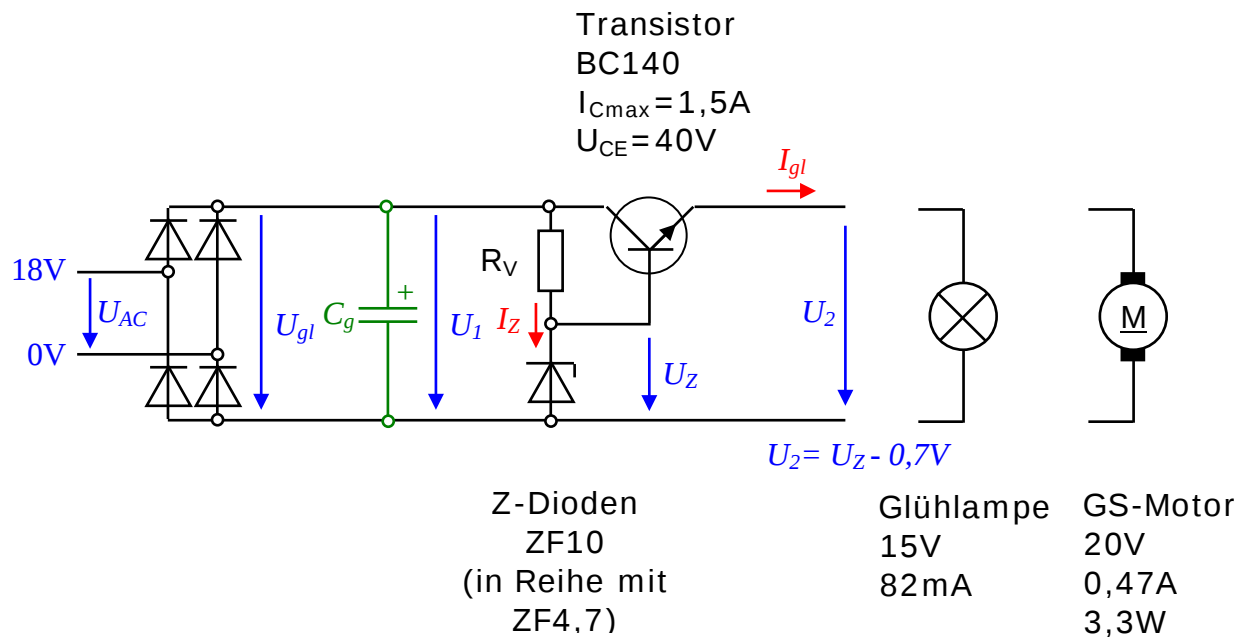
*Auswertung:*

Potistellung	U_1 in V	I_B in mA	U_2 in V	I_L in mA
0				
1				
2				
3				
⋮				
9				
10				

Erstelle die Diagramme zu den Messungen.



Vergleiche die Ströme I_B und I_L .

MÜ3.6**Längsstabilisierung mit Transistor**

Philips Semiconductors

Product specification

NPN medium power transistors**BC140; BC141****FEATURES**

- High current (max. 1 A)
- Low voltage (max. 60 V).

APPLICATIONS

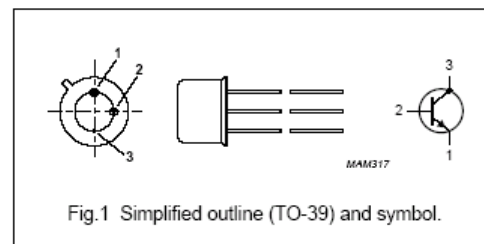
- General purpose switching and amplification.

DESCRIPTION

NPN medium power transistor in a TO-39 metal package.
PNP complements: BC160 and BC161.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

**QUICK REFERENCE DATA**

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage BC140 BC141	open emitter	–	–	80	V
			–	–	100	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage BC140 BC141	open base	–	–	40	V
			–	–	60	V
I_{CM}	peak collector current		–	–	1.5	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{case} \leq 45^\circ C$	–	–	3.7	W
h_{FE}	DC current gain BC140-10; BC141-10 BC140-16; BC141-16	$I_C = 100\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}$	63	100	160	
			100	160	250	
f_T	transition frequency	$I_C = 50\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	50	–	–	MHz

Berechnung der Schaltung

1) Gleichrichterberechnung

$$\hat{U} = \sqrt{2} \cdot U_{eff} = 1,4 \cdot 18V = 25,2V$$

Die gewünschte Gleichspannung soll 15V betragen. $\leftarrow U_2$

Das heißt: Die Brummspannung darf maximal $U_{Br} = \hat{U} - U_2$ sein.

$$U_{Br} = \hat{U} - U_2 = 25,2V - 15V = 10,2V$$

Damit haben wir aber keine Reserven mehr, deshalb wählen wir für die Eingangsspannung

$$U_1 = \hat{U} - \frac{U_{Br}}{2} = 25,2V - 5,1V = 20,1V$$

2) Berechnung der Zenerdioden-Stabilisierung

$$U_Z = 0,7V + U_2 = 0,7V + 15V \approx 16V$$

$$I_{Z\max} = \frac{P_{tot}}{U_Z} = \frac{500mW}{15V} = \frac{0,5W}{15V} = 0,033A \quad (\text{der gewählte Wert muss darunter liegen!})$$

$$R_V = \frac{U_1 - U_Z}{I_Z} = \frac{20,1V - 16V}{30mA} = \frac{4,1V}{0,03A} = 136,7\Omega \quad (\text{gewählt } R_V = 150\Omega)$$

3. Berechnung des Glättungskondensators

$$C = \frac{I_L}{U_{Br}} \cdot 1,8 = \frac{1500mA}{5V} \cdot 1,8 = 540\mu F \quad I_L \hat{=} I_{C\max}$$

$$(\text{gewählt } C_g = 470\mu F)$$

4. Berechnung der Belastung

$$R_{L\min} = \frac{U_2}{I_{C\max}} = \frac{15V}{1,5A} = 10\Omega$$

$$P_V = U_2 \cdot I_L = 15V \cdot 1,5A = 22,5W$$

5. Berechnung des Transistors

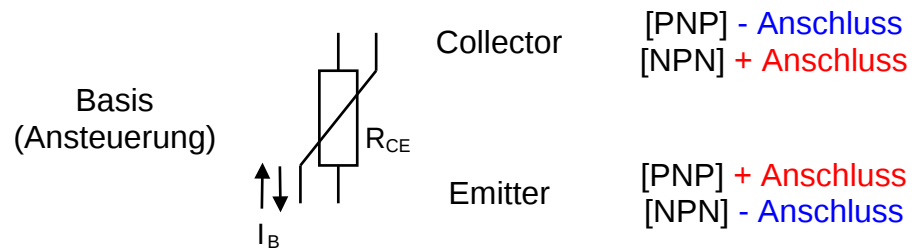
$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{1,5A}{100} = 15mA$$

$$U_{1\max} = \frac{P_{TOT} + P_L}{I_L} = \frac{3,7W + 15V \cdot 1,5A_L}{1,5A} = 17,5V$$

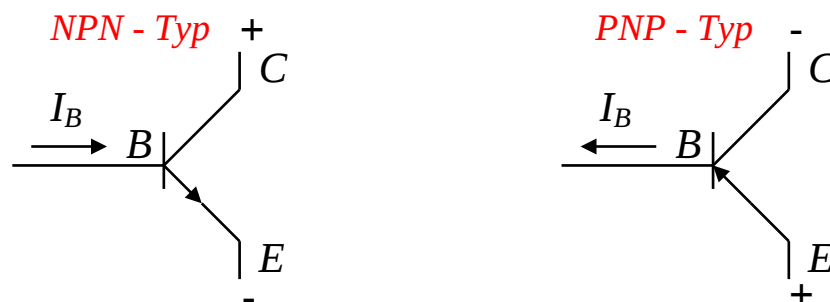
$$I_{1\max} = \frac{P_{TOT}}{U_1 - U_2} = \frac{3,7W}{20,1V - 15V} = 0,73A$$

MÜ3.7**Steuerkennlinie eines Bipolaren Transistors**

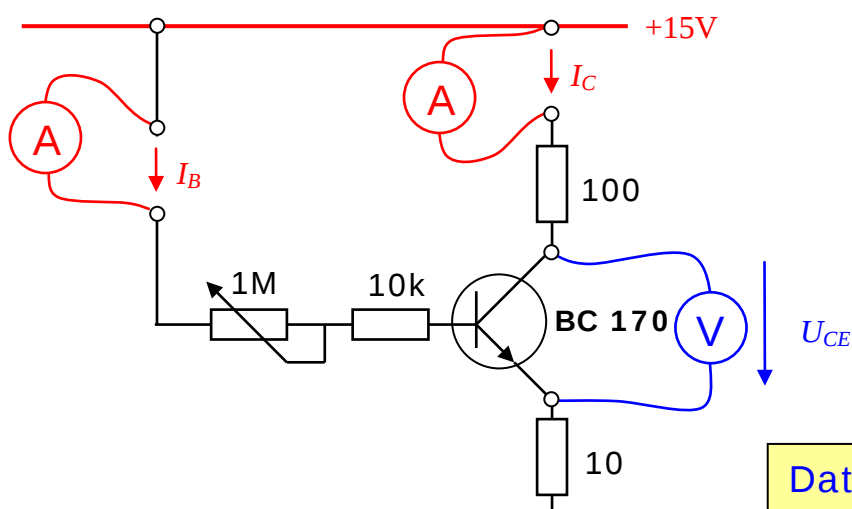
Der bipolare Transistor ist im Wesentlichen ein einstellbarer Widerstand (zwischen den Anschlüssen Collector und Emitter).



Symbolische Darstellung:

**Schaltung**

Wir untersuchen das Verhalten des Transistors bei verstellbarem Basisstrom.



Daten für BC170

$U_{CE0} = 20V$

$I_C = 100mA$

$B = 250 \text{ bis } 450$

Messung:

I_B in μA									
I_C in mA									
U_{CE} in V									

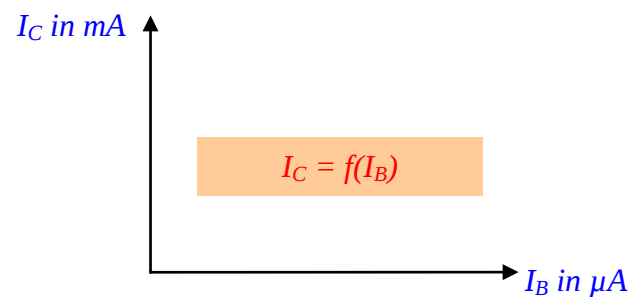
Auswertung:

Berechnung der **statischen Stromverstärkung**
(Gleichstromverstärkung) aus der obigen Messung:

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

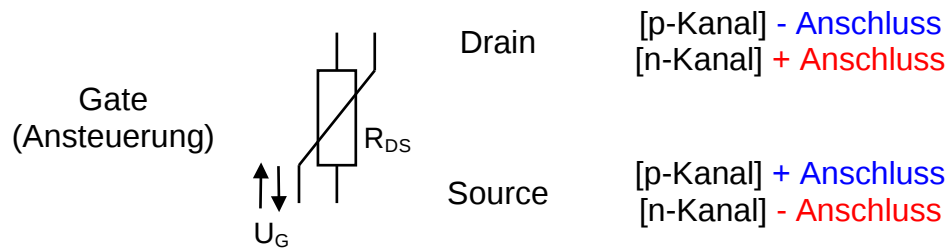
B									
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Zeichnen der **Steuerkennlinie**. Sie zeigt den Zusammenhang zwischen Basisstrom und Kollektorstrom.

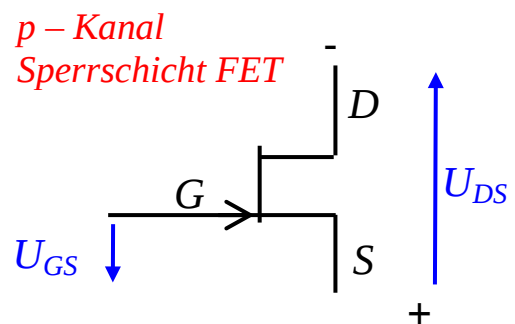
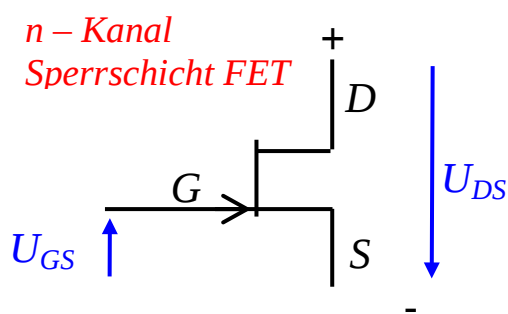


MÜ3.8**Übertragungskennlinie eines Unipolaren Transistors**

Der unipolare Transistor ist im Wesentlichen ein einstellbarer Widerstand (zwischen den Anschlüssen Drain und Source).

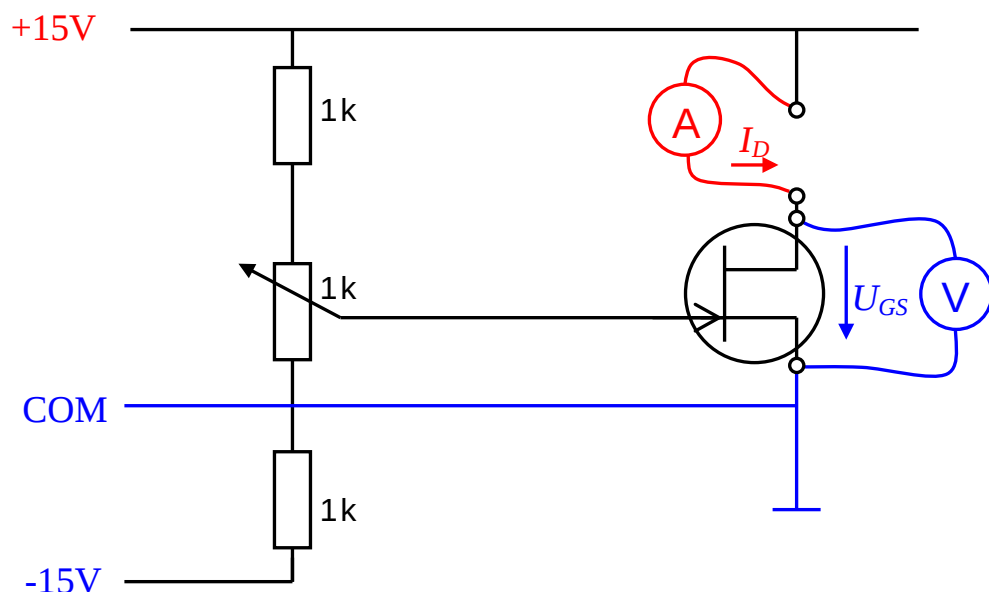


Symbolische Darstellung:

**Schaltung**

Wir messen den Zusammenhang zwischen U_{GS} und I_D .

Achtung: Die Schaltung ermöglicht das Messen positiver und negativer U_{GS} - Werte.

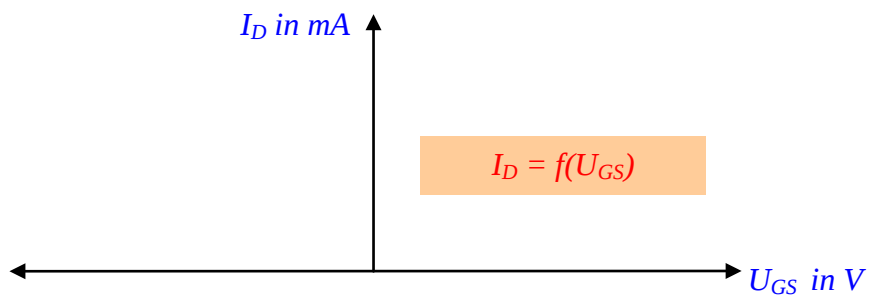


Messung:

$U_{GS} \text{ in V}$	-4	-3	-2	-1	0	0,5	0,6	0,7	0,75
$I_D \text{ in mA}$									

Auswertung:

Wir zeichnen die Übertragungskennlinie:



Wir berechnen die Steilheit eines FET bei einer Änderung von U_{GS} von 1,5V laut unserer Messung (siehe Kennlinie).

$$S = \frac{\Delta U_{GS}}{\Delta I_D}$$

Was zeigt die Kennlinie im Punkt $U_{GS} = 0V$?

MÜ3.9**Transistor als Schalter**

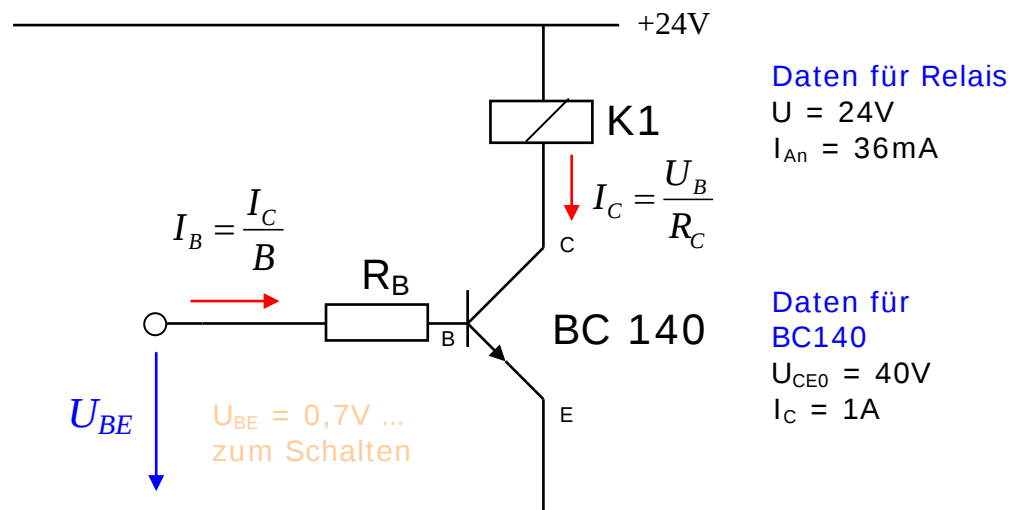
Die Dimensionierung der Bauteile wird bestimmt durch

- ↗ den erforderlichen Strom im Ausgangsstromkreis (I_C)
- ↗ den erforderlichen Ansteuerstrom des Transistors (I_B)

1. Schaltung mit Relais (Relais-Schaltstufe)

Im Ausgang wird ein Relais betrieben. Dafür muss der Schaltstrom ausreichend sein. Der Schaltstrom entspricht dem Kollektorstrom I_C .

Das Verhältnis zwischen Ausgangs- und Steuerstrom heißt Stromverstärkung B .



Auslegung der Schaltung

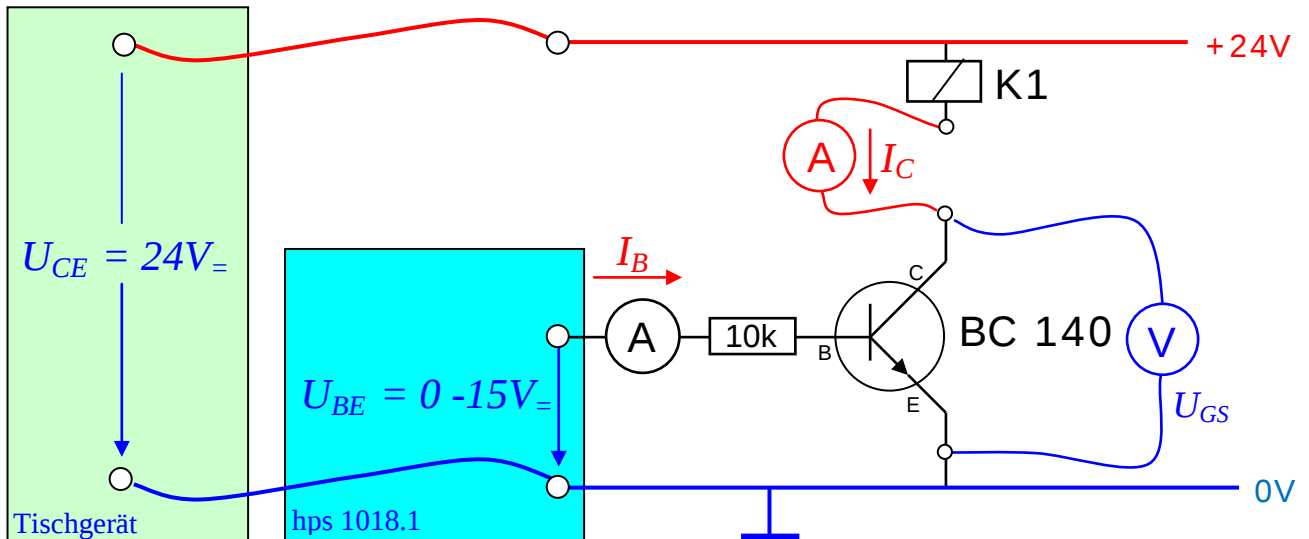
$$I_B = \frac{I_C}{B} = \frac{1A}{50} = 20mA$$

$$I_{Bmin} = \frac{I_{An}}{B} = \frac{36mA}{72} = 0,5mA$$

$$U_{BE} = 15V$$

$$R_B = \frac{U_{BE}}{I_B} = \frac{15V}{0,02A} = 750\Omega \quad R_{Bmax} = \frac{U_{BE}}{I_{Bmin}} = \frac{15V}{0,5mA} = 30k\Omega$$

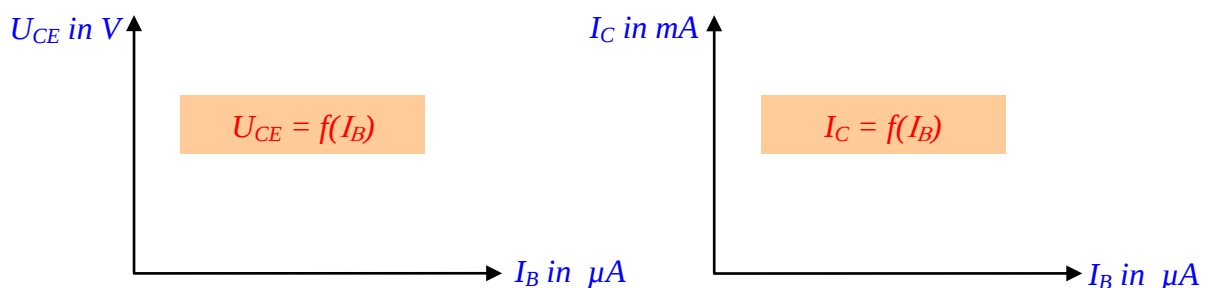
Gewählt wird ein Standardwert $R_B = 10 k\Omega$

Messung:*Messtabelle:*

I_B in μA	I_C in mA	U_{CE} in V
0	0	24
	5	
	10	
	15	
	20	
	25	
!!!	Voll=?	0

Auswertung:

Erstelle zwei Diagramme zu diesen Messungen.

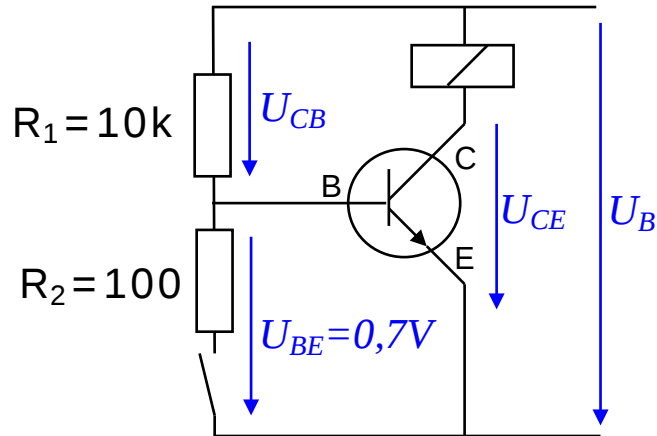


Berechne die Stromverstärkung B , die Verlustleistung P_T am Transistor und die Leistungsabgabe P_{Ab} für das Relais.

$$B = \frac{I_C}{I_B} ; P_T = U_{CE} \cdot I_C ; P_{Ab} = (24V - U_{CE}) \cdot I_C$$

MÜ3.10**Transistor in der Digitaltechnik**

Durch die Schaltung eines Spannungsteilers an der Basis kann die Steuerung des Transistors verbessert werden. Der Transistor beginnt bei $U_{BE} = 0,7V$ zu schalten.



Bei einem Spannungsteilverhältnis von:

$$\frac{R1}{R2} = \frac{10.000}{100} = \frac{100}{1}$$

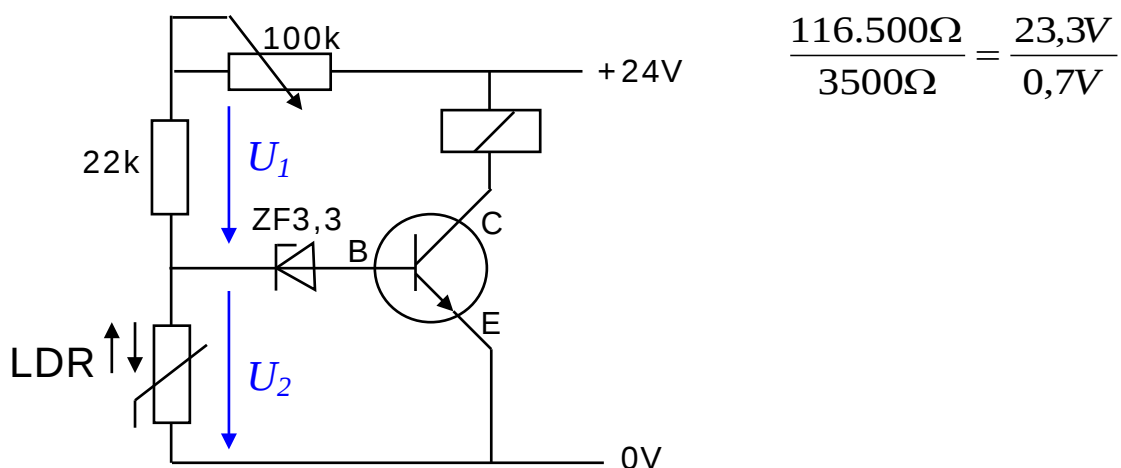
verhalten sich die Spannungen am Transistor wie folgt:

$$\frac{100}{1} = \frac{23,76V}{0,24V} = \frac{U_{CB}}{U_{BE}}$$

U_{BE} ist mit 0,24V bei geschlossenem Schalter zu klein, so dass der Transistor nicht mehr schaltet.

1. Einfacher Dämmerungsschalter

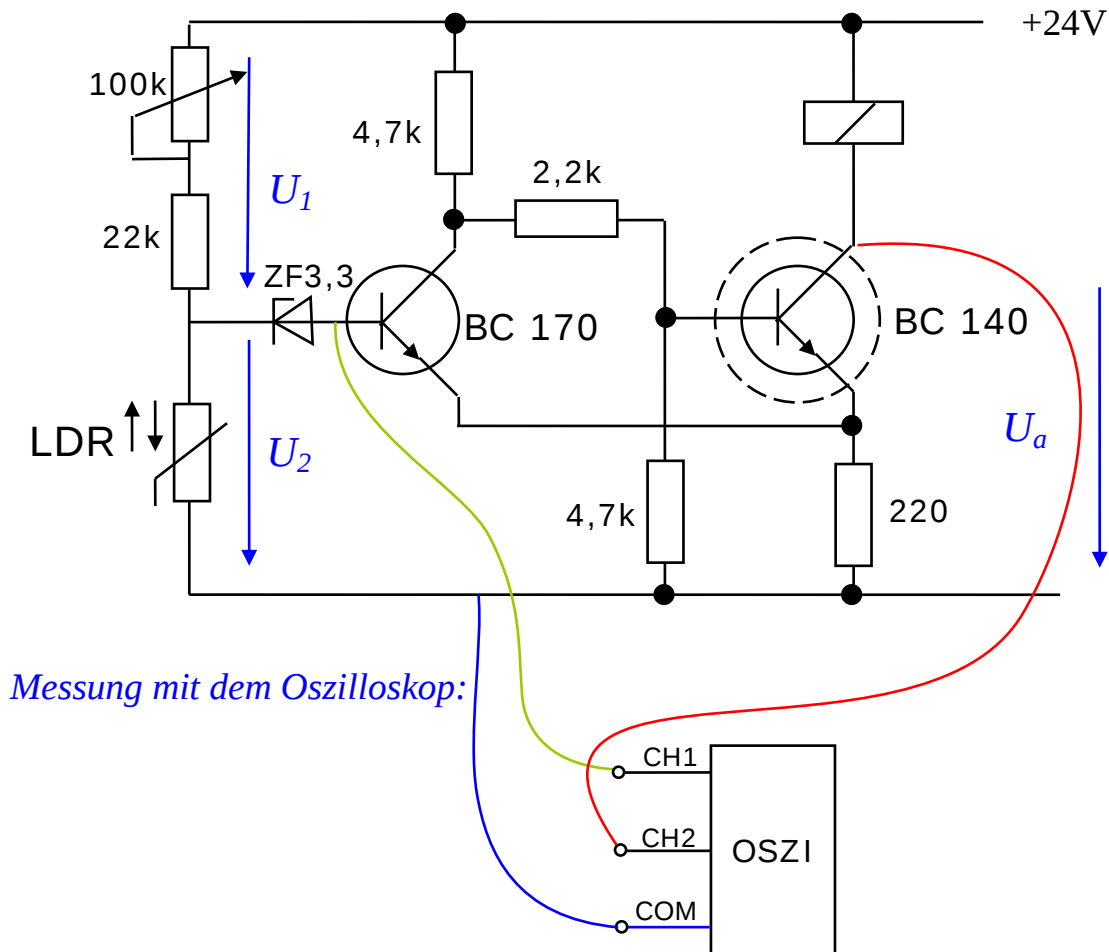
Das Spannungsteilverhältnis wird vom LDR-Widerstand bestimmt:



2. Schmitt-Trigger

Es soll das Schaltverhalten der Transistorschaltstufe verbessert werden.

Wir untersuchen also das Schaltverhalten dieser zweistufigen Transistorschaltstufe.

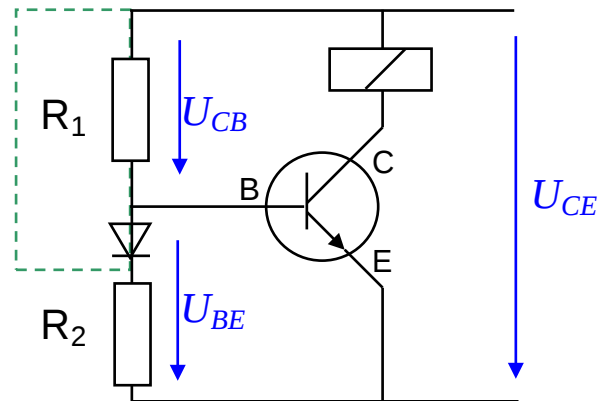


Messtabelle:

einschalten		ausschalten	
U_e in V	U_a in V	U_e in V	U_a in V

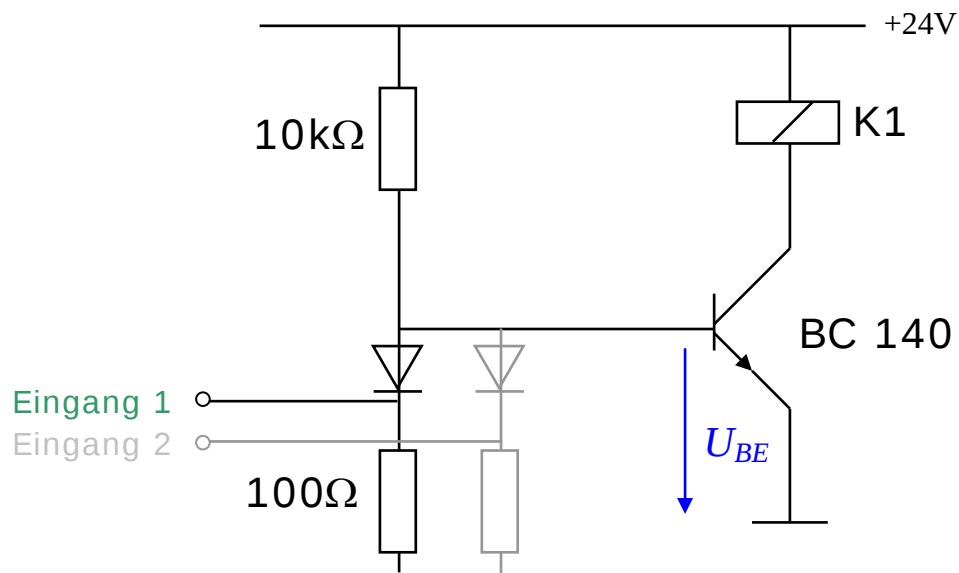
3. Pull-Down-Widerstände

Wenn es gelingt, den Stromweg über R_2 zu sperren, kann der Transistor über R_1 mit I_B geschaltet werden.



Das wird erreicht, wenn man an die Kathode der Diode eine positive Spannung legt. In diesem Fall sperrt sie. Der Strom über R_1 fließt somit zur Basis und steuert den Transistor in den Schaltzustand.

Fehlt an der Kathode die Spannung, leitet die Diode den Strom auf Masse ab. Die Spannung U_{BE} wird kleiner als 0,7V. Das Potenzial an der Basis des Transistors wird durch den vergleichsweise sehr kleinen R_2 in Richtung Masse = 0V „heruntergezogen“ (engl. pull down). R_2 mit der Diode ist der Pull-Down-Widerstand, der den Schaltpegel für die Basis bestimmt.

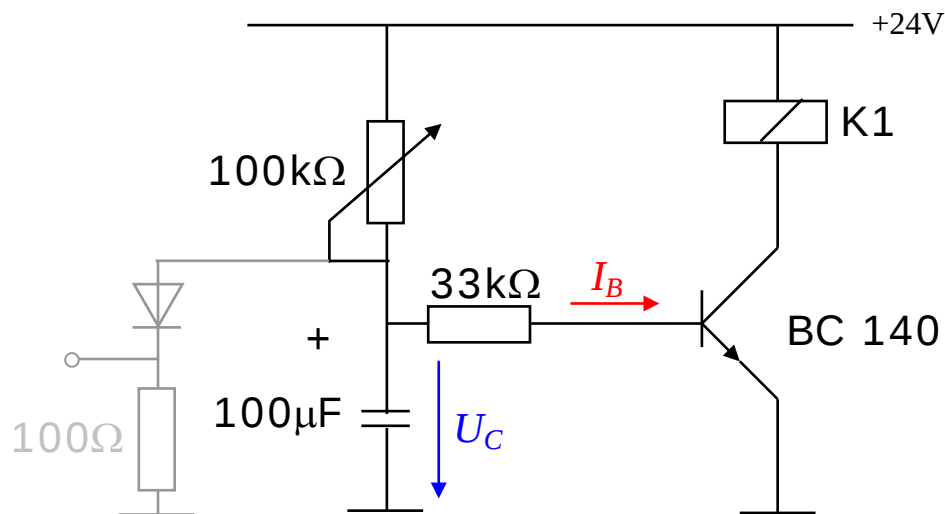


4. Zeitstufe

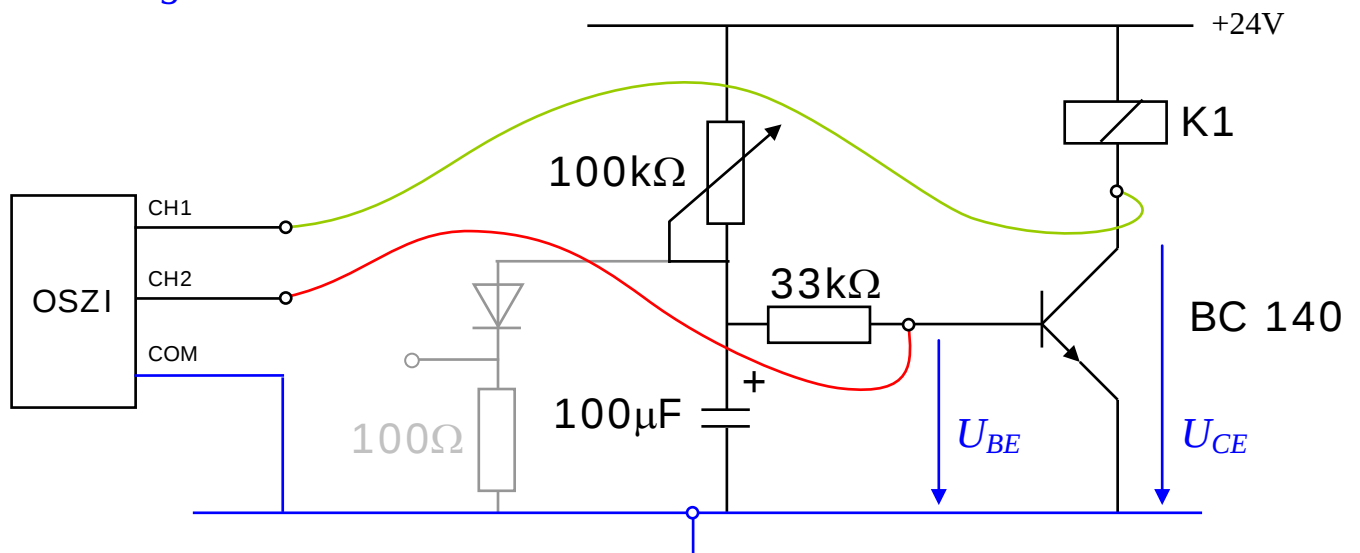
Der Vorgang wird durch einen Triggereingang in bekannter Weise gestartet. R_2 wird durch einen Kondensator ersetzt. Dieser wird über ein Potentiometer langsam aufgeladen. Wenn der Kondensator die Ladespannung

$$U_C = I_B \cdot 33k\Omega$$

erreicht, kann der Transistor schalten. Die Ladezeit für den Kondensator hängt dabei von der Größe des Ladestromes ab. Der Ladestrom wird über das Potentiometer eingestellt. Damit ist das Potentiometer der „Zeitregler“.



Messung:



Auswertung:

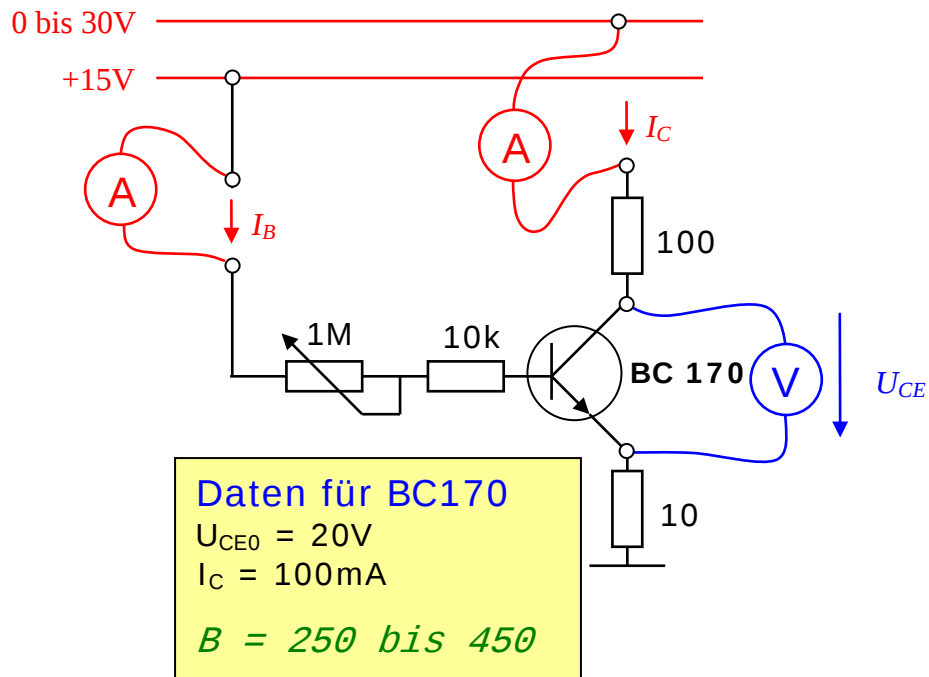
Bestimme mit Hilfe des Oszilloskops die Verzögerungszeit der Zeitstufe. Beobachte dabei, bei welcher Spannung (U_{BE}) der Transistor schaltet. Wiederhole die Messung für verschiedene Potentiometerstellungen.

MÜ3.11**Ausgangskennlinien eines Bipolaren Transistors**

Wir untersuchen den Zusammenhang zwischen Kollektorstrom und Kollektor-Emitterspannung.

ACHTUNG: Für das Messen der Ausgangskennlinie ist der Basisstrom I_B konstant zu halten.

I_B ist der Parameter.

**Messergebnis:**

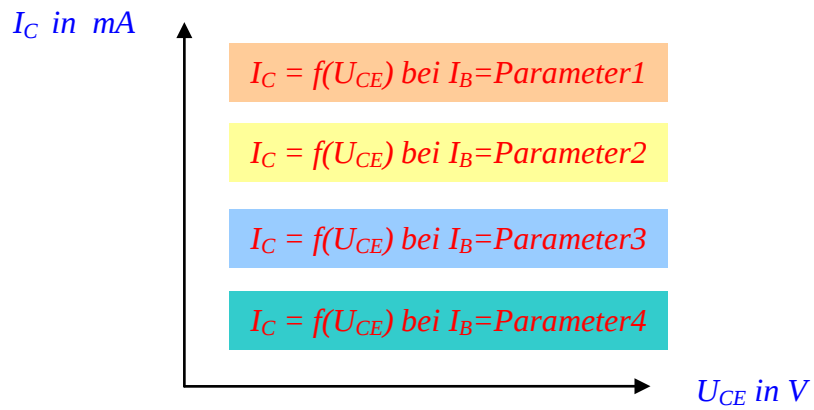
für $I_B = 20\mu A$

$U_{CE} \text{ in } V$									
$I_C \text{ in } mA$									

Weitere Messungen für $I_B = 40\mu A / 60\mu A / 80\mu A$

Auswertung:

Erstelle das Ausgangskennlinienfeld. Ein Kennlinienfeld ist die Darstellung mehrerer Kennlinien in einem Diagramm. Dadurch können die einzelnen Ergebnisse einfach miteinander verglichen werden.

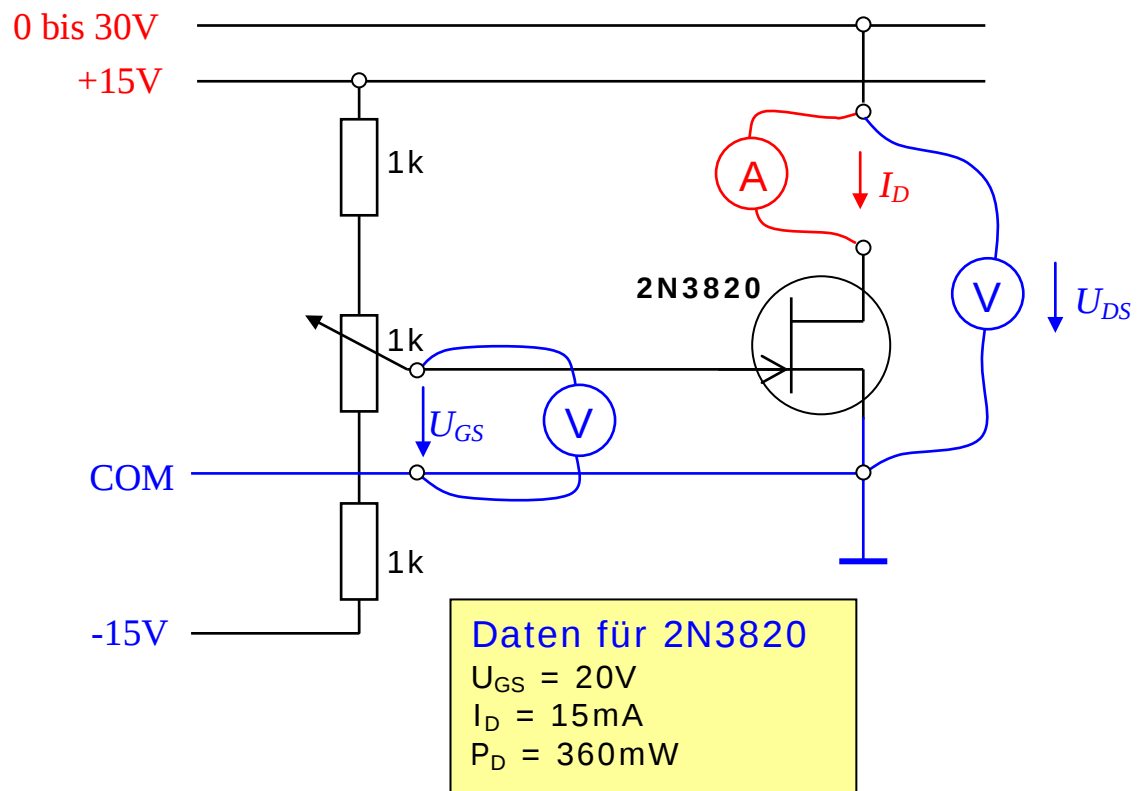


Berechne die Verlustleistung P_T am Transistor und trage die Kurve für die Leistung im Kennlinienfeld ein.

MÜ3.12**Ausgangskennlinien eines Unipolaren Transistors**

Wir messen die Abhängigkeit des Drain-Stromes von der Drain-Source-Spannung.

ACHTUNG: Für das Messen der Ausgangskennlinie ist die Gate-Source-Spannung U_{GS} konstant zu halten.



U_{DS} in V	0	0,5	1	1,5	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I_D in mA bei $U_{GS} = -2V$															
I_D in mA bei $U_{GS} = -1V$															
I_D in mA bei $U_{GS} = 0V$															
I_D in mA bei $U_{GS} = 0,5V$															

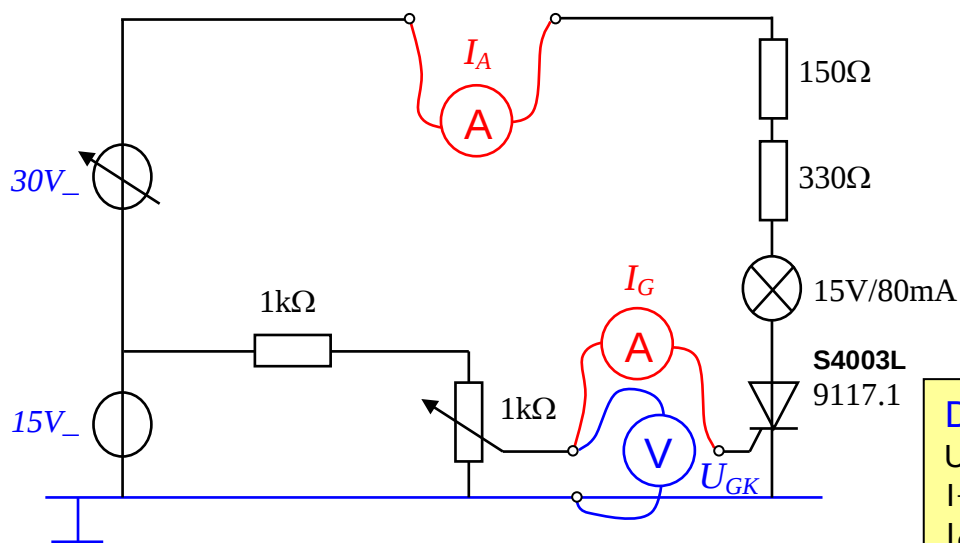
MÜ3.13**Messung an einem Thyristor**

Er ist praktisch eine „zündbare“ Diode. Wird er gezündet, bleibt die Anoden-Kathoden-Strecke leitend bis der sogenannte Haltestrom (I_h) unterschritten wird.

Ein Thyristor schaltet den Strom aber nicht die elektrische Spannung (kein Potentialtrenner).

1. Messung:

Wir messen den I_G in Abhängigkeit von U_{GK} .

**Daten für S4003L**

$U_{DRM/RRM} = 400V$

$I_T = 3A$

$I_{GT} = 1mA$

U_{GK} in V	vor dem Zünden des Thyristors									nach dem Zünden des Thyristors							
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
I_G in mA																	

2. Messung (blau):

Wir messen den I_A in Abhängigkeit von U_{GK} und versuchen anschließend den Thyristorhaltestrom zu messen, in dem wir mit der regelbaren U-Quelle zurückfahren, bis kein I_A mehr fließt.

I_h ist der zuletzt gemessene Strom.

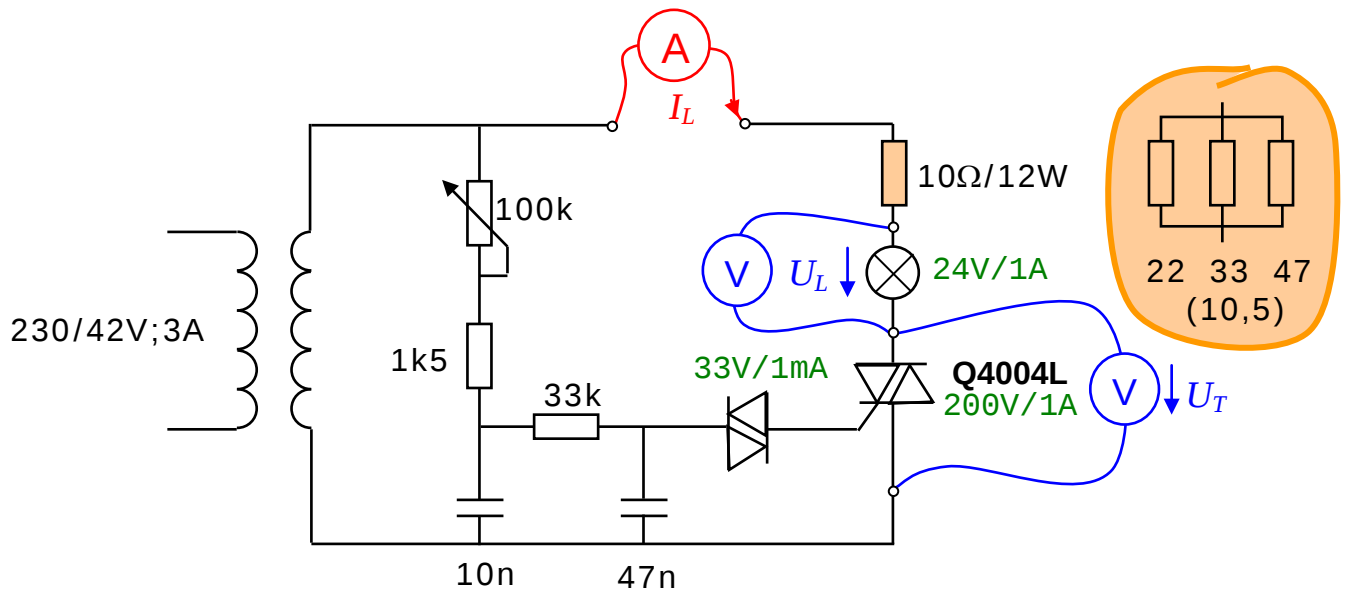
U_{GK} in V	vor dem Zünden des Thyristors									nach dem Zünden des Thyristors								
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0	
I_A in mA																		

MÜ3.14**Messung in einer Phasenanschnittsteuerung**

Sie besteht im Wesentlichen aus einem TRIAC (Wechselstromschalter) und einem DIAC (Zünd- oder Triggerbauelement).

Messung:

Wir messen den I_L ; die Lastspannung U_L und die Spannung am TRIAC U_T bei verschiedenen Potentiometerstellungen.



Tabelle

<i>Potistellung</i>	<i>I_L in mA</i>	<i>U_L in V</i>	<i>U_T in V</i>
0			
2			
4			
6			
8			
10			