

# Lectron

## Anleitungsbuch zum Schülerübungssystem Elektronik

Vollständig überarbeitet von  
Gerd Kopperschmidt

Herausgeber

Reha Werkstatt Oberrad

Lectron

Buchrainstrasse 18

60599 Frankfurt

Tel.: +49 (0)69 90 50 12 82

Fax: +49 (0)69 90 50 12 83

Email: [lectron@frankfurter-verein.de](mailto:lectron@frankfurter-verein.de)

[www.lectron.de](http://www.lectron.de)









Übung	Inhalt	Übung	Inhalt	Übung	Inhalt	Übung	Inhalt
01	Der Stromkreis	17	Der Kondensator	26	Der Transistor steuert die Helligkeit einer Glühlampe	36	Ladestrom und Ladezeit eines Kondensators; Aufnehmen der Stromzeitkurve
02	Stromkreis mit Massebaustein		Auf- und Entladen von Kondensatoren		Veränderung des Basisstromes; Messen von Basis- und Kollektorstrom; pnp - Transistor; Sperrstrom eines pn-Überganges bei Temperaturänderung	37	Die Zeitkonstante: Ladewiderstand, Kapazität und Ladezeit
03	Der unterbrochene Stromkreis	18	Auf- und Entladen eines Kondensators		Stärke und Richtung von Auflade- und Entladestrom	38	Spannungsverdopplung und Spannungsvervielfachung (Kaskade)
04	Ein Schalter im Stromkreis		Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren	27	Der Transistor als Schalter	39	Ein Kondensator in einem Wechselstromkreis von variabler Frequenz
05	Stromkreis mit Abzweigung		Auflade- und Entladeströme, Teilkapazität und Gesamtkapazität		Unterbrechung des Basisstromes; Sperr- und Durchlasszustand	40	Ladekondensator; Glätten von welligem Gleichstrom; Siebglied
06	Ein Widerstand im Stromkreis	19	Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren	28	Der Transistor als Verstärker		Erzeugen von Rechteck - Impulsen; Wirkungsweise des Ladekondensators; Glätten von welligem Gleichstrom; RC - Siebglied und Siebkette
	Widerstand und Glühlampenhelligkeit; Farbkennzeichen; Graphitmine als Widerstand		Auflade- und Entladeströme, Teilkapazität und Gesamtkapazität		Ohrhörer als Mikrofon; Koppelkondensator; Verstärkung der Mikrofonströme im Transistor; Ohrhörer als Lautsprecher	41	Brückenschaltung; Messbrücke für ohmsche Widerstände
07	Reihenschaltung von Widerständen	20	Sperr- und Durchlassrichtung der Diode	29	Verstärkung mit zwei Transistoren		Messbrücke mit Festwiderständen; Messbrücke mit Potentiometer
	Ermittlung des Gesamtwiderstandes durch Vergleich und Rechnung		Ventilwirkung der Diode; Halbleitermaterial, Dotierung; Elektronen und Löcher; der pn - Übergang		Kapazitive Kopplung; NF - Verstärker; akustische, induktive und kapazitive Rückkopplung; Barkhauseneffekt; Morsegenerator)	42	Tonfrequenz - Messbrücke für Kondensatoren; Plattengröße, Plattenabstand, Dielektrikum
08	Parallelschaltung von Widerständen	21	Der Transistor - aus Diodenstrecken zusammengesetzt	30	Verstärker mit Glühlampe als Stromanzeiger; Messen der Stromverstärkung	43	Kennlinien von ohmschen Widerständen und einer Glühlampe (Kaltleiter)
	Ermittlung des Gesamtwiderstandes durch Vergleich und Rechnung		Sperr- und Durchlassrichtung von Emitter- und Kollektordiode		Gleichstromverstärkungsfaktor $I_c / I_b$		Aufnahme der $U_r / I_r$ - Kennlinie der ohmschen Widerstände 10 k $\Omega$ , 5,6 k $\Omega$ , 3,9 k $\Omega$ ; Kennlinie einer Glühlampe
09	Glühlampenhelligkeit und Messgerätausschlag	22	Erzeugung von Wechselstrom	31	Schwingkreis mit induktiver Rückkopplung	44	Kennlinie einer Halbleiterdiode
	Messen der Teilströme und des Gesamtstromes: Vergleich, Messung, Rechnung		Induktionsversuche mit Spule und Stabmagnet		LC - Oszillator; Frequenzbeeinflussung		Messen von $U_o$ und $I_o$ ; Errechnen von $R_o$ ; Zeichnen der Kennlinie
10	Leitfähigkeit verschiedener Stoffe	23	Ein Kondensator im Gleichstrom- und Wechselstromkreis	32	Rundfunkempfänger		
11	Das Messgerät als Voltmeter		Sperrwirkung bei Gleichstrom; Auflade- und Entladeströme im Wechselstromkreis; Tonfrequenz		Abstimmbarer Schwingkreis; Gleichrichtung der Hochfrequenz; NF - Verstärker; Prinzip der Rückkopplung		
12	Spannungsteilerschaltung	24	Gleichrichten von Wechselstrom	33	Kondensatoren verschiedener Kapazität werden geladen und entladen		
	Spannungsteiler mit Festwiderständen und mit Potentiometer		Einweggleichrichtung, Kurve des pulsierenden Gleichstroms	34	Parallelschaltung von Kondensatoren		
13	Das Messgerät als Amperemeter	25	Gleichrichtung mit vier Diodenstrecken	35	Reihenschaltung von Kondensatoren		
	Nebenwiderstand und Messbereich		Graetzschaltung; Kurve des pulsierenden Gleichstroms				
14	Das ohmsche Gesetz						
	Spannungsmessung, Strommessung, Errechnen des Quotienten $U / I$						
15	Der verzweigte Stromkreis						
	Messen der Teilströme und des Gesamtstromes: Vergleich, Messung, Rechnung						
16	Der Ohrhörer als elektro - akustischer Wandler						
	Der Ohrhörer als Mikrofon; Telefonieren mit 2 Ohrhörern						



Übung	Inhalt	Übung	Inhalt	Übung	Inhalt
45	<b>Der Heißeleiter – ein temperaturabhängiger Widerstand</b> Widerstand des Heißeleiters bei verschiedenen Temperaturen; Elektronisches Thermometer; Kennlinie eines Heißeleiters	49	<b>Der bistabile Multivibrator; (Flip – Flop); Binärzähler</b> Aufbau eines Flip – Flops; Arbeitsweise; Flip – Flop aus 2 Systemen; Zählen von Lichtimpulsen; Binärzähler aus n Flip – Flops	55	<b>Analoge und digitale Signale und Systeme</b> Analoges Signal; Digitales Signal; 0 und 1 als Betriebszustände; binäre Bauelemente; analoge Signalverarbeitung; digitale Signalverarbeitung; Analog – Thermometer; Digital – Thermometer)
46	<b>NTC – Thermometer; Elektronik – Thermostat; Feuermelder mit Blinksignal und Alarmton</b> NTC – Thermometer für 15°C – 35°C; Temperaturmessung auf der Haut, über einer Arterie, über einer Vene; Empfindliche Heißeleiter – Schaltung zum Nachweis von Wärmestrahlen; Temperaturfühler mit Schwellwertschalter als elektronischer Thermostat; Feuermelder mit Blinksignal; Feuermelder mit Alarmton	50	<b>Der astabile Multivibrator</b> Aufbau; Arbeitsweise; Kapazität und Kippfrequenz; astabile Kippstufe für Tonfrequenz als Morsezeichengeber	56	<b>Digitale Grundsaltungen: UND; ODER; NICHT</b> UND – Gatter mit Transistoren / Dioden; ODER – Gatter mit Transistoren / Dioden; NICHT – Gatter mit Transistor; Zeitfunktionsplan und Wahrheitstabelle für UND, ODER, NICHT; Fahrstuhltüren mit UND – Schaltung; Autotüren mit ODER – Schaltung; Parklicht mit NICHT – Schaltung
47	<b>Der Photowiderstand (LDR)</b> Widerstand des LDR bei verschiedener Beleuchtungsstärke; innerer lichtelektrischer Effekt; Abstandsgesetz; der Photowiderstand bestimmt den Basisstrom des Transistors	51	<b>Der monostabile Multivibrator (Mono – Flop)</b> Aufbau; Arbeitsweise; verschiedene Kippzeiten; Übersicht; Eigenschaften und Besonderheiten der 3 Multivibrator – Typen	57	<b>Digitale Grundsaltungen: NAND; NOR</b> Zeitfunktionsplan und Wahrheitstabelle für die NAND – Funktion; NOR – Funktion; NOR – Schaltung eines Waschautomaten; Beispiele für Verknüpfungen mit UND / ODER / NAND / NOR; Übersicht: die 5 digitalen Grundsaltungen
48	<b>Flammenwächter; Dämmerungsschalter; Pulsschlagzähler; Lichtschranke mit Tonsignal; Blinklicht</b> Flammenwächter bei der automatischen Ölfeuerung; Dämmerungsschalter für PKW – Parklicht; Lichtschranke mit Selbststeuerung; Lichtelektronischer Pulsschlagzähler	52	<b>Der Schmitt – Trigger als Schwellwertschalter und Impulsformer</b>		
		53	<b>Zeitglied (RC – Glied) und Zeitschalter</b> Der Aufladestrom eines Kondensators steuert einen Transistor; RC – Glied mit Schmitt – Trigger als Kurzzeitschalter; Einschaltverzögerung durch ein RC – Glied mit Schmitt – Trigger		
		54	<b>CR / RC – Phasenschieber – Generator und Wienbrücke</b> Phasenkette mit Längskondensatoren; Elektronische Orgel: Phasenkette mit Querkondensatoren; RC – Generator mit Wienbrücke für 0,3 Hz; Übersicht: Phasenschieber RC (Sinus), LC (Sinus) LL (Sägezahn).		

## Was ist neu am Schülerübungssystem?

Das über Jahrzehnte bewährte LECTRON-System wurde von Grund auf überarbeitet, gestrafft und dem aktuellen Stand der Technik angepasst. Die neu konzipierte Baukastenreihe wird ständig erweitert und deckt bereits jetzt viele Bereiche der modernen Elektronik ab:

-  Elektronik (Start- und Ausbausystem)
-  Digitaltechnik
-  Zähler und Schrittmotor (Ausb. Digitaltechnik)
-  Kfz-Elektronik
-  Optoelektronik und Solartechnik
-  Schülerübungssystem Elektronik

Das Schülerübungssystem ist aus dem LECTRON Trainer 1102 hervorgegangen und hat gegenüber seinem Vorgänger folgende Verbesserungen:

Ein weiterer Taster gestattet, einige Schaltungen eleganter aufzubauen als bisher.

Der jetzt **zweipolige Batteriekasten** ermöglicht es, den Plus- oder den Minuspol der 9 V Batteriespannung an die Grundplatte zu legen; durch die hauptsächliche Verwendung der **beiden zusätzlichen Silizium – npn – Transistoren** ist letzteres bei den meisten Versuchen geschehen. Einige Versuche benötigen den bausteininternen Basis – Kollektor – Widerstand; hier werden die bewährten pnp – Germanium – Transistoren eingesetzt und der Pluspol an die Platte gelegt. Es hätte den Umfang des Kastens gesprengt, den Widerstand extern in die jeweilige Schaltung einzufügen. Besitzer des 1102 Trainers können durch Zukauf der vier zusätzlichen Teile alle hier beschriebenen Versuche durchführen.



## Hinweise für das Experimentieren

Das Schülerübungssystem Elektronik ist aus Bausteinen des universell anwendbaren Lectron - Systems zusammengestellt. Lectron - Bausteine sind bei sachgemäßem Gebrauch wartungsfrei und unterliegen praktisch keinem Verschleiß.

1. Lectron - Bausteine auf der Aufbauplatte hin und her setzen und nicht verschieben weil sonst infolge der starken magnetischen Haftkräfte die Platte unnötig verschrammt wird.

2. Bei Batteriebetrieb Versuche mit Glühlampe kurz fassen (Batterielebensdauer). Bei Langzeitversuchen möglichst Lectron - Netzteil LN 300/9 V Gleichspannung/12 V Wechselspannung verwenden.

3. Bei Überlastung des Messinstrumentes (Zeiger schlägt am Skalenende bei 10 hörbar an) Batterie oder Netzteil sofort absetzen und Schaltung überprüfen.

4. Genauigkeit beim Ablesen des Messinstrumentes nicht übertreiben; Ergebnisse auf- bzw. abrunden. Es kommt bei allen Messungen mit diesem Instrument auf prinzipielle Einsichten an.

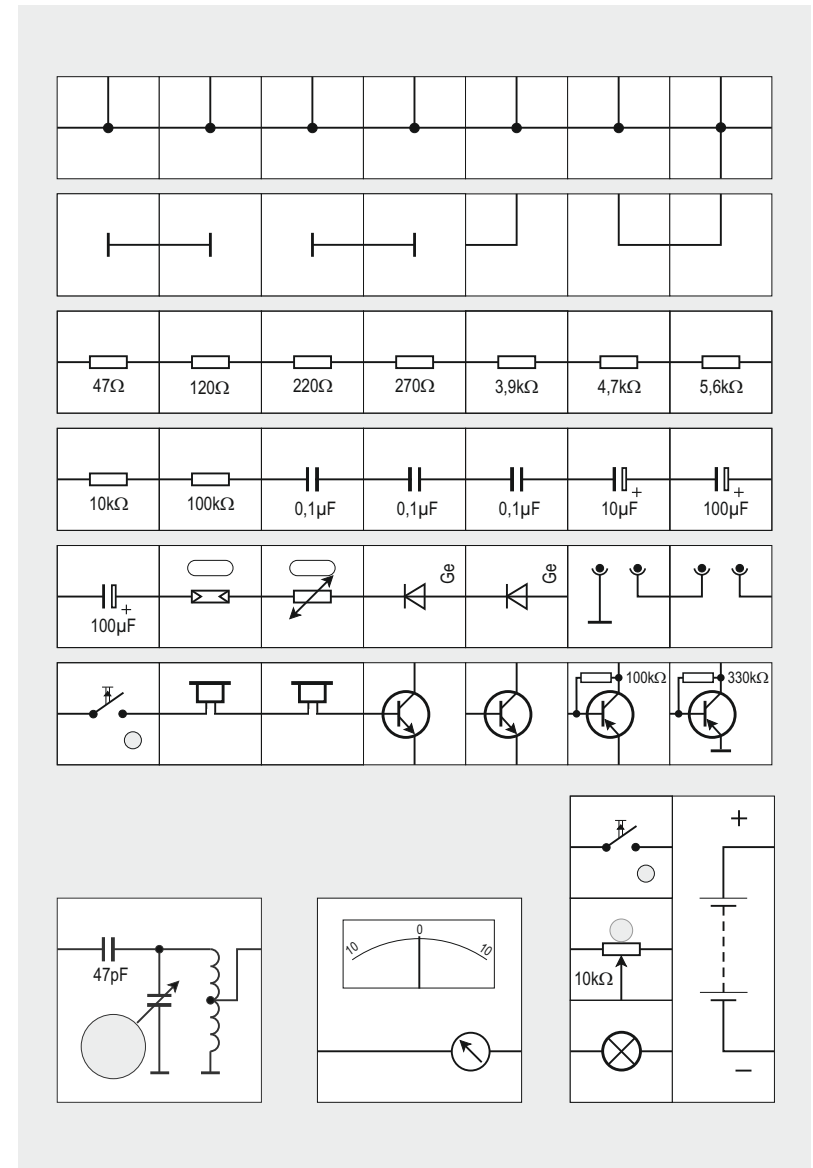
5. Verstaubte und verschmutzte Bausteine mit einem trockenen Tuch säubern; in besonders hartnäckigen Fällen kann auch Lectron - Reinigungsflüssigkeit verwendet werden. Bausteinoberfläche aber nur mit einem Hauch von Flüssigkeit bearbeiten. Keinesfalls Flüssigkeit auf die Bausteine gießen, da sonst Farbe der Schaltsymbole angegriffen werden kann.

6. Kontaktpflege: Die Magnetkontakte sind robust und unempfindlich, können aber bei häufigem Gebrauch doch etwas verschmutzen. Zum Säubern Lectron - Reinigungsflüssigkeit verwenden. Auch Aufbauplatten und Zusatzplatten einmal jährlich mit den erwähnten Mitteln reinigen.

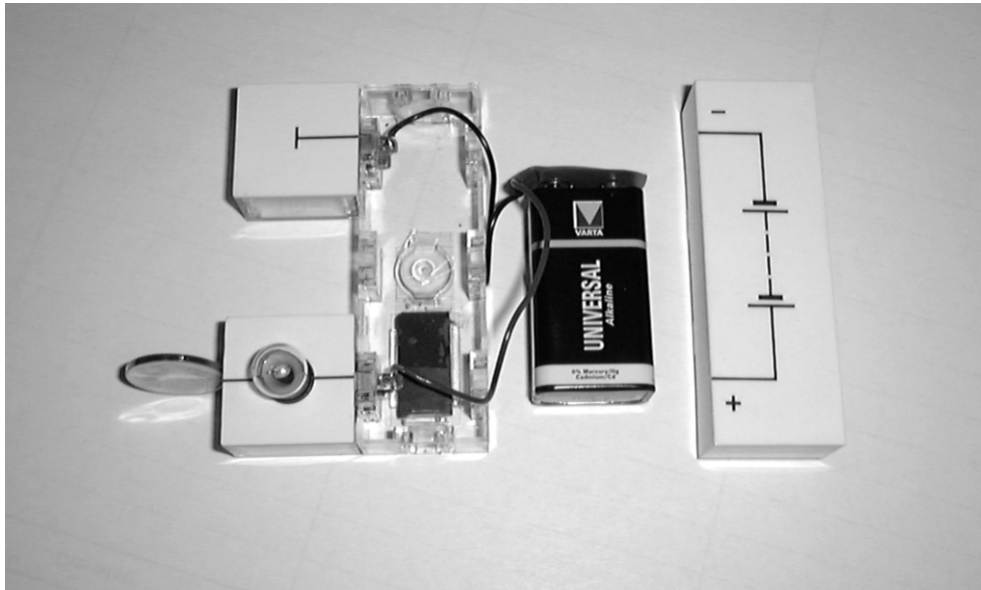
7. Beim Experimentieren mit Vielfachmessinstrumenten oder Oszillographen nach Möglichkeit die Lectron - Messsonden verwenden, die Messpunkte an jeder beliebigen Stelle der Schaltung erlauben.

## Inhalt des Kastens

1 Stück	Verbindung Kreuzungsverbinder
6 Stück	Verbindung T - Stück
3 Stück	Verbindung Winkel
4 Stück	Verbindung Masse
1 Stück	Widerstand 47 Ohm
1 Stück	Widerstand 120 Ohm
1 Stück	Widerstand 220 Ohm
1 Stück	Widerstand 270 Ohm
1 Stück	Widerstand 3,9 kOhm
1 Stück	Widerstand 4,7 kOhm
1 Stück	Widerstand 5,6 kOhm
1 Stück	Widerstand 10 kOhm
1 Stück	Widerstand 100 kOhm
3 Stück	Kondensator 0,1µF / 12 V
1 Stück	Elko 10µF / 15V
2 Stück	Elko 100µF / 15V
1 Stück	Heißleiter 6,8 kOhm
1 Stück	Photowiderstand LDR 07
1 Stück	Potentiometer 10 kOhm
2 Stück	Ge - Diode AA 119
2 Stück	Taster Arbeitskontakt
1 Stück	Glühlampenbaustein
1 Stück	Glühlampe 6 V / 50mA
1 Stück	Ge - Transistor AC 173 / 100k links
1 Stück	Ge - Trans. AC 173 / 330k links/Masse
2 Stück	Si - Transistor 2N3704 links
2 Stück	Ohrhörerbaustein
1 Stück	Abstimmbaustein 220 pF / 47 pF/Spule
1 Stück	Trennbaustein
1 Stück	Anschlussbaustein
1 Stück	Messgerät 100µA / Ri 4 kOhm
1 Stück	Batteriebaustein zweipolig
1 Stück	Tiefziehteil
2 Stück	Mess- u. Anschlusskabel 35 cm lang
1 Stück	Aufbauplatte: 210 mm x 290 mm
1 Stück	Zusatzplatte Mini: 110 mm x 70 mm
1 Stück	Kunststoffkoffer
1 Stück	Anleitung







## Der Stromkreis

1. Setze den Batteriebaustein auf die Aufbauplatte, drücke das Oberteil seitlich zusammen und hebe es ab.
2. Lege die Batterie so hin, wie es auf der Zeichnung zu sehen ist.
3. Löse die Batterie von dem Plastikdeckel mit den Kabeln. Vergleiche die sichtbar werdenden Druckknöpfe miteinander. Warum sind sie verschieden geformt?
4. Welche Zeichen findest Du auf der Batterie in der Nähe des schmalen und des breiten Druckknopfes?

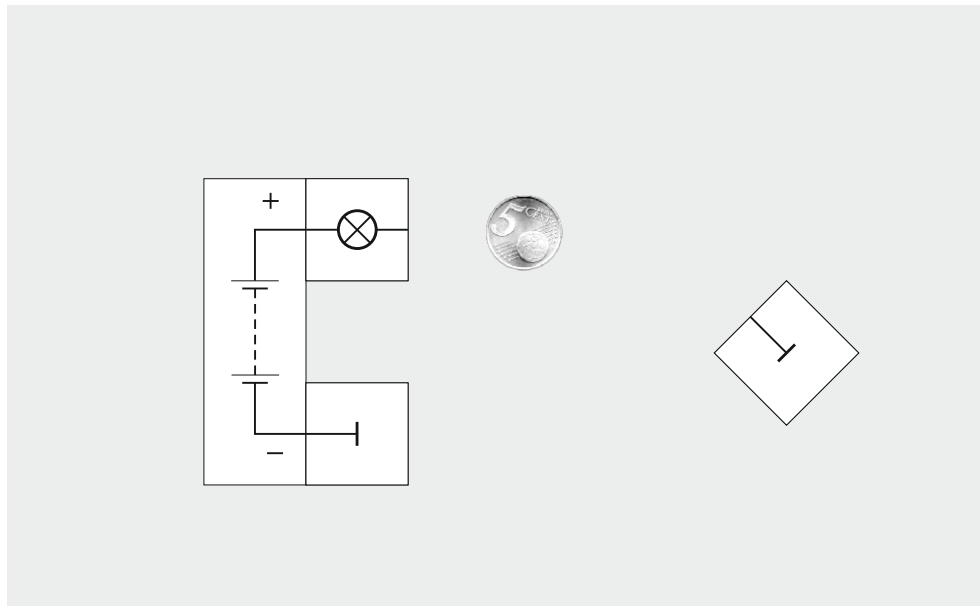
5. Welche Spannung hat die Batterie?
6. Schließe die Batterie wieder an den Druckknopfdeckel (Adapter genannt) an. Das rote Kabel kommt vom Pluspol der Batterie. Wohin führt es?
7. Das schwarze Kabel kommt vom Minuspol der Batterie. Wohin führt es?
8. Nimm jetzt den Glühlampenbaustein zur Hand. Lege ein 5 - Centstück auf den Tisch und setze den Baustein darauf. Versuche es auch mit den Seitenplatten des Bausteines. Was stellst du fest?
9. Wir schauen in den Lampenbaustein hin-

ein. Aus dem Unterteil der Fassung führen zwei Anschlüsse heraus, Wo sind diese Blechstreifen angelötet?

10. Setze wie auf der Abbildung den Lampenbaustein an den Batteriebaustein und halte seitlich an den Glühlampenbaustein eine Münze. Wann leuchtet die Glühlampe? Lasse sie nur kurz aufleuchten!
11. Kannst du das Aufleuchten der Lampe verhindern, obwohl die Münze den Seitenkontakt des Lampenbausteines berührt? Wann leuchtet die Lampe nicht? Weshalb nicht?
12. Beschreibe jetzt den Weg des Stromes.

Beginne an dem Seitenkontakt des Batteriebausteines, an dem das rote Kabel endet. Wie gelangt der Strom zum anderen Seitenkontakt des Batteriebausteines (Ende des schwarzen Kabels)?

13. Lege die Batterie in den Kasten zurück und setze das Oberteil wieder darauf, Das Oberteil ist mit dem Schaltzeichen der Batterie bedruckt. Welche Bedeutung hat der schwarze Strich, der vom Minuspol zur Seitenfläche führt?
14. Welche Bedeutung hat der schwarze Strich, der vom Pluspol zur Seitenfläche führt?



## Stromkreis mit Massebaustein

1. Setze den Batteriebaustein auf die Aufbauplatte und schiebe den Glühlampenbaustein an den + Seitenkontakt des Batteriebausteines und einen Massebaustein an den - Seitenkontakt. Bringe mit einer Münze das Lämpchen zu kurzem Aufleuchten. Wo fließt jetzt Strom? Beschreibe den Weg des Stromes.
2. Lege die Münze zur Seite. Nimm den bereitliegenden zweiten Massebaustein. Ver-

suche, die Münze durch den Massebaustein zu ersetzen. Was entdeckst du? Bedenke aber, dass das Lämpchen nur kurzzeitig, eine Sekunde lang etwa, aufleuchten darf!

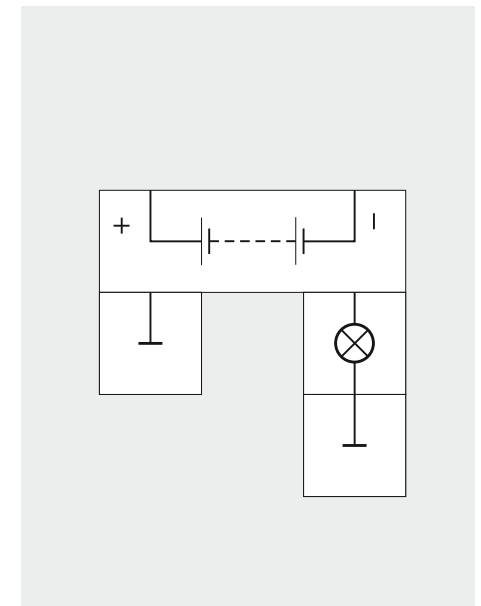
3. Wir untersuchen den Massebaustein genauer. Wieviel Kontaktplatten hat er? Wo sind sie angebracht?

4. Sind im Inneren des Massebausteines Verbindungen zu erkennen? Welchen Weg kann der Strom nehmen?

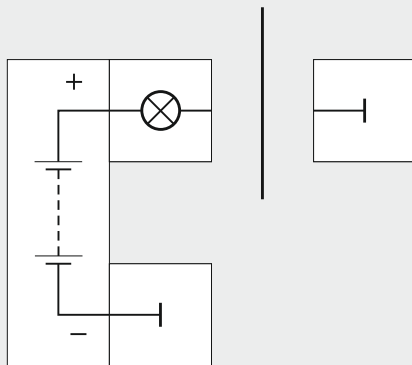
5. Welche Bedeutung hat der schwarze Strich mit dem Querbalken oben auf dem Massebaustein?

6. Beschreibe nach Versuch 2 den Weg des Stromes im Stromkreis, der aus Aufbauplatte, Batterie, Glühlampe und Massebaustein besteht. Beginne am Pluspol der Batterie.

7. Fertige zu Versuch 2 eine Schaltskizze an. Zeichne die Bausteine, wie man sie von oben sieht. In die fertige Skizze ist auch der Weg einzuzeichnen, den der Strom durch die Aufbauplatte nimmt.



8. Hier noch ein seltsames Experiment: Die in der Schaltskizze sichtbare Glühlampe leuchtet, obwohl sie das theoretisch nicht dürfte. Wie ist das möglich?



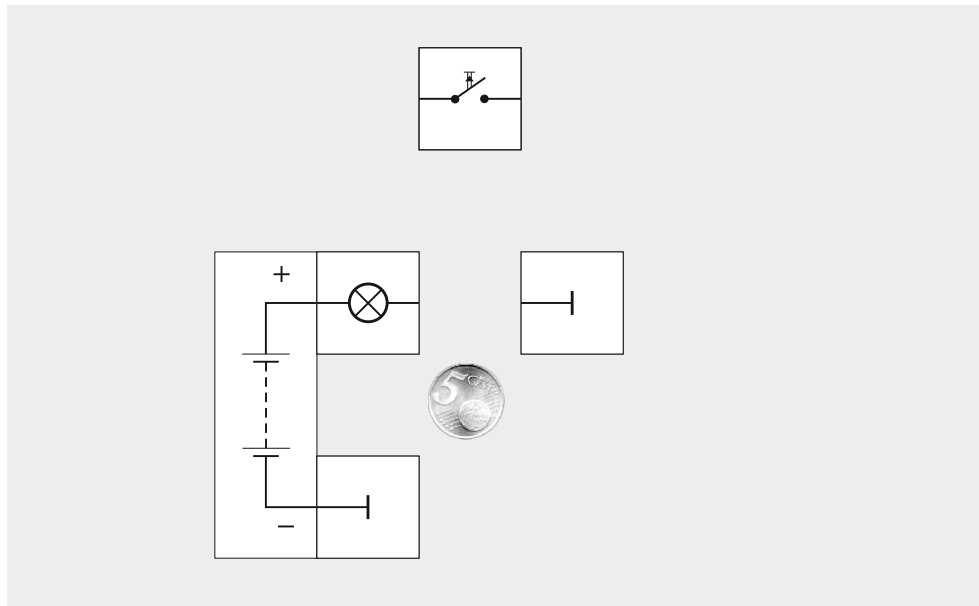
## Der unterbrochene Stromkreis

1. Baue nach der Abbildung Batteriebaustein und Glühlampenbaustein auf der Aufbauplatte auf. Der Strich bedeutet ein Stück Papier, von oben gesehen. Lege es zwischen Glühlampe und Massebaustein und schiebe die beiden Bausteine zusammen, damit das Papierstück eingeklemmt wird. Wie verhält sich jetzt die Glühlampe? Weshalb? Welchen Weg nimmt der Strom?
2. Ziehe das zwischen den beiden Bausteinen eingeklemmte Papierstück heraus. Kannst du das Ergebnis erklären?

3. Wieviel Möglichkeiten gibt es, mit dem Papierstück den Stromkreis zu unterbrechen? Versuche, möglichst viele herauszufinden.
4. Fertige eine Schaltskizze an und bezeichne die gefundenen Unterbrechungsstellen, indem du einen Buchstaben neben die Stelle schreibst.
5. Lege in der bisherigen Schaltung eine Münze unter den Massebaustein. Leuchtet die Lampe? (Die Lampe dürfen wir immer nur kurzzeitig aufleuchten lassen) Erkläre. Besteht ein Unterschied zum Papier?

6. Lege die Münze jetzt seitlich an den Batteriebaustein. Wo muss die Münze liegen, wenn die Lampe leuchten soll? Wann leuchtet die Lampe nicht? Weshalb nicht? Begründe dein Versuchsergebnis.





## Ein Schalter im Stromkreis

1. Baue den Versuch nach der Abbildung auf. Zwischen Glühlampe und Massebaustein bleibt eine Lücke. Halte die bereitliegende Münze so, dass sie die Aufbauplatte nicht berührt. Wie kann man jetzt das Lämpchen zu kurzem Aufleuchten bringen? Wann leuchtet das Lämpchen nicht?

2. Die Aufforderung lautet: »Lampe kurzzeitig an - Lampe aus« Wie musst du jedesmal die Münze halten? Welche Aufgabe hat das Geldstück? Wie kann man das, was man mit der Münze macht, nennen?

3. Ersetze jetzt die Münze durch den bereitliegenden Schalterbaustein. Schiebe ihn von der Seite her (so sollte man immer Bausteine einfügen) in die Lücke der Schaltung ein und betätige den Schalter. Ergebnis? Welche Aufgabe hat der Schalter? Fertige eine Schaltskizze an.

4. Darf man den Schalter auch so einbauen, dass der Drückerknopf sich oberhalb des Schaltersymbols befindet? Probiere es aus. Warum muss das so sein?

5. Kann man den Schalter auch an einer anderen Stelle in den Stromkreis einbauen? Wo?

6. Wir untersuchen den Schalterbaustein. Wieviel Metallplatten sitzen daran? Wo sind Drähte festgelötet? An welcher Platte nicht?

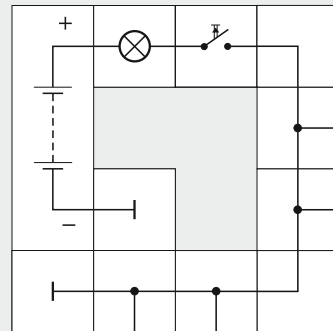
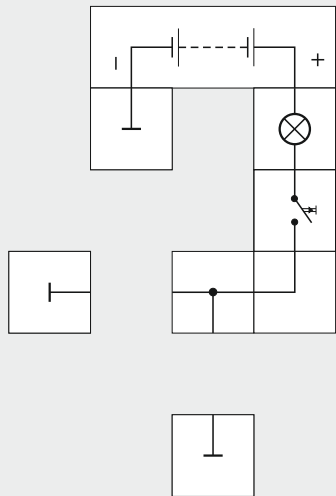
7. Betätige den Schalter und achte auf das biegsame mittlere Kontaktstück. Was geschieht, wenn der Schalter knackst?

8. Muss das biegsame Mittelstück gegen den oberen oder gegen den unteren Kontaktstreifen stoßen, damit der Stromkreis geschlossen ist?

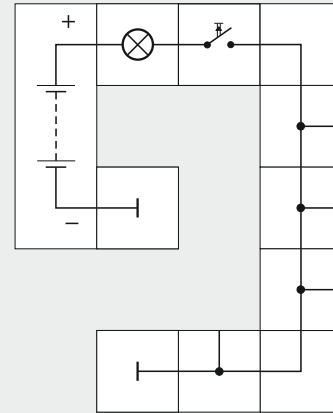
9. Solange man auf den Schaltknopf drückt, ist der Stromkreis geschlossen; sobald man los lässt, ist der Stromkreis unterbrochen.

Welche der folgenden Schalter arbeiten genau so? Wandschalter für Deckenleuchte / Klingelknopf / Zugschalter für eine Wandleuchte / Druckschalter in der Nachttischlampe / Kaffeemühlenschalter / Fußschalter für die Stehlampe / Autohupe / Schalter am Fernsehgerät / Drehschalter am Elektroherd.

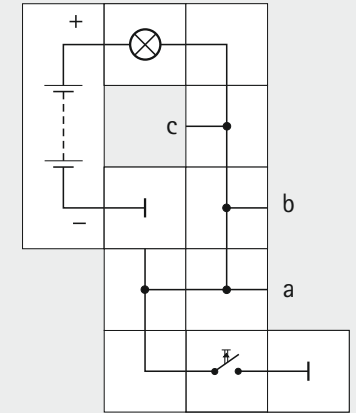
10. Betrachte das Schaltsymbol auf der Bausteinoberseite. Was bedeutet die »offene Klappe«? Was bedeuten die Striche, welche von der Klappe und vom kleinen Punkt zum Rande führen?



zu 7.



zu 8.



zu 9.

## Stromkreis mit Abzweigung

1. Baue nach der Abbildung Batteriebaustein, Glühlampe und Schalter auf. Nach dem Schalter folgt ein Winkelbaustein, dann ein T - Stück. Welchen Versuch kannst du anstellen, wenn du den unteren Massebaustein an das T - Stück heran schiebst? Welchen Weg nimmt der Strom?

2. Verwende jetzt nur den links liegenden Massebaustein, schiebe ihn an das T - Stück

heran und beschreibe den Stromweg.

3. Kann man auch beide Massebausteine gleichzeitig verwenden? Betätige den Schalter. Welchen Weg nimmt der Strom jetzt?

4. Wir betrachten den Winkelbaustein genauer. Wieviel Metallplatten sind daran? Welche davon sind durch Blechstreifen verbunden? Welchen Weg kann der Strom im Inneren des Winkelbausteines nehmen?

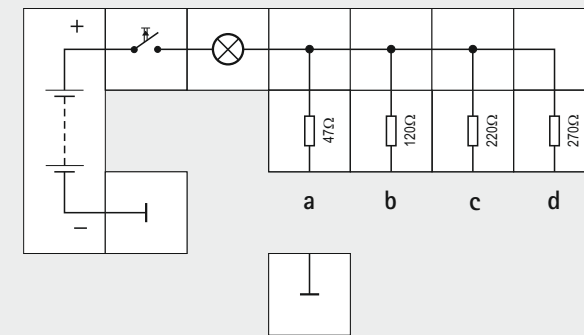
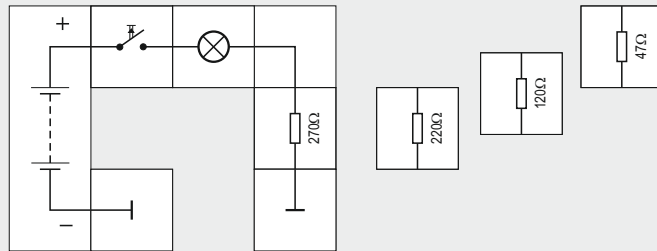
5. Nun nehmen wir das T - Stück zur Hand. Wieviel Seitenkontakte findest du? Welche sind durch Blechstreifen miteinander verbunden? Wohin führt keine Verbindung?

6. Was bedeutet im Schaltzeichen des T - Stückes der schwarze Punkt? Welchen Weg kann der Strom nehmen?

7. Auch hier fließt der Strom durch die Aufbauplatte. An welcher Stelle?

8. Wieviel Möglichkeiten gibt es, den Massebaustein anzusetzen?

9. Was geschieht beim Ansetzen des Massebausteines an den Punkt a, b, c? (Kurzzeit - Versuch)



## Ein Widerstand im Stromkreis

1. Baue die Schaltung so auf, dass der Strom von der Batterie durch die Lampe, den Schalter, den Winkelbaustein und dann durch einen zusätzlichen WIDERSTANDSBAUSTEIN mit der Bezeichnung  $270\ \Omega$  fließt. (Die Bedeutung dieser Bezeichnung müssen wir noch herausfinden. Gelesen wird:  $270\ \text{Ohm}$ ). Betätige den Schalter. Kannst du das Ergebnis erklären? Nimm auch zum Vergleich den Widerstandsbaustein heraus, so dass der Massebaustein direkt an den Winkelbaustein angeschlossen ist.

2. Ersetze den Widerstandsbaustein  $270\ \Omega$  nacheinander durch die Bausteine  $220\ \Omega$ ,  $120\ \Omega$  und  $47\ \Omega$ . Ergebnis? Vergleiche jedesmal die Helligkeit der Lampe mit der Zahl auf dem Baustein.

3. Wir untersuchen jetzt einen Widerstandsbaustein genauer. Im Innern entdecken wir ein kurzes Stäbchen, den sogenannten WIDERSTAND. Wieviel Drähte führen heraus?

4. An welchen Kontaktplatten des Bausteines sind diese Drähte angelötet?

5. Wie sieht das Schaltsymbol auf dem Baustein aus? Was bedeutet das Zeichen  $\Omega$ ?

6. Das Stäbchen im Bausteininneren trägt farbige Ringe. Welche Bedeutung könnten diese Ringe haben?

7. Welche Ringfarbe kommt am Ende aller oder fast aller Widerstände vor?

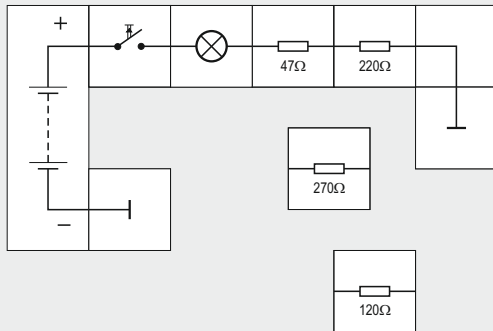
8. Welcher Widerstand trägt die Farben gelb - violett - schwarz?

9. Welche Widerstände tragen am Anfang einen roten Ring?

10. Bei diesem Versuch kann man den Massebaustein an 4 verschiedenen Stellen ansetzen. Wo wird die Helligkeit der Glühlampe am größten sein? Lässt sich das Ergebnis vorhersagen?

11. Welchen Widerstand kennzeichnen die Farben braun - schwarz - gelb?

12. Welche Farbringe hat der Widerstand  $1,5\ \text{k}\Omega$ ?



## Reihenschaltung von Widerständen

1. Im aufgebauten Versuch liegen die Glühlampe, der Widerstand  $47\ \Omega$  und der Widerstand  $220\ \Omega$  in einer Reihe nebeneinander. Man sagt, sie sind **IN REIHE** geschaltet. Beachte die Lampenhelligkeit. Welchen Weg nimmt der Strom?

2. Es soll ein Widerstandsbaustein ermittelt werden, der für sich allein dem Strom einen ebenso großen Widerstand entgegensetzt wie die beiden Bausteine aus Versuch 1 zusammen. Beachte, dass die Lampenhelligkeit

ein Maß für den fließenden Strom ist. Ergebnis? Rechne.

3. Schalte die Widerstände  $47\ \Omega$ ,  $120\ \Omega$ ,  $220\ \Omega$  und  $270\ \Omega$  mit der Glühlampe in Reihe. Leuchtet die Lampe noch?

4. Welche Widerstände muss man mit der Glühlampe in Reihe schalten, damit der Glühfaden noch schwach leuchtet? Untersuche, ob die Reihenfolge der Widerstände von Bedeutung ist. Kann man berechnen, welchen Ohmwert die in Reihe geschalteten Widerstände insgesamt haben?

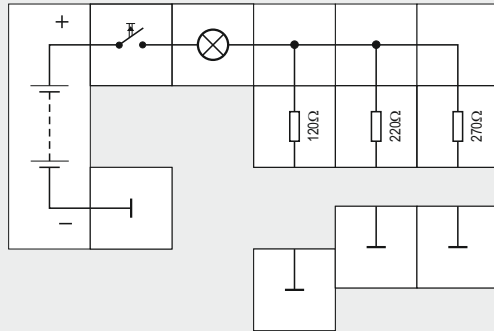
5. Wenn man die Widerstände  $47\ \Omega$ ,  $120\ \Omega$  und  $220\ \Omega$  mit der Glühlampe in Reihe schaltet, so kann die Lampe an 4 verschiedenen Stellen in die Widerstandskette eingefügt werden. Fertige eine Skizze an. An welcher Stelle leuchtet die Lampe am hellsten? Was folgt daraus?

6. Wie groß ist in Versuch 3 der **GESAMTWIDERSTAND**?

7. Will man von den 4 verfügbaren Widerstandsbausteinen 3 in Reihe schalten, so hat man mehrere Möglichkeiten. Beispiel: Die

Widerstände  $47\ \Omega$ ,  $120\ \Omega$  und  $220\ \Omega$  ergeben, in Reihe geschaltet, einen Gesamtwiderstand von  $387\ \Omega$ . Welche Möglichkeiten gibt es noch? Berechne jeweils den Gesamtwiderstand!

8. Wie viele Möglichkeiten hat man, wenn man nur 2 Widerstände in Reihe schaltet? Wie groß ist jeweils der Gesamtwiderstand?



## Parallelschaltung von Widerständen

1. Setze im aufgebauten Versuch den mittleren Massebaustein an den  $220\ \Omega$  Widerstand und betätige den Schalter. Ergebnis? Welchen Weg nimmt der Strom?

2. Setze nun auch den unteren Massebaustein an den Widerstand  $270\ \Omega$ . Wird die Lampenhelligkeit gegenüber Versuch 1 zu- oder abnehmen? Betätige den Schalter. Welchen Weg nimmt der Strom?

3. Setze jetzt noch den oberen Massebaustein an den Widerstand  $120\ \Omega$ . Wie ändert sich die Lampenhelligkeit gegenüber Versuch 2? Wegen der Lage der Widerstände zueinander nennt man diese Art der Schaltung PARALLELSCHALTUNG. Welchen Weg nimmt der Strom?

4. Es werden nur die Widerstände  $220\ \Omega$  und  $270\ \Omega$  parallel geschaltet. Gesucht ist ein Widerstandsbaustein, der für sich allein dem Strom einen ebenso großen Widerstand entgegensetzt wie die Bausteine  $220\ \Omega$  und

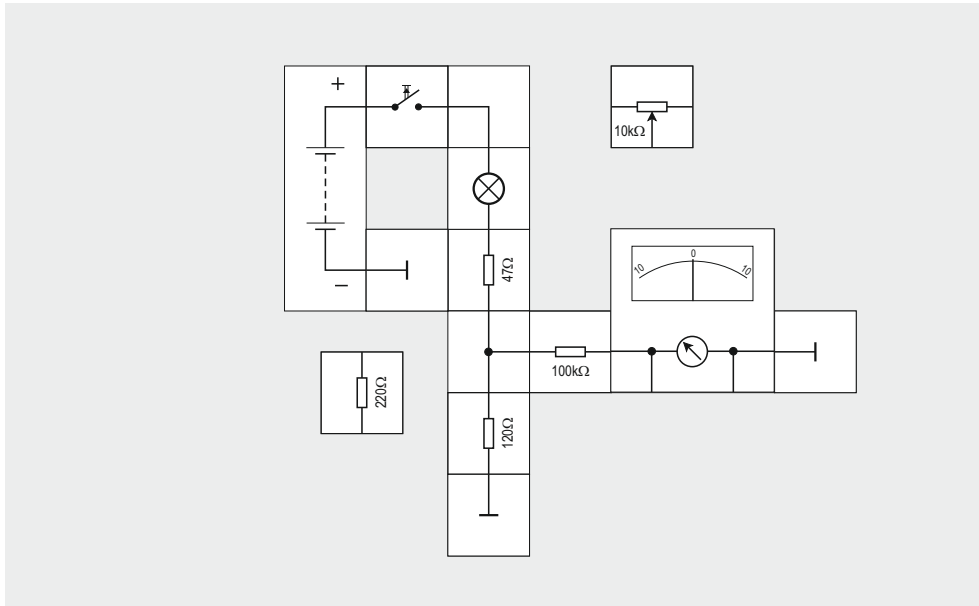
$270\ \Omega$  in Parallelschaltung zusammen. Die Lampenhelligkeit ist ein Maß für die Stromstärke. Ergebnis? Lässt sich das ausrechnen?

5. Wir schalten die Widerstände  $120\ \Omega$ ,  $220\ \Omega$  und  $270\ \Omega$  parallel. Wie groß ist der Gesamtwiderstand? Finde ihn wie in Versuch 4 durch Vergleichen heraus. (Verwende auch den Widerstandsbaustein  $47\ \Omega$ .) Kann man den Gesamtwiderstand ausrechnen?

6. Die Widerstände  $47\ \Omega$  und  $120\ \Omega$  werden parallel geschaltet. Gesamtwiderstand?

7. Wie groß ist der Gesamtwiderstand, wenn man die Bausteine  $120\ \Omega$  und  $220\ \Omega$  parallel schaltet? Liegt er über oder unter  $120\ \Omega$ ?

8. Die 4 Widerstände  $47\ \Omega$ ,  $120\ \Omega$ ,  $220\ \Omega$  und  $270\ \Omega$  sind parallel geschaltet. Der Gesamtwiderstand lässt sich leicht errechnen. (Versuchsergebnis 5 mit verwenden.)



## Glühlampenhelligkeit und Messgeräteausschlag

1. Baue nach der Zeichnung eine Reihenschaltung aus Schalterbaustein, Winkelbaustein, Widerstand 47 Ω, Glühlampe, T - Stück, Widerstand 120 Ω und Massebaustein auf. Welchen Weg nimmt der Strom? Betätige den Schalter. Ergebnis?

2. Zusammen mit einem Widerstand 100 kΩ und einem Massebaustein wird das Messgerät

auf einer passenden Metallplatte aufgebaut. Nun schließen wir das Messgerät mit dem Widerstand 100 kΩ an das T - Stück an und betätigen den Schalter. Ergebnis? Welchen Weg nimmt der Strom?

3. Ersetze den Widerstandsbaustein 47 Ω durch den Widerstandsbaustein 220 Ω und betätige den Schalter. Achte auf die Helligkeit der Glühlampe und auf den Zeigerausschlag des Messgerätes. Ist gegenüber Versuch 2 eine Veränderung festzustellen? Begründe.

4. Baue den Versuch 2 wieder auf und ersetze den Winkel durch den POTENTIOMETER - Baustein (Widerstandsbaustein 10 kΩ mit Pfeil). Dieser Baustein besitzt neben dem Pfeil einen Drehknopf. Schalte ein und betätige den Drehknopf! Ergebnis? Welche Aufgabe hat der Widerstandsbaustein mit Pfeil?

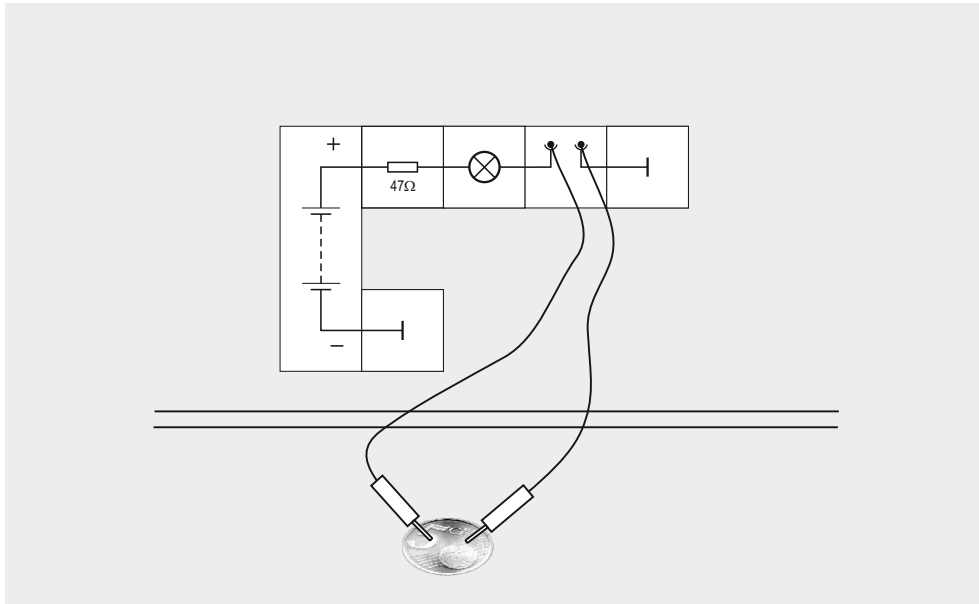
5. Wir betrachten den Potentiometer - Baustein (Widerstand 10 kΩ mit Pfeil) genauer. Hat der Widerstand 10 kΩ die bekannte »Stäbchenform«? Was bedeutet der Pfeil im Schaltsymbol?

6. Untersuche den Messgerät - Baustein. Wo sind die farbigen Drähte angelötet, die unten aus dem Messwerk herausführen? Welchen Weg kann der Strom im Baustein nehmen?

7. Besitzt das Messgerät einen Massekontakt zur leitenden Verbindung mit der Aufbauplatte?

8. Wie sieht das Schaltzeichen des Messgerätes aus?





## Leitfähigkeit verschiedener Stoffe

1. Baue zunächst die linke Schaltung auf. Der Widerstand  $47\ \Omega$  vor der Glühlampe schützt den Glühfaden vor Überlastung. Nach der Glühlampe folgt ein TRENNBASTEIN, dann ein Massebaustein. Wird die Glühlampe leuchten, wenn wir ohne zusätzliche Verbindungsschnüre den Trennbaustein in den Stromkreis einfügen?

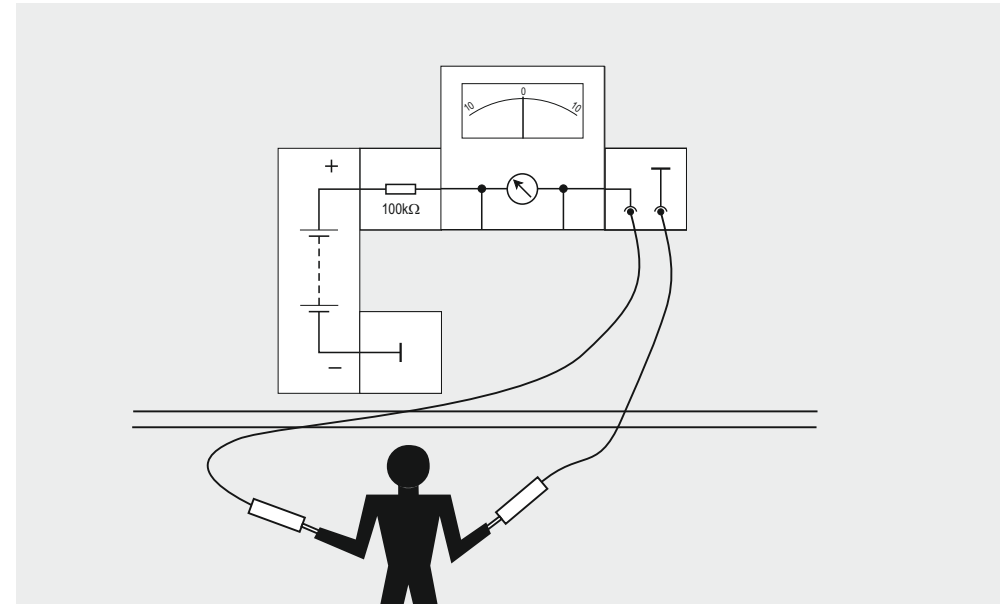
2. Stecke jetzt nach der Abbildung zwei Kabel mit Steckern in die Buchsen des Trennbausteines. Setze die Endstecker auf eine Münze. Weshalb leuchtet die Lampe? Be-

schreibe den Stromweg.

3. Leuchtet die Lampe auch, wenn man ohne Zwischenschaltung der Münze Stecker gegen Stecker hält? Stromweg?

Untersuche auch Münzen mit Silbergehalt, Kupferdraht, das Kontaktplättchen eines Bausteines, ein verzinntes Stück Eisenblech, eine Bleistiftmine und andere Dinge. Ergebnis? Was bedeutet das Aufleuchten der Lampe?

5. Prüfe, ob in Versuch 1 die Lampe leuchtet, wenn man die Stecker in einen Tropfen Was-



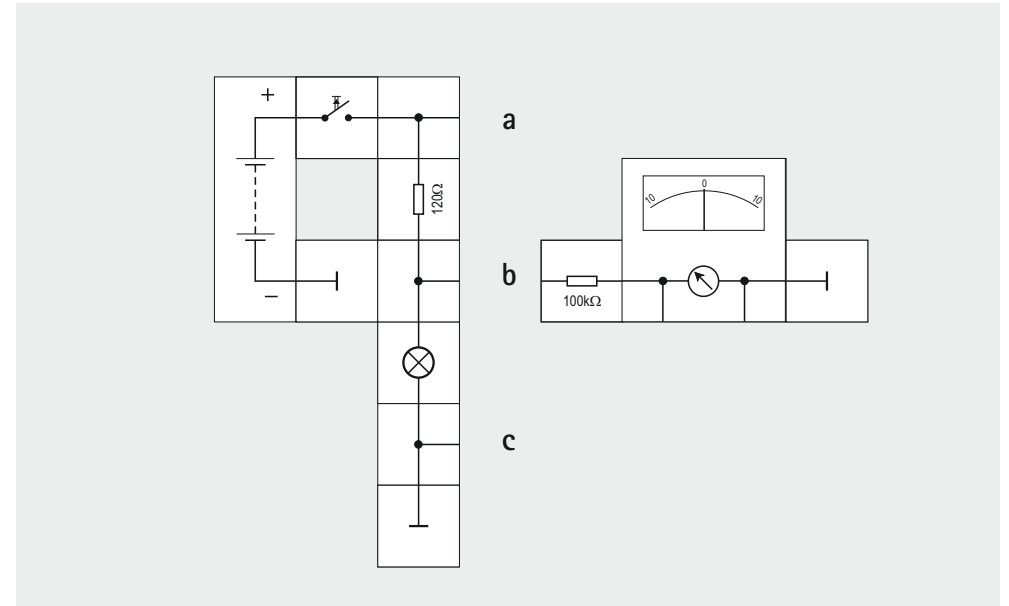
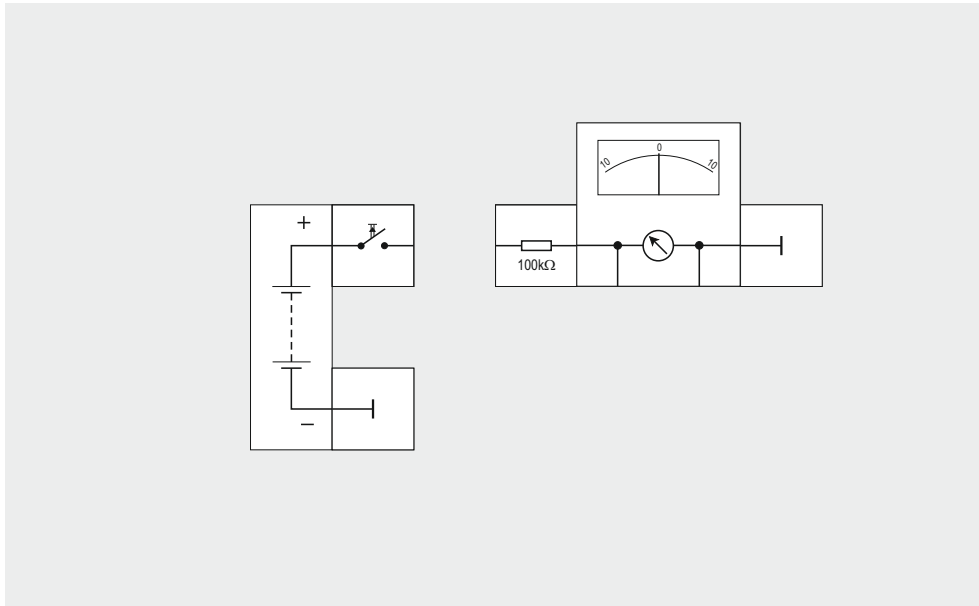
ser taucht (Tropfen auf Radiergummi oder Lineal untersuchen). Fasse auch die Steckerspitzen an und schalte so den eigenen Körper in den Stromkreis ein. Ergebnis? Was darf man daraus schließen?

6. Baue jetzt die rechte Schaltung auf. Der Widerstand  $100\ k\Omega$  schützt das Messgerät vor Überlastung, er darf unter keinen Umständen weggelassen werden. Nach dem Messgerät folgt ein Anschlussbaustein, dessen untere Buchse direkten Massekontakt hat. Fasse die beiden Steckereenden an. Ergebnis? Stromweg? Ist der Versuch gefährlich?

7. Führe Versuch 6 mit feuchten Fingerspitzen durch. Feststellung? Grund?

8. Untersuche mit den Steckerspitzen einen Tropfen Wasser, Tinte, ein Stück Papier, Glas, Holz und andere Dinge. Welche Eigenschaft müssen die Stoffe haben, wenn der Zeiger des Messgerätes ausschlägt? Was bedeutet es, wenn der Zeiger gar nicht ausschlägt?

9. Teile die untersuchten Stoffe ein in solche, die den Strom sehr gut oder gut leiten (LEITER) und solche, die den Strom sehr schlecht, fast gar nicht leiten (NICHTLEITER oder ISOLATOREN).



## Das Messgerät als Voltmeter

1. Baue auf der kleinen Metallplatte den Widerstandsbaustein  $100\text{ k}\Omega$ , das Messgerät und den Massebaustein zusammenhängend auf. Diese drei Bausteine lassen sich jetzt als geschlossene Einheit verschieben.

2. SchlieÙe den Stromkreis und betätige den Schalter. Bis zu welchem Skalenwert schlägt der Zeiger aus? Auf der Batterie ist eine bestimmte Spannungsangabe aufgedruckt. Besteht ein Zusammenhang mit dem Zeigerausschlag?

3. Beschreibe den Weg des Stromes. Der vor dem Messgerät eingebaute Widerstand  $100\text{ k}\Omega$  wird VORWIDERSTAND genannt. Unter keinen Umständen darf er fehlen. Warum wohl nicht?

4. Nimm den Schalter aus dem Stromkreis heraus und setze die Voltmeterplatte mit dem Vorwiderstand  $100\text{ k}\Omega$  direkt an die Batterie. Ergebnis? Darf man das Messgerät in dieser Art, also ohne Schalter, lange Zeit anschließen, ohne dass Batterie oder Messgerät Schaden erleiden?

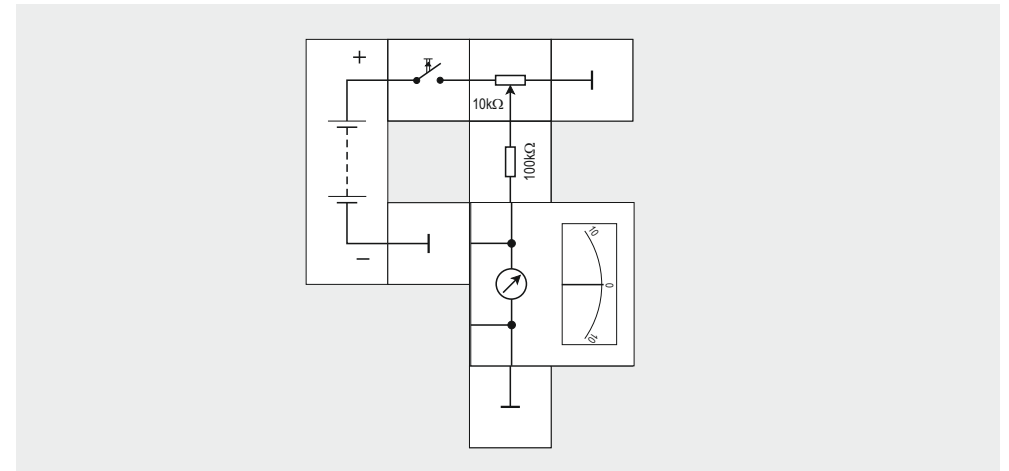
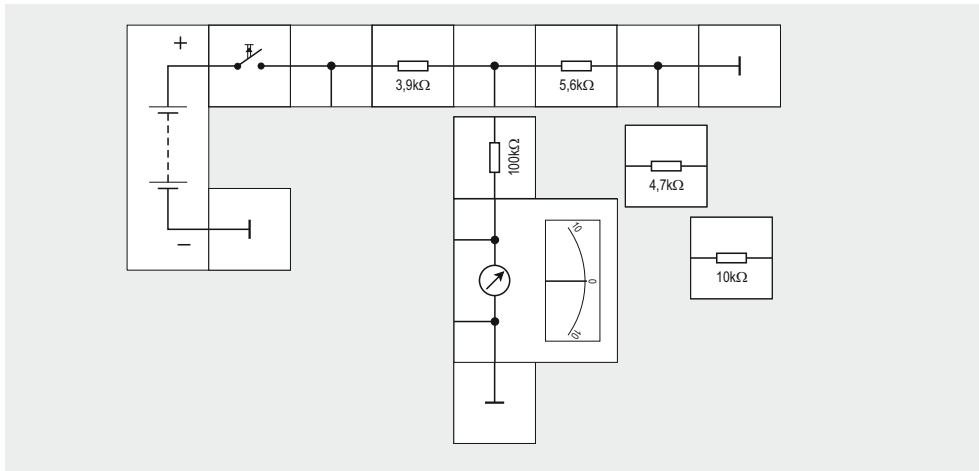
5. Zwischen welchen zwei Punkten messen wir in Versuch 4 die Spannung? Bedenke, dass der Minuspol der Batterie mit der Grundplatte Verbindung hat.

6. Was muss man beachten, wenn man das Messgerät als VOLTmeter, Messbereich bis  $10\text{ V}$ , verwendet?

7. Darf man unter Umständen den Vorwiderstand  $100\text{ k}\Omega$  gegen  $5,6\text{ k}\Omega$  austauschen? Was muss man beachten, wenn man mit dem Vorwiderstand  $5,6\text{ k}\Omega$  arbeitet?

8. Misst man in Versuch 2 die Spannung oder misst man den durch das Messgerät fließenden Strom? Begründe deine Antwort.

9. In diesem Stromkreis kann das Messgerät an drei verschiedenen Punkten angesetzt werden. Notiere jedesmal die gemessene Spannung und gib an, zwischen welchen Punkten diese Spannung gemessen wurde.



## Spannungsteilerschaltung

1. Baue auf der Zusatzplatte das Messgerät mit dem Vorwiderstand  $100\text{ k}\Omega$  auf. Die Platte mit den drei Bausteinen nennen wir VOLT-METER; der MESSBEREICH beträgt  $10\text{ V}$ .

2. SchlieÙe das Voltmeter an das T - Stück links vom Widerstand  $3,9\text{ k}\Omega$  an. Messergebnis? Zwischen welchen Punkten wird die Spannung gemessen?

3. SchlieÙe, wie abgebildet, das Voltmeter an das zwischen den Widerständen  $3,9\text{ k}\Omega$  und  $5,6\text{ k}\Omega$  liegende T - Stück an. Messergebnis? Zwischen welchen Punkten wird die Spannung gemessen? Warum nennt man diese Schaltung einen SPANNUNGSTEILER?

4. Welche Spannung zeigt das Voltmeter an, wenn man es an das T - Stück rechts vom Widerstand  $5,6\text{ k}\Omega$  anschließt? Begründe!

5. Wir wollen untersuchen, ob die in Versuch 3 gemessene Teilspannung (auch Spannungsabfall genannt) von der Größe des Widerstandes  $5,6\text{ k}\Omega$  abhängt. Setze den Widerstandsbaustein  $4,7\text{ k}\Omega$  an die Stelle des Widerstandes  $5,6\text{ k}\Omega$ . Ergebnis?

6. Setze in Versuch 3 den Widerstandsbaustein  $10\text{ k}\Omega$  an die Stelle des Widerstandes  $5,6\text{ k}\Omega$ . Ergebnis? Wovon hängt die gemessene Teilspannung ab?

7. Baue nochmals Versuch 3 auf. Wir messen die Spannung zwischen den beiden Endpunkten des Widerstandes  $5,6\text{ k}\Omega$ . Solange

wir die Größe des Widerstandes nicht verändern, ändert sich auch der Zeigerausschlag des Voltmeters nicht. Ist das richtig? Setze nun den Widerstandsbaustein  $10\text{ k}\Omega$  an die Stelle des Widerstandes  $3,9\text{ k}\Omega$ . Ergebnis? Wovon hängt die gemessene Teilspannung also ab? In welchem Verhältnis stehen Teilspannung, Teilwiderstand, Gesamtwiderstand und Gesamtspannung bei einem Spannungsteiler?

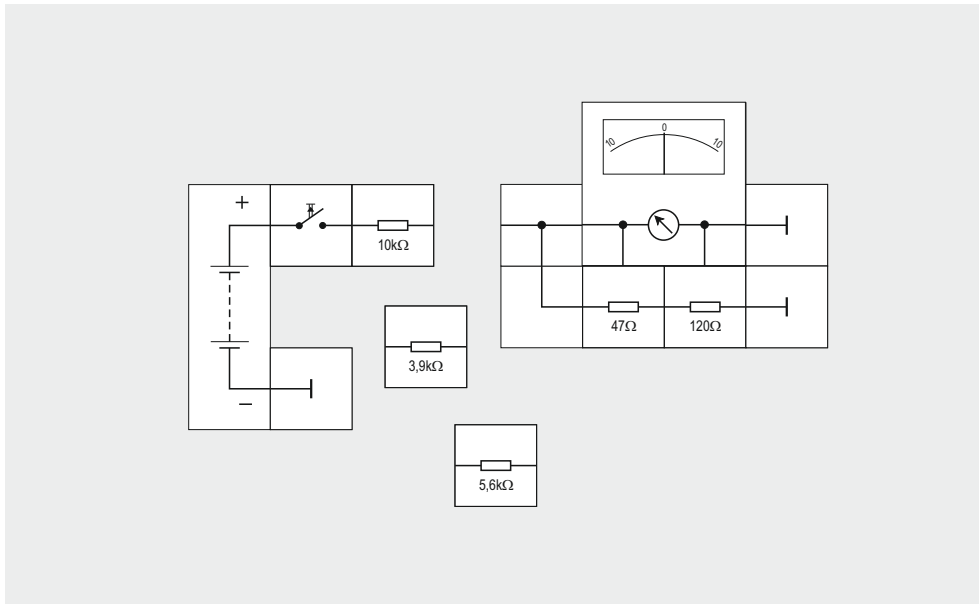
8. Kontrollversuch: Linker Teilwiderstand  $5,6\text{ k}\Omega$ , rechter Teilwiderstand  $3,9\text{ k}\Omega$ . Messergebnis? Was hat sich gegenüber Versuch 7 fast nicht verändert? (Überlege: Wie verhält sich der rechte Teilwiderstand zum Gesamtwiderstand?)

9. Baue den rechts liegenden Versuch auf.

Verwende den Potentiometer - Baustein  $10\text{ k}\Omega$  mit Pfeil. Betätige den Drehknopf. Ergebnis? Zwischen welchen Punkten wird die Spannung gemessen?

10. Lassen sich mit dieser Schaltung die Versuche 2, 3 und 4 ebenfalls durchführen? Was deutet der Pfeil an? Welchen Weg nimmt der Strom im Potentiometer - Baustein?

11. Schalte ähnlich dem 3. Versuch vier Widerstände in Reihe: Batterie / Schalter / T - Stück / Widerstand  $270\text{ }\Omega$  / T - Stück /  $220\text{ }\Omega$  / T - Stück /  $120\text{ }\Omega$  / T - Stück /  $47\text{ }\Omega$  / Massebaustein. Miss wie in Versuch 3 mit dem Voltmeter an jedem T - Stück die Spannung. Versuche auch, die gemessenen Spannungen zu errechnen. Überlege: Welchen Bruchteil des Gesamtwiderstandes bildet der Widerstand  $47\text{ }\Omega$ ?



## Das Messgerät als Amperemeter

1. Auf der Zusatzplatte bauen wir das Messgerät mit T - Stück, Winkel, 2 Massebausteinen und den Widerstandsbausteinen  $47\ \Omega$  und  $120\ \Omega$  zu einer festen Einheit auf. Das so geschaltete Messgerät nennen wir AMPEREMETER. Es hat einen MESSBEREICH von  $2,5\ \text{mA}$ , wenn der Zeiger bis zur Ziffer 10 ausschlägt, fließt ein Strom von  $2,5\ \text{mA}$  (gelesen Milliampere;  $2,5\ \text{mA} = 0,0025\ \text{Ampere}$ ) durch das Amperemeter.

2. Schließe das Amperemeter an den Widerstandsbaustein  $10\ \text{k}\Omega$  an und betätige den Schalter. Wie stark ist der Strom? Die Ziffern

2 bis 10 auf der Skala bedeuten jetzt  $0,5 / 1,0 / 1,5 / 2,0 / 2,5\ \text{mA}$ !

3. Beschreibe den Stromkreis. Welchen Weg nimmt der Strom im Amperemeter?

4. Setze in Versuch 2 den Widerstandsbaustein  $5,6\ \text{k}\Omega$  an die Stelle des  $10\ \text{k}\Omega$  Bausteines. Messergebnis in Milliampere? Schreibe das Messergebnis auch in Ampere.

5. Füge den Widerstandsbaustein  $3,9\ \text{k}\Omega$  anstelle des Bausteines  $5,6\ \text{k}\Omega$  in den Stromkreis ein und miss den durchfließenden Strom in mA. Welche Abhängigkeit besteht zwischen Widerstand und Stromstärke?

6. Wir untersuchen den Stromweg im Amperemeter genauer. Der Widerstand  $167\ \Omega$  ( $47\ \Omega + 120\ \Omega$ ) liegt neben dem Messgerät im Stromkreis, man nennt ihn NEBENWIDERSTAND, NEBENSCHLUSSWIDERSTAND oder SHUNT. Wird sich der Zeigerausschlag verändern, wenn man den Nebenwiderstand von  $167\ \Omega$  auf  $47\ \Omega$  verkleinert? Baue Versuch 2 auf, entferne den Widerstand  $120\ \Omega$  und setze den Massebaustein direkt an den Widerstand  $47\ \Omega$ . Betätige den Schalter. Ergebnis?

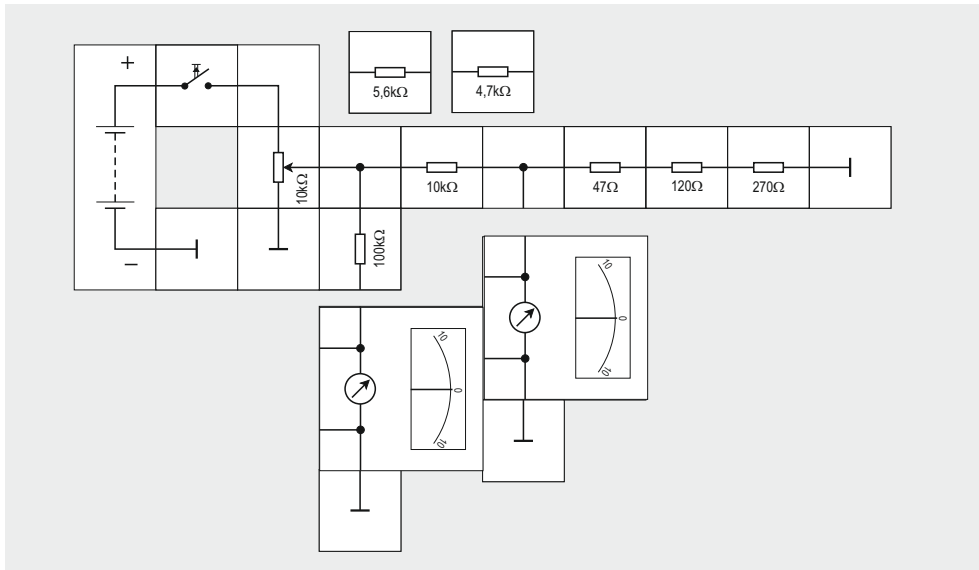
7. Welches Versuchsergebnis erhalten wir bei Vergrößerung des Nebenwiderstandes von  $167\ \Omega$  auf  $267\ \Omega$ ? Baue Versuch 2 auf und setze den Baustein  $220\ \Omega$  an die Stelle

des Nebenwiderstandes  $120\ \Omega$ . Ergebnis? Begründung?

8. Welche Aufgabe hat bei einem Amperemeter der Nebenwiderstand?

9. Wie muss man vorgehen, wenn der Messbereich von  $2,5\ \text{mA}$  auf  $1\ \text{mA}$  verkleinert werden soll?

10. Der Messbereich soll auf etwa  $200\ \text{mA}$  Vollausschlag vergrößert werden. Welche Möglichkeiten bestehen? Welchen Nebenwiderstand wird man wählen?



## Das ohmsche Gesetz

1. Unter der Batterie ist mit dem Potentiometerbaustein eine Spannungsteilerschaltung aufgebaut. Durch Betätigen des Drehknopfes kann am SCHLEIFER (Schiebepfeil) jede Spannung zwischen Null und der vollen Batteriespannung abgegriffen werden. Drehe den Knopf in Uhrzeigerrichtung bis zum Anschlag. Der Schleifer steht jetzt »ganz oben«. Welche Spannung haben wir eingestellt?
2. Baue auf der Zusatzplatte Messgerät und Massebaustein auf. Weshalb arbeitet das Messgerät rechts als Voltmeter mit dem Messbereich 10V?
3. Weshalb arbeitet dasselbe Messgerät,

wenn wir es nach rechts verschieben, als Amperemeter, Vollausschlag 1 mA?

4. Welchen Strom misst das Amperemeter? Beachte die Lage des Widerstandsbausteines 10 kΩ.
5. Zwischen welchen Punkten misst das Voltmeter die Spannung? Achte auf die Lage des Widerstandes 10 kΩ im Stromkreis. Den Nebewiderstand des Amperemeters können wir vernachlässigen, da er mit 437 Ω im Verhältnis zu 10 kΩ sehr klein ist.
6. Setze das Messgerät an den Voltmeterplatz. Betätige den Schalter, stelle am Potentiometer die Spannung 2 V ein und lasse den Schalterknopf los.

7. Verändere am Potentiometer nichts mehr. Setze das Messgerät an den Amperemeterplatz und betätige kurz den Schalter. Der durch den Widerstand 10 kΩ fließende Strom beträgt  $0,2 \text{ mA} = 0,0002 \text{ A}$ .

8. Fertige eine Tabelle an: Gemessener Widerstand: 10 kΩ.

Spannung in V zwischen den Enden des Widerstandes	2	4	6	8
Durch den Widerstand fließender Strom in mA:	0,2			
Spannung geteilt durch Strom:				

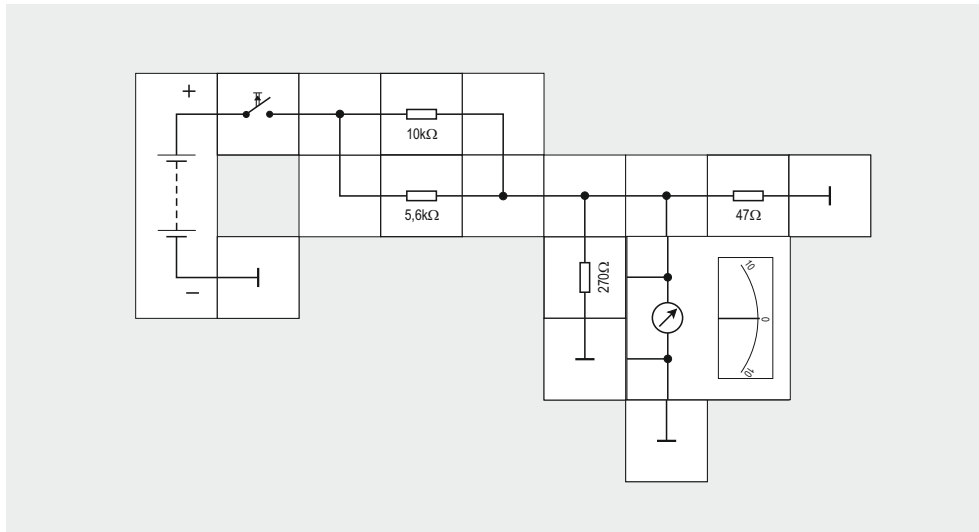
9. Stelle nacheinander die Spannungen 4 V, 6 V, 8 V ein und miss jedesmal, welcher Strom durch den Widerstand 10 kΩ fließt. Trage die Ergebnisse in die Tabelle ein. Wie ändert sich der Strom, wenn man die Spannung von 2 V verdoppelt oder verdreifacht?

10. Teile das Ergebnis der Spannungsmessung jedesmal durch das Ergebnis der Strommessung.

(2 V:  $0,0002 \text{ A} = ?$ )  
Welche Gesetzmäßigkeit wird erkennbar?

11. Ersetze den Widerstand 10 kΩ durch den Widerstandsbaustein 5,6 kΩ. Fertige eine neue Tabelle an, führe die Versuche 6 bis 10 mit dem Widerstand 5,6 kΩ durch und trage die Ergebnisse ein. Gesetzmäßigkeit?

12. Stelle auch für den Widerstandsbaustein 4,7 kΩ eine Messreihe auf. Resultat?



## Der verzweigte Stromkreis

1. Baue das Messgerät mit den Widerständen  $47\ \Omega$  und  $270\ \Omega$  auf der Zusatzplatte auf. Wie nennt man diese beiden Widerstände? Wie sind sie zum Messgerät geschaltet? Wir betrachten das Messgerät mit den beiden Widerständen als Einheit und bezeichnen es als AMPEREMETER mit dem MESSBEREICH  $10\ \text{mA}$ .
2. Wie sind die Widerstände  $10\ \text{k}\Omega$  und  $5,6\ \text{k}\Omega$  zueinander geschaltet?
3. SchlieÙe den Stromkreis und betätige den Schalter. Lies die Stromstärke in Milliampere ab.

4. Wo verzweigt sich der Strom? Wo vereinigen sich Teilströme? Beschreibe den Stromkreis ohne Berücksichtigung der Verzweigung im Amperemeter.

5. Welchen Weg nimmt der Strom im Amperemeter?

6. Wir messen den durch den Widerstand  $10\ \text{k}\Omega$  fließenden Teilstrom. Entferne vorübergehend den unteren Winkelbaustein, so dass der Strom unverzweigt nur durch den Widerstand  $10\ \text{k}\Omega$  fließt. Stromstärke?

7. Wir messen den durch den Widerstand  $5,6\ \text{k}\Omega$  fließenden Teilstrom. Entferne vorübergehend den oberen Winkelbaustein, so

dass der Strom nur durch den Widerstand  $5,6\ \text{k}\Omega$  fließt. Stromstärke?

8. Vergleiche die Ergebnisse der Versuche 6, 7 und 3. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den beiden Teilströmen und dem Gesamtstrom, wie er in Versuch 3 gemessen wurde?

9. Setze an die Stelle der Widerstände  $5,6\ \text{k}\Omega$  und  $10\ \text{k}\Omega$  den Widerstand  $3,9\ \text{k}\Omega$ , so dass der Strom unverzweigt nur durch den Widerstand  $3,9\ \text{k}\Omega$  fließt. Stromstärke? Was kann man folgern?

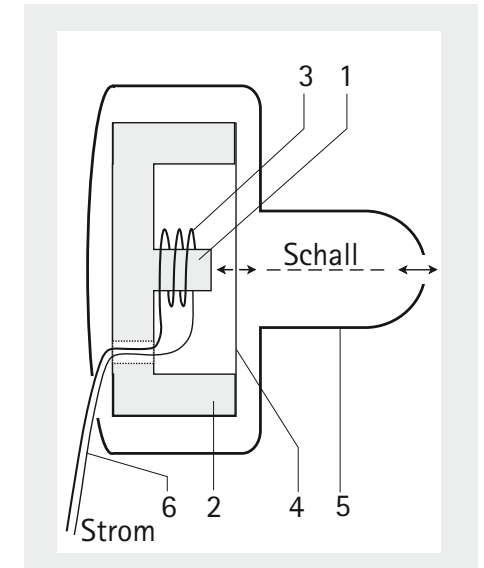
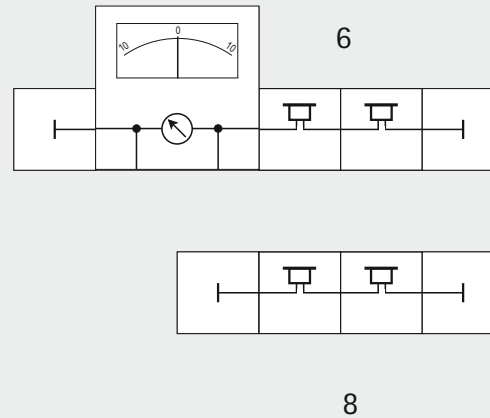
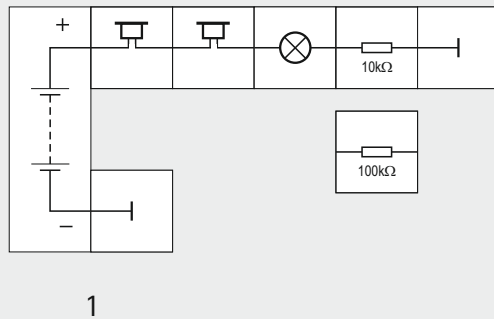
10. Wie kann man für Versuch 3 ( $10\ \text{k}\Omega$  und  $5,6\ \text{k}\Omega$  parallel geschaltet) den Gesamtwiderstand ausrechnen? Wird er größer oder kleiner als  $3,9\ \text{k}\Omega$  sein?

11. Vergleiche die in Versuch 6 und 7 gemessenen Teilströme, welche durch die Widerstände  $5,6\ \text{k}\Omega$  und  $10\ \text{k}\Omega$  fließen, mit dem Ohmwert der Widerstände.

12. Die beiden parallel geschalteten Widerstände bezeichnen wir mit  $R_1$  und  $R_2$ . Durch den Widerstand  $R_1$  soll der Teilstrom  $I_1$  und durch den Widerstand  $R_2$  der Teilstrom  $I_2$  fließen. In welchem Verhältnis zueinander stehen die Teilströme und die Widerstände?

13. Schalte zum Schluss die Widerstände  $4,7\ \text{k}\Omega$  und  $3,9\ \text{k}\Omega$  parallel. Errechne den Gesamtwiderstand, miss den Gesamtstrom und die Teilströme. Überprüfe die in Aufgabe 12 gefundene Beziehung.





## Der Ohrhörer als elektro – akustischer Wandler

1. Schalte zwei Ohrhörerbausteine mit der Glühlampe und dem Widerstand 10 kΩ in Reihe. Halte einen Ohrhörer an das Ohr und schraube die Glühlampe los und wieder fest. Stelle durch leichtes Bewegen der Glühlampe einen WACKELKONTAKT her. Ist etwas zu hören? Welche Rolle spielt die locker in der Fassung sitzende Glühlampe? Beschreibe den Stromkreis.

2. Vergrößere den im Stromkreis liegenden Widerstand auf 100 kΩ und drehe nochmals vorsichtig an der Glühlampe, damit ein Wa-

ckelkontakt entsteht. Ergebnis? Besteht ein Unterschied zu Versuch 1? Begründung.

3. Weshalb leuchtet in den Versuchen 1 und 2 die Glühlampe nicht? Welche Aufgabe erfüllt der Ohrhörer in diesen Versuchen?

4. Wir untersuchen einen Ohrhörer genauer. Im Inneren verbirgt sich ein STABMAGNET (1) mit einem ringförmigen POLSCHUH (2). Die um den Magneten gewickelte SPULE (3) besteht aus äußerst dünnem Kupferdraht. Vor der Spule befindet sich eine runde STAHLMEMBRAN (4), die wie eine Rasierklinge federt. Aus dem GEHÄUSE (5) führen 2 ANSCHLUSSDRÄHTE (6) heraus, welche die Enden der Spule mit den Seitenkontakten des Ohrhörerbausteins

verbinden. Welchen Weg nimmt der durch den Ohrhörerbaustein fließende Strom?

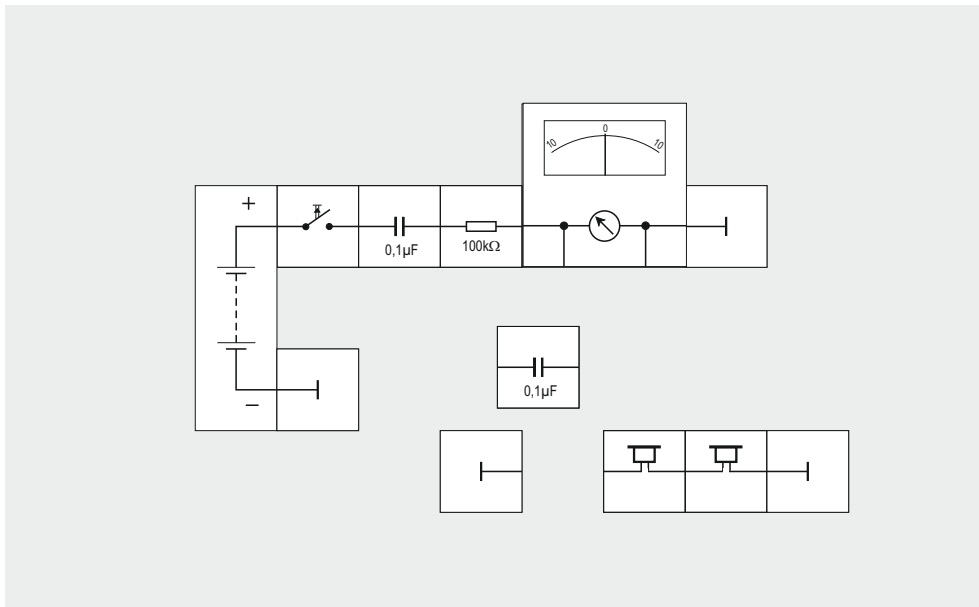
5. Was geschieht mit der Membran, wenn in Versuch 1 der durch die Ohrhörerspule fließende Strom eingeschaltet, ausgeschaltet oder durch Wackelkontakt unterbrochen wird? Wo wird der aus dem Schnäuzchen des Hörers austretende Schall erzeugt? Kennzeichne die Aufgabe des Ohrhörers. Arbeitet er als WANDLER?

6. Schalte die Ohrhörer mit dem Messgerät in Reihe. Schlage die beiden Hörer seitlich leicht gegeneinander, so dass ein scheppern- des Geräusch entsteht. Beobachtung? Gibt

es in der Schaltung eine Spannungsquelle? Welche Aufgabe erfüllt der Ohrhörer in diesem Versuch? Arbeitet er als Wandler?

7. Schalte zwei Ohrhörer in Reihe. Kratze am ersten Hörer mit dem Fingernagel und halte den zweiten an das Ohr. Berühre die Membran des ersten Hörers mit dem Stecknadelkopf. Ergebnis? Wie kann man den ersten, wie den zweiten Hörer nennen? Arbeiten beide als Wandler?

8. Zwei Schüler bekommen je einen Hörer. Am ersten Hörer werden leise Morsezeichen gepfiffen, am zweiten wird gehorcht. Ist eine Rückverständigung möglich? Könnte man so telefonieren?



## Der Kondensator

1. Zwischen Schalter und Messgerät bauen wir einen KONDENSATOR in den Stromkreis ein.

Betätige den Schalter. (Vorher darf man nicht probeweise schalten.) Warum schlägt der Zeiger aus?

2. Wiederhole Versuch 1 und betätige den Schalter mehrere Male hintereinander. Ergebnis? Wie kann man das erklären? Untersuche den Stromkreis.

3. Nimm den Kondensator aus der Schaltung heraus und setze ihn neben die Ohrhörer. Nach Anfügen des links liegenden Massebausteines ist der Stromkreis geschlossen. Was hört man in diesem Augenblick? Erklärung? Wo ist die Stromquelle zu suchen? Stromweg?

4. Kann man Versuch 3 mehrmals hintereinander wiederholen? Begründung?

5. Baue jetzt den Kondensator wieder in Schaltung 1 ein und wiederhole die Versuche 1 und 2, danach 3 und 4. Welche Rolle spielt

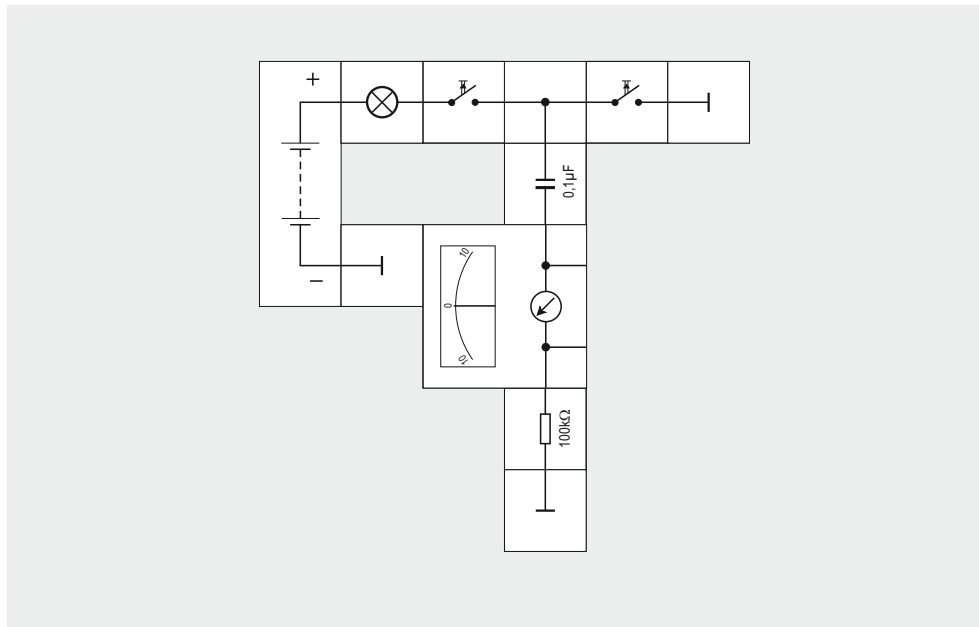
in diesen Versuchen der Kondensator? Was geschieht mit ihm?

6. Wir untersuchen den Kondensatorbaustein genauer. Im Innern entdecken wir eine flache Scheibe, den eigentlichen Kondensator. Wieviel Drähte führen heraus? Zu welchen Kontakten des Bausteines?

7. Wie sieht das Schaltsymbol des Kondensators aus? Worauf könnte es hindeuten? Was bezeichnen die Zahlen und Buchstaben darunter?

8. Besteht ein Zusammenhang zwischen Versuch 2 und dem Aussehen des Schaltsymbols oben auf dem Kondensatorbaustein?

9. Wie muss man vorgehen, wenn man aus der Aufbauplatte, einem Löschblatt und der Zusatzplatte einen kleinen Kondensator bauen will? Das Schaltsymbol auf dem Kondensatorbaustein enthält einen Hinweis.



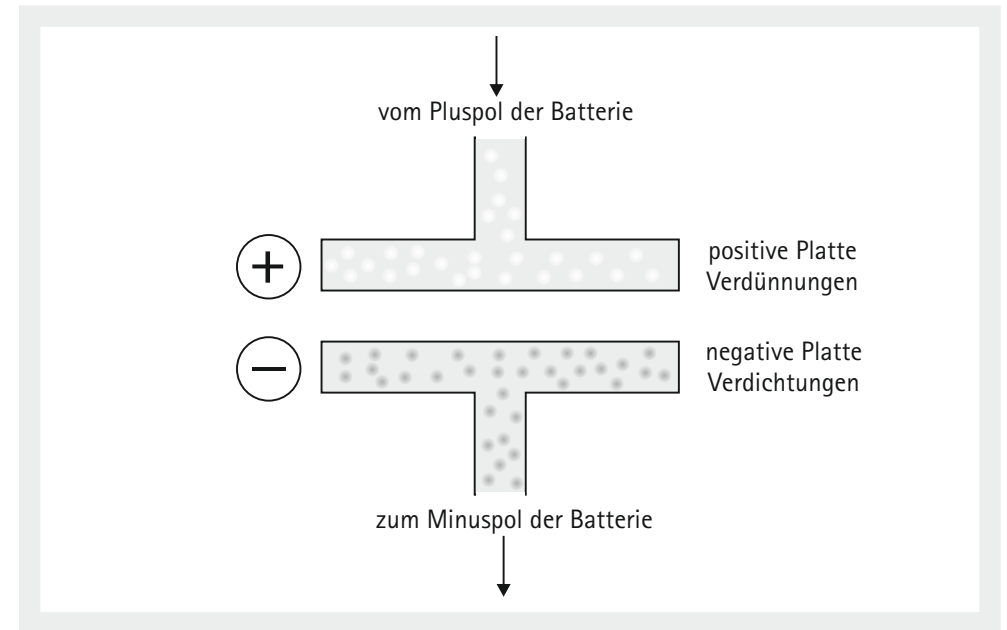
## Aufladen und Entladen eines Kondensators

1. Ein Kondensator von der Kapazität  $0,1\mu\text{F}$  (Mikro-Farad) wird in den Stromkreis eingefügt. Betätige den linken Schalter.

Bis zu welchem Zahlenwert schlägt der Zeiger aus? Weshalb erfolgt der Ausschlag des Messgerätes? Der Strom fließt vom Plus- zum Minuspol (TECHNISCHE STROMRICHTUNG; die ELEKTRONEN tragen NEGATIVE LADUNGEN und fließen deswegen vom Minus- zum Pluspol). Beschreibe den Stromweg. Betätige den Schalter mehrmals hintereinander! Ergebnis?

2. Betätige nun den rechten Schalter. Erfolgt ein Ausschlag des Messgerätes? Besteht ein Unterschied zu Versuch 1? Was könnte die Ursache sein? Welchen Weg nimmt der Strom? Bedenke, dass der offene Schalter den Stromweg von der Batterie her unterbricht (Die Glühlampe dient als Sicherung gegen ungewollte Kurzschlüsse).

3. Wiederhole Versuch 1 und 2 mehrmals. Der Kondensator stellt in Versuch 2 die Stromquelle dar. Welche Kondensatorplatte ist positiv, welche negativ geladen? Die Elektronen fließen vom Minus- zum Pluspol.



4. Wiederhole Versuch 1. Muss ein Strom durch den Kondensator hindurch fließen, wenn der Zeiger des Messgerätes beim Aufladen ausschlägt? Bedenke die in Versuch 3 ermittelte Ladung der Kondensatorplatten.

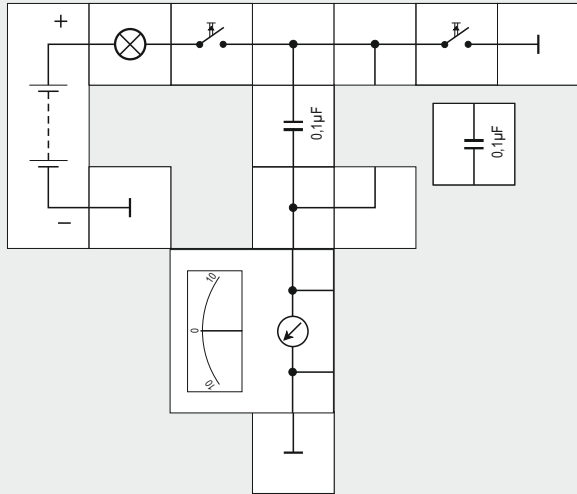
5. Lade nach Versuch 1 den Kondensator auf. Nimm ihn aus der Schaltung heraus und setze ihn umgekehrt, mit auf der linken Seite stehender Schrift, wieder in die Schaltung ein. Betätige den rechten Schalter und beobachte den Zeigerausschlag. Feststellung? Ursache dafür?

6. Wiederhole Versuch 1 und 5 und vergleiche die Stärke von LADE- und ENTLADESTROM

(Zeigerausschlag). Ergebnis? Was bedeutet das?

7. Weshalb misslingt Versuch 5, wenn man vor dem Versuch die Seitenkontakte des Kondensatorbausteines mit Daumen und Zeigefinger anfasst?

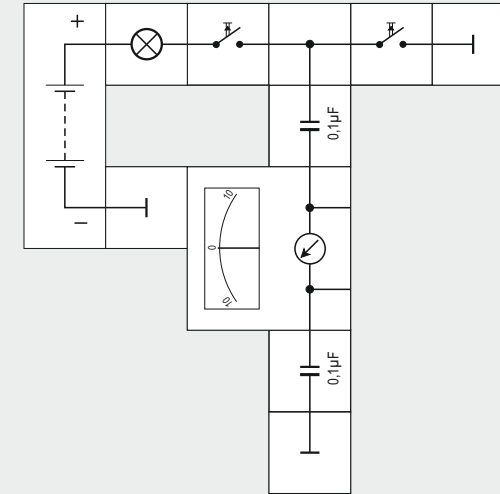
8. Vergleiche die stark vereinfachte Skizze mit den Ergebnissen der Versuche 1, 4 und 6.



## Parallel- und Reihenschaltung von Kondensatoren

1. Die Glühlampe dient in der Schaltung nur als Schutz gegen unbeabsichtigten Kurzschluss. Wie sind Glühlampe, Schalter, Kondensator und Messgerät geschaltet?
2. Betätige den linken Schalter. Weshalb schlägt der Zeiger des Messgerätes aus? In welcher Richtung durchfließt der Strom das Messgerät?
3. Betätige den rechten Schalter. Beobachtung? Fließt ein Strom?

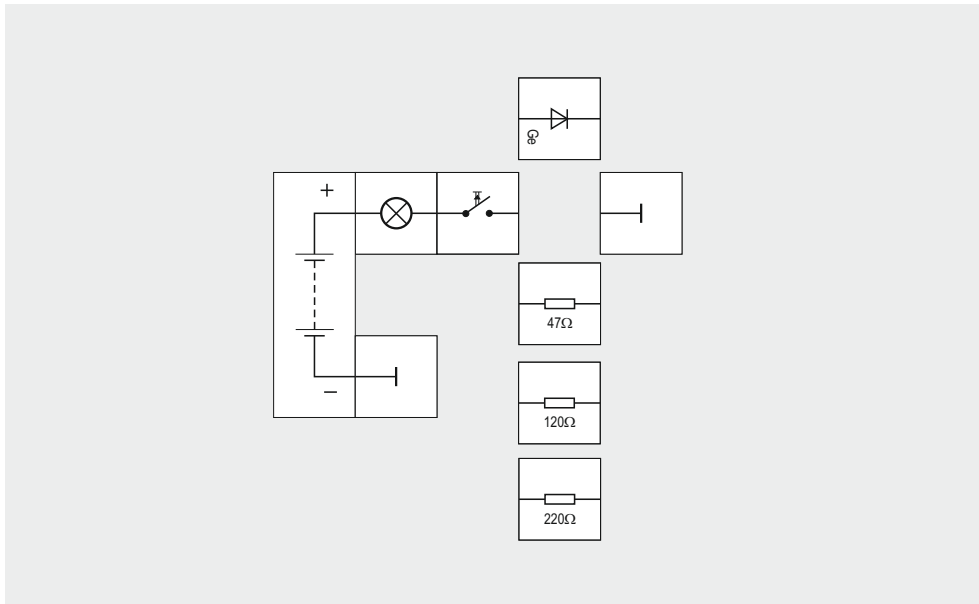
4. Wiederhole Versuch 2. Wie stark ist der beim Aufladen des Kondensators von  $0,1\mu\text{F}$  fließende Ladestrom in Mikroampere? ( $100\ \mu\text{A}$ , Mikroampere =  $0,1\ \text{mA}$ ) Welche Platte des Kondensators wird negativ, welche positiv geladen? Beschreibe den Stromkreis.
5. Wiederhole Versuch 3. Leite aus dem Zeigerausschlag des Messgerätes die Stromrichtung und die Polung des Kondensators ab. Stromkreis?
6. Schalte zwei Kondensatoren von der Kapazität  $0,1\mu\text{F}$  parallel. (Stelle den Kontakt zwischen dem Winkelbaustein des linken Kondensators und dem T - Stück her). Betätige den linken Schalter. Stromstärke in  $\mu\text{A}$ ?



7. Entlade die parallel geschalteten Kondensatoren nach Versuch 3 durch Betätigen des rechten Schalters.
8. Wiederhole Versuch 6 und 7. Ist bei der Parallelschaltung der Kondensatoren die Gesamtkapazität größer oder kleiner als  $0,1\mu\text{F}$ ?
9. Schalte die beiden Kondensatoren in Reihe. (Entferne das unter dem linken Kondensator liegende T - Stück und setze an seine

Stelle den zweiten Kondensator). Miss mehrmals den Lade- und Entladestrom. Je größer die Kapazität, umso größer der Ladestrom. Ist bei Reihenschaltung der Kondensatoren die Gesamtkapazität größer oder kleiner als  $0,1\ \mu\text{F}$ ?

10. Füge das Messgerät zwischen den beiden in Reihe geschalteten Kondensatoren in den Stromkreis ein. Die Kondensatorplatten sind gegeneinander isoliert. Betätige die Schalter abwechselnd. Fließt zwischen den beiden Kondensatoren ein Strom durch das Messgerät? Ergebnis? Beschreibe die beiden Stromkreise.



## Sperr- und Durchlassrichtung der Diode

1. Nimm den DIODENBAUSTEIN zur Hand. Dieser Baustein enthält im Innern eine kleine Menge des HALBLEITERS GERMANIUM, deswegen nennt man das Bauelement auch HALBLEITER - DIODE. Das Schaltsymbol besteht aus einer Platte, die von einer Pfeilspitze berührt wird.
2. In die freie Stelle der Schaltung soll der Diodenbaustein eingefügt werden. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten. Probiere und betätige den Schalter. Bei welcher Stellung des Bausteines leuchtet die Glühlampe auf?

Weil die Halbleiterdiode in dieser Richtung den Strom durchlässt, spricht man von DURCHLASSRICHTUNG der Diode. Beschreibe den Stromkreis. Der Strom fließt vom Pluspol der Batterie zum Minuspol (entgegengesetzt zum Elektronenstrom). Zeichne die Schaltung auf.

3. Nimm die in Durchlassrichtung eingebaute Diode aus der Schaltung heraus und drehe den Diodenbaustein so, dass die Pfeilspitze in Gegenrichtung zeigt. Betätige den Schalter. Leuchtet die Lampe? Ist der Stromkreis geschlossen? Wie nennt man diese Schaltungsrichtung der Diode? Zeichne die Schaltung auf.

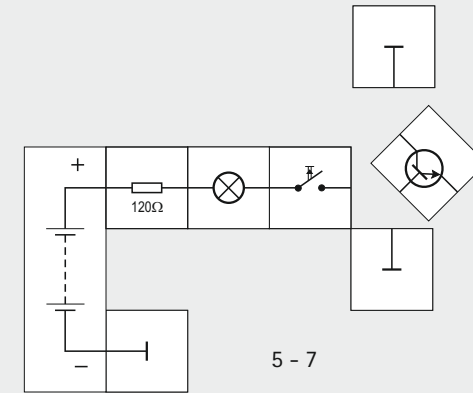
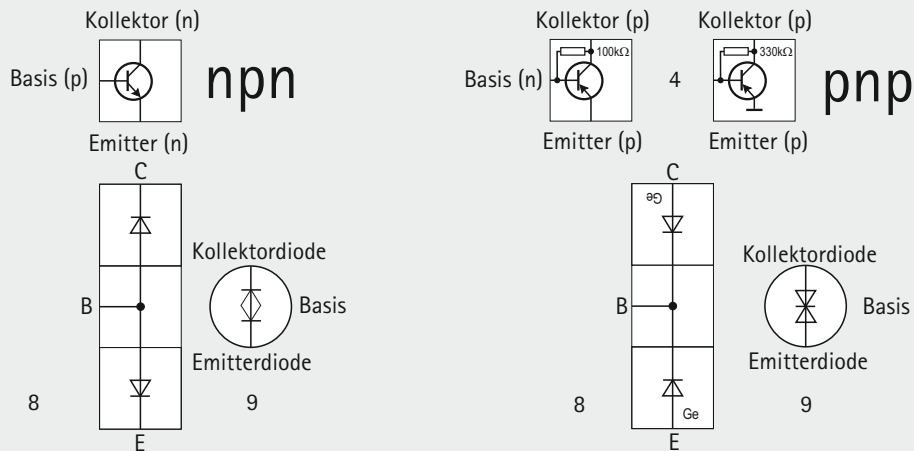
4. Schalte nach Versuch 2 die Diode in Durchlassrichtung. Besteht ein Unterschied in der Lampenhelligkeit, wenn man unter Auslassung der Diode den Massebaustein direkt an den Schalter setzt?

5. Entferne die Diode. In die freie Stelle der Schaltung soll ein Widerstand eingesetzt werden, der die Lampenhelligkeit ebenso stark herabsetzt, wie die Diode es tut. Welcher der 3 rechts liegenden Widerstände ist das?

6. Drehe den Widerstandsbaustein um, so dass er in Gegenrichtung in den Stromkreis eingefügt ist. Ändert sich die Lampenhelligkeit? Vergleiche mit der Diode.

7. Wir untersuchen den Diodenbaustein genauer. Die Germaniumdiode im Innern ist winzig. Wieviel Anschlussdrähte führen aus dem Glaskörper heraus? Wo sind sie festgelötet?

8. In dem Glaskörper befindet sich ein Germaniumkristall. Im Schaltsymbol wird er durch einen dicken Strich dargestellt; er ist die KATHODE. Ist auch der zweite Teil des Schaltsymbols, die Pfeilspitze (ANODE), im Innern des Glaskörpers in irgendeiner Form zu entdecken?



## Der Transistor – aus Diodenstrecken zusammengesetzt

1. Nimm einen TRANSISTORBAUSTEIN zur Hand. Das Schaltsymbol des Transistors besteht aus einem balkenförmigen Strich den zwei Kontakte berühren, und einem abschließenden Kreis. Die drei Anschlüsse heißen BASIS (B), KOLLEKTOR (C) und EMITTER (E). Welchen Anschluss hat im Schaltsymbol eine Pfeilspitze?

2. Wir suchen im Innern des Bausteines nach dem Transistor, einem kleinen blanken Metallbecher oder einem zylinderförmigen Plastikgehäuse. In dieses Gehäuse hat man das eigentliche Transistorsystem aus dem Halbleitermaterial GERMANIUM oder SILIZIUM untergebracht. Es ist nur so groß wie ein Stecknadelkopf und besteht aus 3 HALBLEITERZONEN, die Basis, Kollektor und Emmitter heißen. Von

jeder Zone führt ein Anschlussdraht nach außen. Bei den ersten Transistoren wurde der Kollektor durch einen roten Punkt gekennzeichnet, später der Emmitter durch eine kleine Fahne am Metallgehäuse. Durch das Aufkommen preisgünstiger Plastikgehäuse (mit Abflachung zur Orientierung) und verschiedenster Herstellmethoden des Transistorsystems ist die Kennzeichnung nicht mehr einheitlich und man muss im Datenblatt die Anschlussbelegung nachsehen.

3. Im Lectron Baukasten gibt es zwei Sorten von Transistoren: Germanium pnp - Transistoren und Silizium npn- Transistoren. Bei ersteren ist zusätzlich zum Transistor im Baustein auch noch ein Widerstand untergebracht, der in manchen Schaltungen zusätzliche Bausteine einspart. Dieser Widerstand ist kein Bestandteil des Transistorsystems, wir brauchen ihn bei den ersten Versu-

chen nicht zu beachten. Die »nackten« Transistoren sind Silizium -Transistoren, wir werden sie bei den meisten Versuchen verwenden.

4. Welche Anschlüsse des Transistors verbindet der zusätzliche Widerstand? Wodurch unterscheidet sich ein pnp - Transistor von einem npn -Transistor?

5. Der Emmitter des Transistor - Schaltsymbols enthält wie die Diode eine Pfeilspitze. Baue die zugehörige Schaltung auf und untersuche, ob der schräg liegende Transistorbaustein eine oder mehrere Dioden beherbergt. Ist eine Diode in Durchlassrichtung angeschlossen, so leuchtet nach Betätigen des Schalters die Lampe auf. Bei entgegengesetzter Polung der Diode darf die Lampe nicht leuchten. Beginne mit den Anschlüssen Emmitter - Basis. Ergebnis?

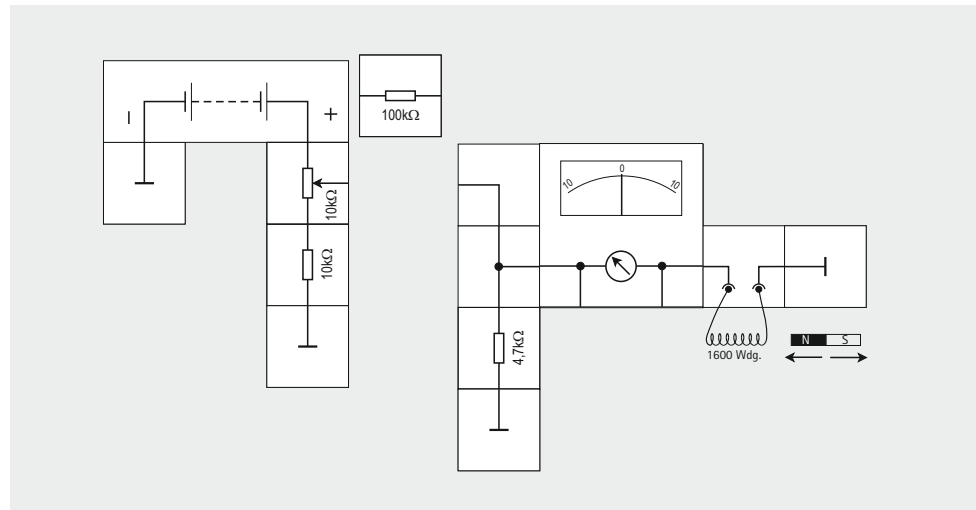
6. Untersuche die Anschlüsse Kollektor - Basis. Ergebnis?

7. Stelle Versuche mit den Anschlüssen Emmitter - Kollektor an. (Der pnp -Transistor mit dem Emmitter fest an Masse eignet sich nicht dafür) Ergebnis?

8. Stelle aus zwei Diodenbausteinen und einem T - Stück ein npn - Transistormodell her. Das Transistormodell besteht aus Emmitterdiode und Kollektordiode mit dazwischenliegendem Basisanschluss. Verhält sich das Transistormodell bei den Versuchen 5, 6 und 7 ebenso wie der echte Transistor? Wie kann man die Versuchsergebnisse erklären?

9. Der wirkliche Aufbau des Transistorsystems ist in Bild 9 skizziert. In welchem Punkt unterscheidet sich das Transistormodell (8) erheblich von dem echten Transistor (9)?





## Erzeugung von Wechselstrom

1. Schließe an die Buchsen des Trennbau- steines eine Spule von etwa 1000 bis 1600 Windungen an. Stecke einen passenden Stab- magneten vorsichtig in die Spule hinein und ziehe ihn wieder heraus.

Weshalb bewegt sich der Zeiger des Messge- rätes? Beschreibe den Stromkreis. Wo befin- det sich die Stromquelle? Den fließenden Strom nennt man INDUKTIONSTROM, die Spule INDUKTIONSSPULE.

2. Wiederhole Versuch 1. Bewege den Mag- neten so langsam, dass der Zeiger nicht stark ausschlägt. Stecke den Magneten in die Spule hinein und ziehe ihn wieder heraus. Achte genau auf die Zeigerbewegung. Was ist sehr störend, wenn man kein Instrument mit Nullpunkt in der Skalenmitte (wie es bei älteren Lectron Kästen der Fall war) besitzt?

3. Damit der Zeiger sich in einem solchen Fall nach beiden Seiten frei bewegen kann, schicken wir mit einer Spannungsteiler- schaltung einen Hilfsstrom durch das Mess- gerät.

Füge den Baustein 100 kΩ an der freien Stel- le in die Schaltung ein und verändere mit dem Drehknopf des Potentiometers die Zei- gerstellung, bis dieser in der Mitte der Skala steht. (Der durch das Messgerät und die Spule fließende Hilfsstrom stört die weiteren Versuche nicht).

4. Stecke den Magneten in die Spule hinein und ziehe ihn wieder heraus. Zeigerbewe- gung? Beschreibe den Weg des Stromes. Bedenke: Wenn der Zeiger nach rechts aus- schlägt, fließt der Strom von links (vom Plus- pol) nach rechts (zum Minuspol) durch das Messgerät.

5. Drehe den Magneten um und vertausche so die Magnetpole. Ändert sich der Zeiger- ausschlag?

6. Drehe die Induktionsspule um und wie- derhole Versuch 4.

7. Vertausche die Stecker an der Induktions- spule und wiederhole Versuch 4.

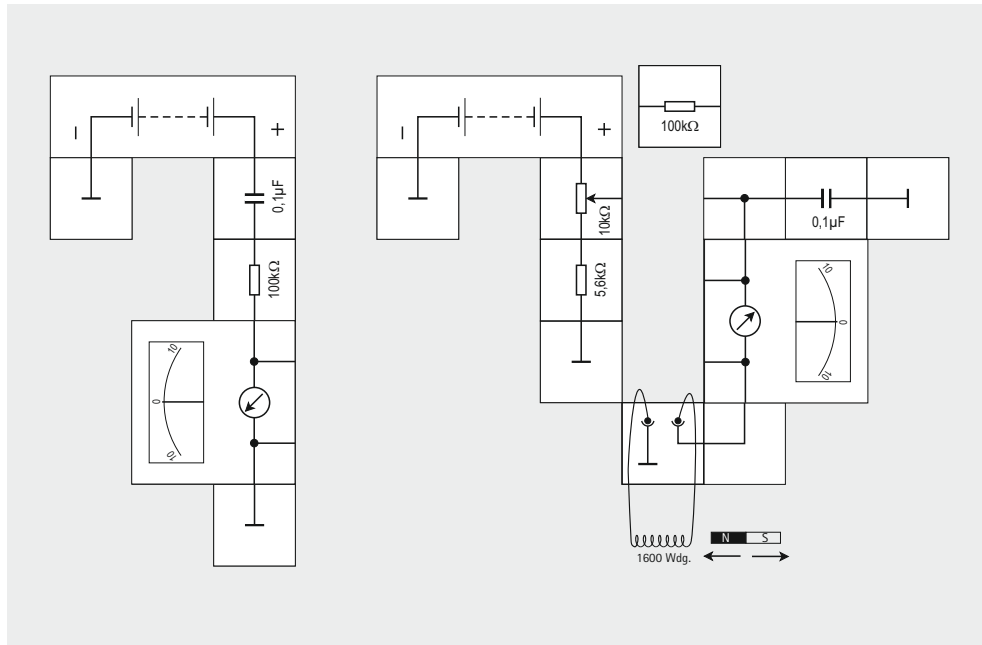
8. Bewege jetzt den Magneten einmal schnell, einmal langsam. Zeigerausschlag?

9. Wenn eine andere Spule zur Hand ist, so vergrößere oder verkleinere die Windungs- zahl der Induktionsspule durch Spulen- tausch. Ergebnis?

10. In den vorhergehenden Versuchen haben wir Induktionsströme wechselnder Stärke

und Richtung erzeugt. Wegen der ständig wechselnden Richtung nennen wir solchen Strom WECHSELSTROM. Ein Induktionsstrom kann nur fließen, wenn eine INDUKTIONSSPAN- NUNG vorhanden ist. Wovon ist die Induk- tionsspannung abhängig? Fasse zusammen!

11. Wir nehmen an, dass durch das Messge- rät ein gleichmäßig seine Richtung wech- selnder Induktionsstrom fließt. Weiter wol- len wir annehmen, dass unter dem Zeiger von oben nach unten ein Papierstreifen durchgezogen wird, und dass der Zeiger auf diesem mit konstanter Geschwindigkeit ge- zogenen Streifen schreiben kann. Wie wird die von der Zeigerspitze geschriebene Spur aussehen? Versuche zu zeichnen.



## Ein Kondensator im Gleichstrom- und Wechselstromkreis

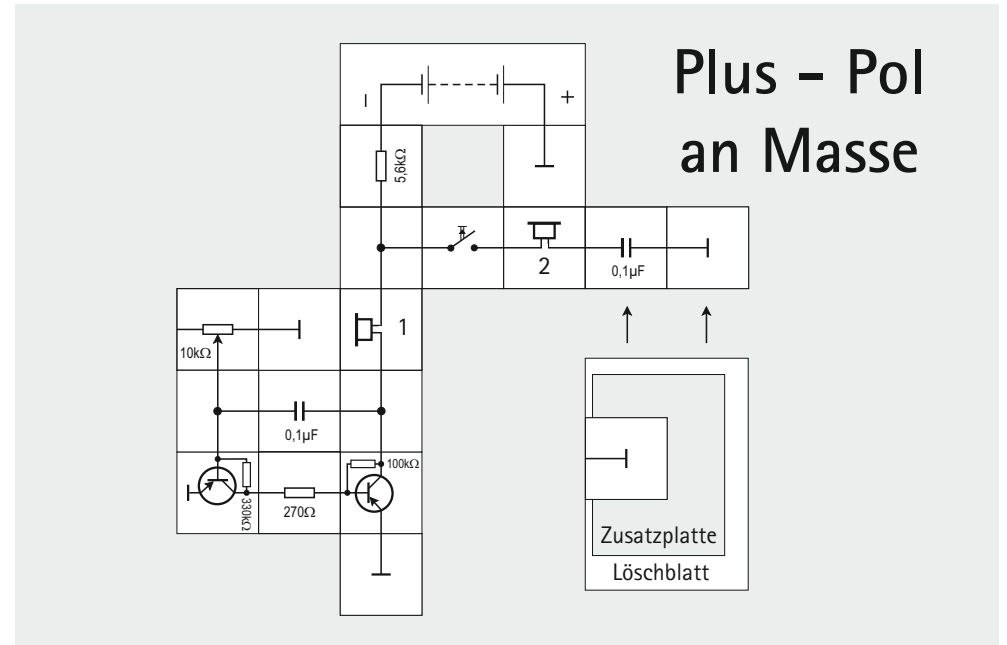
1. Baue die linke Schaltung auf. Der Kondensator soll zunächst noch fehlen; das Messgerät mit dem Vorwiderstand  $100\text{ k}\Omega$  wird direkt an die Batterie angeschlossen. Wie weit schlägt der Zeiger aus? Worauf deutet der unveränderliche Zeigerausschlag hin?

2. Füge jetzt den Kondensator in den Gleichstromkreis ein. Schlägt der Zeiger kurzzeitig aus? Begründung? Weshalb zeigt das Mess-

gerät hinterher keinen Strom mehr an? Welche Rolle spielt der Kondensator?

3. Wie verhält sich der Kondensator im Wechselstromkreis? Baue zunächst die aus Induktionsspule, Anschlussbaustein, Messgerät und Kondensator bestehende Seite der Schaltung zusammen.

Bewege den Magneten in der Spule hin und her. Ergebnis? Was bedeutet der Zeigerausschlag? Was ist bei Einsatz eines Instrumentes ohne Nullpunkt in der Skalenmitte störend? (Abhilfe siehe Nr.4) Beschreibe den Stromweg.

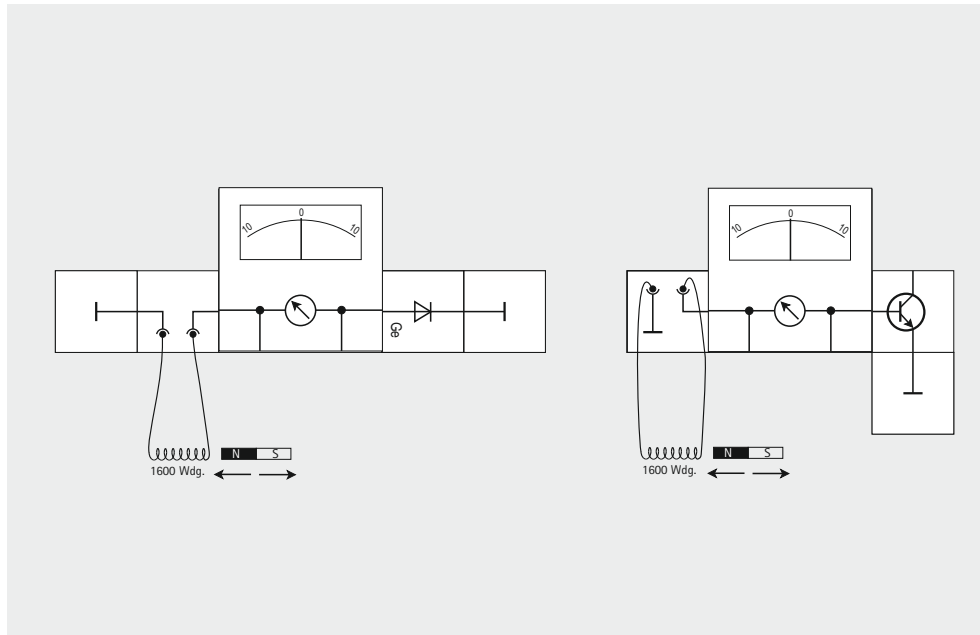


4. Wir schicken durch Einfügen des Widerstandsbausteines  $100\text{ k}\Omega$  einen Hilfsstrom durch das Messgerät und bringen durch Drehen am Potentiometerknopf den Zeiger in Mittelstellung. (Für die weiteren Versuche können wir den Hilfsstrom vernachlässigen).

Erzeuge durch Hin- und Herbewegen des Magneten in der Induktionsspule einen Wechselstrom. Was kann man aus der Zeigerbewegung ablesen? Welchen Weg nimmt der Strom? Unterscheide: a) Hinbewegung, b) Herbewegung des Magneten. Wie verhält sich also der Kondensator im Wechselstromkreis?

5. Baue einen Tongenerator mit einstellbarer Frequenz. Hörer 1 dient zur Kontrolle des Tones. Neben Hörer 2 befindet sich ein Kondensator. Betätige den Schalter. Welchen Weg nimmt der durch Hörer 2 fließende Wechselstrom?

6. Ersetze den neben Hörer 2 liegenden Kondensator  $0,1\text{ }\mu\text{F}$  und den Massebaustein durch den Aufbaukondensator, bestehend aus Löschblatt und Zusatzplatte. Betätige den Schalter. Versuchsergebnis? Begründung?



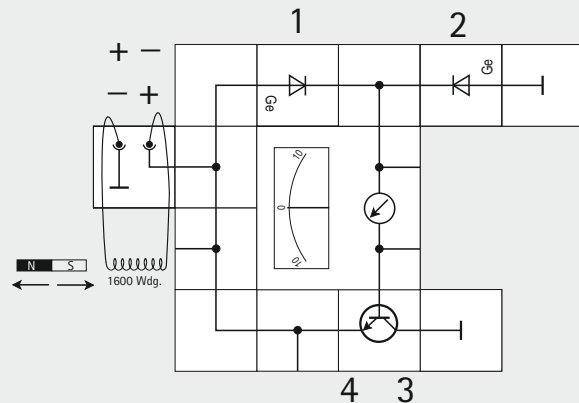
## Gleichrichten von Wechselstrom

1. Baue die linke Schaltung auf. Wie sind Diodenbaustein, Messgerät und Induktionsspule geschaltet?
2. Bewege den Magneten in der Induktionsspule hin und her. Achte genau auf den Zeigerausschlag des Messgerätes. Bedenke: Wenn der Zeiger nach rechts hin ausschlägt, fließt der Strom von links nach rechts durch das Messgerät. Versuchsergebnis? Welchen Weg nimmt der Strom?
3. Welche Eigenschaften hat die Halbleiterdiode im Gleichstromkreis? Weshalb bezeichnet man sie als ELEKTRISCHES VENTIL?

4. Wie verhält sich die Diode beim Anlegen einer Wechselspannung? Die Induktionsspule stellt beim Hin- und Herbewegen des Magneten eine Wechselspannungsquelle dar. Zeigerbewegung? Wie muss man den durch das Messgerät fließenden Strom nennen? Welche Aufgabe hat die Diode in diesem Versuch?
5. Tausche die Pole der Diode, so dass die Pfeilspitze nach links zeigt. Bewege den Magneten langsam in der Induktionsspule. Ergebnis? Was ist störend, wenn man kein Instrument mit dem Nullpunkt in der Mitte besitzt?

6. Baue die rechte Schaltung auf. Welcher Anschluss des Transistors liegt am Massebaustein, welcher am Messgerät?
7. Wie verhält sich die zwischen diesen beiden Anschlüssen liegende Sperrschicht des Transistors beim Anlegen einer Wechselspannung? Vergleiche mit Versuch 4.
8. Kann man auch die Kollektorsperrschicht (Kollektordiode) des Transistors so in den Stromkreis einbauen, dass der Zeiger des Messgerätes nach rechts ausschlägt? Ergebnis?

9. Ersetze in Versuch 2 die Diode durch den Widerstand  $10\text{ k}\Omega$  und nimm an, unter dem Zeiger des Messgerätes würde mit gleichmäßiger Geschwindigkeit von oben nach unten ein Papierstreifen durchgezogen, und die Zeigerspitze könnte auf diesem Papier schreiben. Welche Spur wird der Zeiger hinterlassen, wenn durch das Messgerät Wechselstrom fließt?
10. Ersetze den Widerstand  $10\text{ k}\Omega$  wieder durch die Diode. Bewege den Magneten in der Induktionsspule. Welche Spur wird die Zeigerspitze nun aufzeichnen?



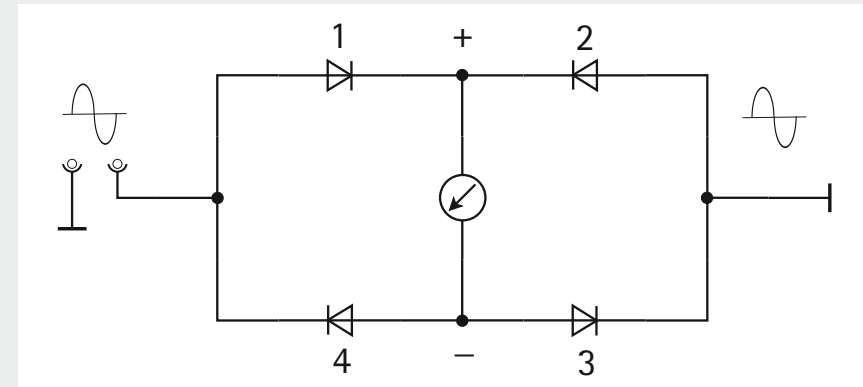
## Gleichrichtung mit 4 Diodenstrecken

1. Der Diodenbaustein mit der Halbleiterdiode gehört zu den gepolten Bausteinen. Weshalb?
2. In die Schaltung sind an zwei Stellen Diodenbausteine eingefügt. Gib die Durchlassrichtung der Diode an. Fließt der Strom bei der in Durchlassrichtung gepolten Diode von der Platte zur Anode? (Die Frage kann man im Experiment untersuchen, indem man eine Diode mit Glühlampe und Massebaustein in Reihe an die Batterie anschließt. Kurzzeitversuch!)
3. Neben den beiden Diodenbausteinen benutzen wir als dritte und vierte Sperrschicht die Emitter- und Kollektordiode des Transis-

tors. Gib die Durchlassrichtung dieser beiden Diodenstrecken an. (Versuch: Schalte den Widerstand  $270 \Omega$  mit Glühlampe, Transistorbaustein und Massebaustein in Reihe. Das Aufleuchten der Lampe zeigt die Durchlassrichtung an.)

4. Schließe an die fertige Schaltung die Induktionsspule an. Bewege den Stabmagneten in der Spule hin und her. Achte auf die Bewegung des Zeigers im Messgerät. Was kann man daraus schließen? Bedenke, dass in der Induktionsspule Wechselstrom erzeugt wird! Die Brücke aus vier Dioden heißt GRÄTZBRÜCKE.

5. Wir untersuchen genauer, in welcher Richtung der Strom durch die Schaltung fließt. Offenbar gibt es mehrere Möglichkeiten.



a) Spule und Magnet seien so gepolt, dass beim Hineinführen des Magneten in die Induktionsspule der Minuspol am T-Stück, der Pluspol am Massebaustein liegt. Beachte die Durchlassrichtungen der vier Diodenstrecken und beschreibe den Stromweg. Der Strom geht vom Pluspol aus und fließt zum Minuspol hin.

b) Beim Herausziehen des Magneten aus der Induktionsspule liegt der Pluspol am T-Stück und der Minuspol am Massebaustein. Welchen Weg nimmt der Elektronenstrom nun?

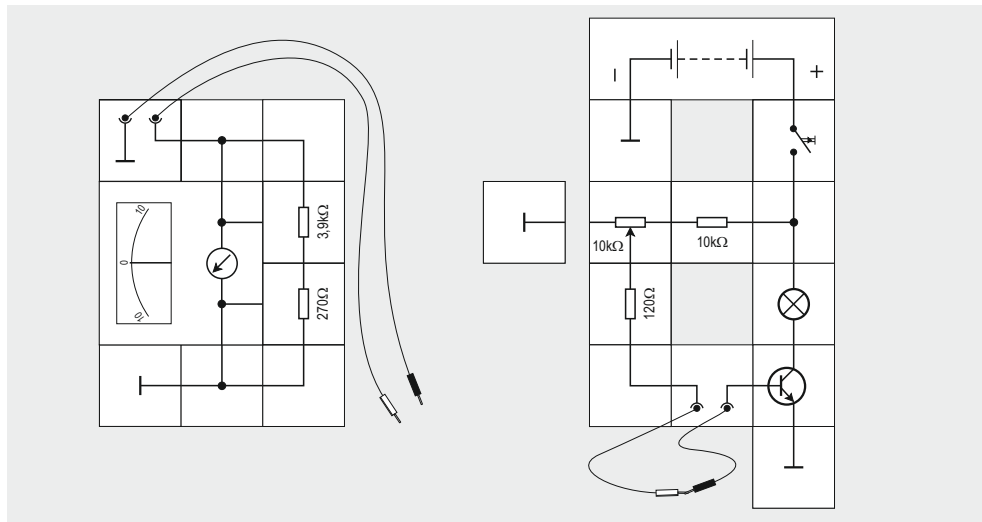
6. Entferne den oben links liegenden Diodenbaustein (Diode 1) vorübergehend aus der Schaltung. Erzeuge durch Bewegen des Stabmagneten eine Wechselspannung.

Zeigerausschlag? Welcher der in Versuch 5a / 5b beschriebenen Stromwege ist unterbrochen?

7. Entferne vorübergehend den oben rechts liegenden Diodenbaustein (Diode 2) aus der Schaltung. Zeigerausschlag? Welcher Stromweg ist unterbrochen?

8. Entferne vorübergehend den Transistorbaustein mit den Dioden 3 und 4 aus der Schaltung. Zeigerausschlag? Welcher Stromweg ist unterbrochen?

9. Ziehe in Gedanken einen Papierstreifen von links nach rechts unter dem Messgerät durch und versuche, die Bewegung der Zeigerspitze als Kurve aufzuzeichnen. Welche Spur würde der Zeiger in Versuch 6, 7 und 5 hinterlassen?



## Der Transistor steuert die Helligkeit einer Glühlampe

1. Baue den Grundversuch auf. Die beiden Buchsen des Trennbausteines sind durch die Prüfschnüre verbunden. Betätige den Schalter. Beobachtung?
2. Welchen Weg nimmt der durch die Glühlampe fließende Strom? Weil die Glühlampe mit dem Kollektoranschluss des Transistors verbunden ist, nennen wir diesen Stromweg **KOLLEKTORSTROMKREIS**. Beschreibe ihn.
3. Entferne vorübergehend den Massebaustein am Emitter des Transistors und betätige den Schalter. Ergebnis? Begründung?
4. Drücke den Schalterknopf nieder und

drehe gleichzeitig am Einstellknopf des Potentiometerbausteines. Beobachtung? Was ist bemerkenswert?

5. Das zwischen Schalter und Glühlampe liegende T - Stück ist der Beginn einer Stromverzweigung. Der Strom kann von hier auf einem zweiten Weg weiterfließen, der zur Basis des Transistors führt. Beschreibe diesen **BASISSTROMKREIS**.
6. Unterbrich die Steckerverbindung am Trennbaustein und betätige den Schalter. Ergebnis? Begründung? Wurde der Kollektorstromkreis unterbrochen?
7. Ersetze die Glühlampe vorübergehend durch den Widerstandsbaustein  $120\ \Omega$  und füge statt des Widerstandes die Glühlampe in den Basisstromkreis ein.

Betätige den Schalter. Ergebnis? Was bedeutet das?

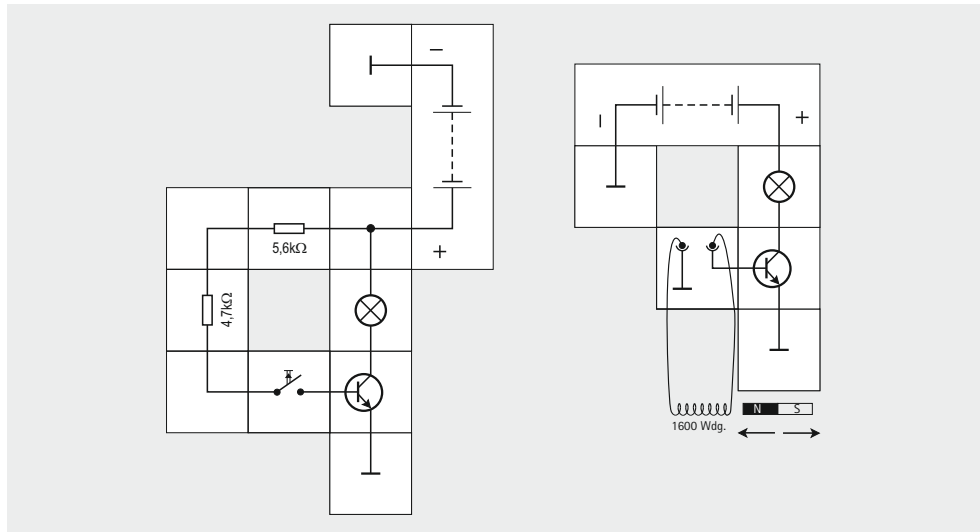
8. Setze den freien Massebaustein links an das Potentiometer. Jetzt ist eine **SPANNUNGSTEILERSCHALTUNG** entstanden, der Basisstrom lässt sich damit besser einstellen als bisher. Schalte ein und drehe am Knopf des Potentiometerbausteines. Versuchsergebnis?
9. Wir wollen den Basisstrom messen. Baue auf der Zusatzplatte das Messgerät als Mikroamperemeter mit dem Messbereich von etwa  $200\ \mu\text{A}$  auf. Die Zusatzplatte mit dem Messgerät soll neben der Aufbauplatte liegen und darf die Aufbauplatte nicht berühren. Stelle durch Zusammenfügen der Steckerschnüre die Verbindung zwischen Messgerät und Trennbaustein her.

Der Basisstrom fließt jetzt durch das Amperemeter.

Stelle am Potentiometer den Basisstrom so ein, dass der Glühfaden der Glühlampe im Kollektorstromkreis kaum sichtbar glüht. Wie stark ist jetzt der im Basisstromkreis fließende Strom?

10. Der Emitteranschluss des Transistors ist sowohl Bestandteil des Basisstromkreises als auch des Kollektorstromkreises.

Kollektorstrom und Basisstrom fließen beide durch den Emitter des Transistors in die Aufbauplatte; diese Schaltungsart nennt man **EMITTERSCHALTUNG**.



## Der Transistor als Schalter

1. Baue zuerst den links abgebildeten Versuch auf und betätige den Schalter. Ergebnis? Es gibt einen Basisstromkreis und einen Kollektorstromkreis.

In welchem Kreis liegt die Glühlampe und in welchem der Schalter?

2. Beschreibe den Kollektorstromkreis.

3. Beschreibe den Basisstromkreis.

4. Der Basiskreis kann, ohne den Kollektorstromkreis zu zerstören, an 7 Stellen unterbrochen werden. Prüfe nach.

5. Welche Aufgabe erfüllt in Versuch 1 der Schalter, und was ist die Aufgabe des Transistors?

6. Ersetze den Schalter durch den darunterliegenden Trennbaustein mit 2 Prüfschnüren. Darf man die Steckerspitzen zusammenhalten? Ergebnis?

7. Halte die Steckerspitzen in einen Wassertropfen, der sich nicht auf der Aufbauplatte befinden darf. Verändere den Abstand der Steckerspitzen. Welchen Weg nimmt der Basisstrom?

8. Wie könnte man diesen Versuch zu einer »Regenwarnanlage« ausbauen?

9. Fasse die Steckerspitzen mit trockenen und feuchten Fingern an. Feststellung?

10. Baue den rechts abgebildeten Versuch auf und schließe die Induktionsspule an die Basis des Transistors an. Bewege den Stabmagneten ruckartig in der Spule hin und her. Ergebnis? 11. Vertausche vorübergehend:

a) die Pole des Stabmagneten (Magnet umdrehen)

b) die beiden Stecker an den Buchsen des Trennbausteines

c) die Bananenstecker an den Buchsen der Induktionsspule.

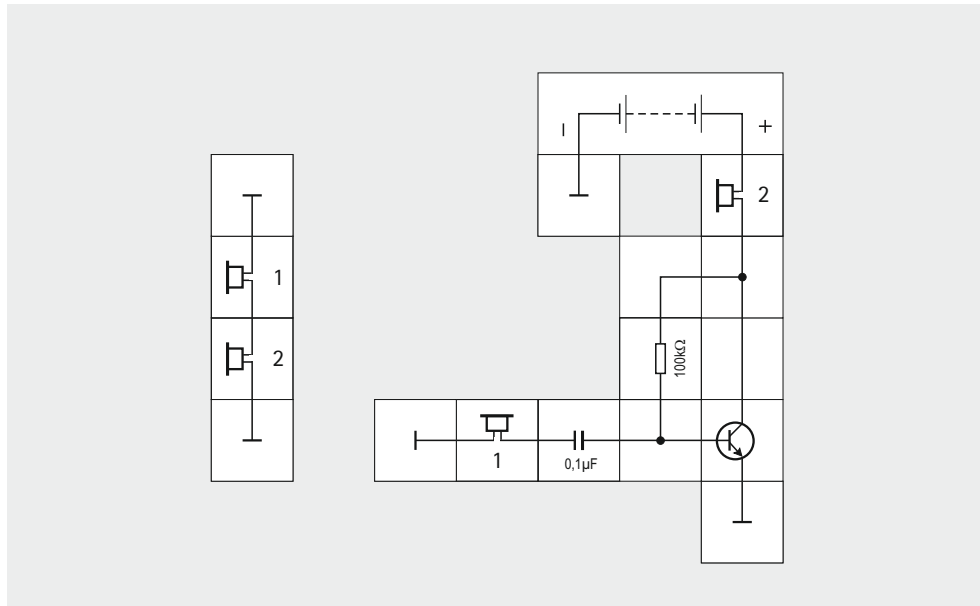
12. Beschreibe den Kollektorstromkreis und den Weg des Basisstromes.

13. An wieviel Stellen kann man den Kollektorstromkreis unterbrechen und an wieviel Stellen ist eine Unterbrechung des Basisstromkreises möglich?

14. Weshalb leuchtet die Lampe nur bei der Hinbewegung des Magneten auf, nicht aber bei der Herbewegung? (Oder umgekehrt, je nach Polung der Induktionsspule). Welche Rolle spielt hierbei die Basis - Emitterdiode?

15. Vergleiche den Basisstromkreis aus Versuch 1 mit dem Basiskreis aus Versuch 10. Worin besteht der grundsätzliche Unterschied?





## Der Transistor als Verstärker

1. Baue den links abgebildeten Versuch auf und schalte zwei Ohrhörer in Reihe. Versuche, an Hörer 1 mit dem Fingernagel zu kratzen oder dagegen zu klopfen. Dann dient Hörer 1 als Mikrofon, Hörer 2 als Lautsprecher. Welchen Weg nimmt der Strom?
2. Gelingt es auch, an Hörer 2 zu klopfen und an Hörer 1 zu horchen?
3. Leider sind die wahrnehmbaren Geräusche sehr schwach. Füge nach dem rechts

aufgebauten Versuch zwischen die beiden Hörer einen Transistorbaustein, einen Widerstand  $100\text{ k}\Omega$  und einen Kondensator. Welcher Hörer dient jetzt als Mikrofon und welcher als Lautsprecher? Lassen sich Geräusche vernehmen?

4. Ist es möglich, wie in Versuch 2 die Rolle der beiden Hörer zu tauschen?
5. Welche Aufgabe erfüllt der Kondensator? Lege Hörer 1 auf eine Armbanduhr achte auf die Lautstärke des Tickens, entferne den Kon-

densator vorübergehend aus der Schaltung und setze den Ohrhörer 1 direkt an die Basis des Transistors. Ergebnis? Ist der Kondensator überflüssig?

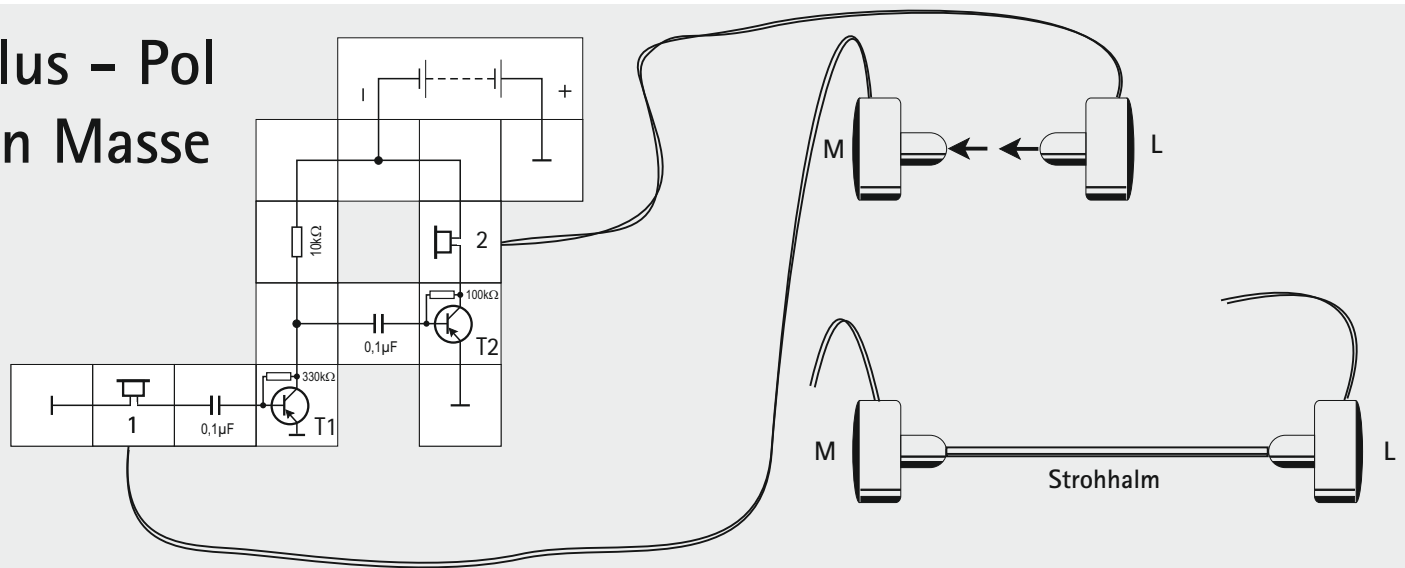
6. Welchen Weg nimmt der durch den Lautsprecher (Hörer 2) fließende Strom? Beschreibe den Kollektorstromkreis.
7. Welchen Weg nimmt der durch das Mikrofon (Hörer 1) fließende Strom? Beschreibe den Basisstromkreis. Welche Rolle spielt der im Basiskreis liegende Kondensa-

tor? Bedenke, dass der als Mikrofon arbeitende Ohrhörer Wechselfspannung erzeugt.

8. Welche Aufgabe hat der Transistor in diesem Versuch?
9. Kann man den Kollektor - Basis - Widerstand  $100\text{ k}\Omega$  weglassen?
10. Wiederhole Versuch 5 und entferne den Kondensator aus der Schaltung. Feststellung? Begründung? Kann man den Kondensator weglassen?



## Plus - Pol an Masse



### Verstärkung mit zwei Transistoren

1. Auf die erste Verstärkerstufe mit dem Transistor  $T_1$ , in dessen Basiskreis das Mikrofon liegt, folgt die zweite Verstärkerstufe mit dem Transistor  $T_2$ , in dessen Kollektorkreis der Lautsprecher eingefügt ist. Lege das Mikrofon auf eine Armbanduhr oder klopfe daran und horche am Lautsprecher. Ergebnis?

2. Lege Lautsprecher und Mikrofon mit 5 mm Abstand nebeneinander. Ergebnis? Vertausche auch die Mikrofonanschlüsse durch Umdrehen des Bausteines, so dass die Anschlusschnur jetzt im Gegensatz zum Schaltbild »nach oben« herausführt. Feststellung?

3. Die Erscheinung nennt man **AKUSTISCHE RÜCKKOPPLUNG**. Wie kommt sie zustande? Was bedeuten im Bild die Pfeile zwischen den Ohrhörern?

4. Der Abstand zwischen Lautsprecher und Mikrofon kann in Millimetern gemessen werden, er ist ein Maß für den Grad der Verstärkung. Weshalb verstummt der **RÜCKKOPPLUNGSTON**, wenn der Abstand zwischen den Ohrhörern zu groß wird?

5. Untersuche den Basiskreis des ersten Transistors und begründe die Versuchsergebnisse. Ist ein Rückkopplungston zu hören, wenn  
a) der Koppelkondensator an der Basis von  $T_1$  fehlt? (Mikrofon direkt an die Basis anschließen).  
b) Mikrofon und Koppelkondensator ihren

Platz tauschen? (Mikrofon direkt an die Basis, Kondensator zwischen Mikrofon und Massebaustein).

c) der Massebaustein links vom Ohrörer fehlt?

6. Welche elektronischen Bauelemente gehören zum Basiskreis und welche zum Kollektorkreis des Transistors  $T_1$ ? Beschreibe den Stromweg!

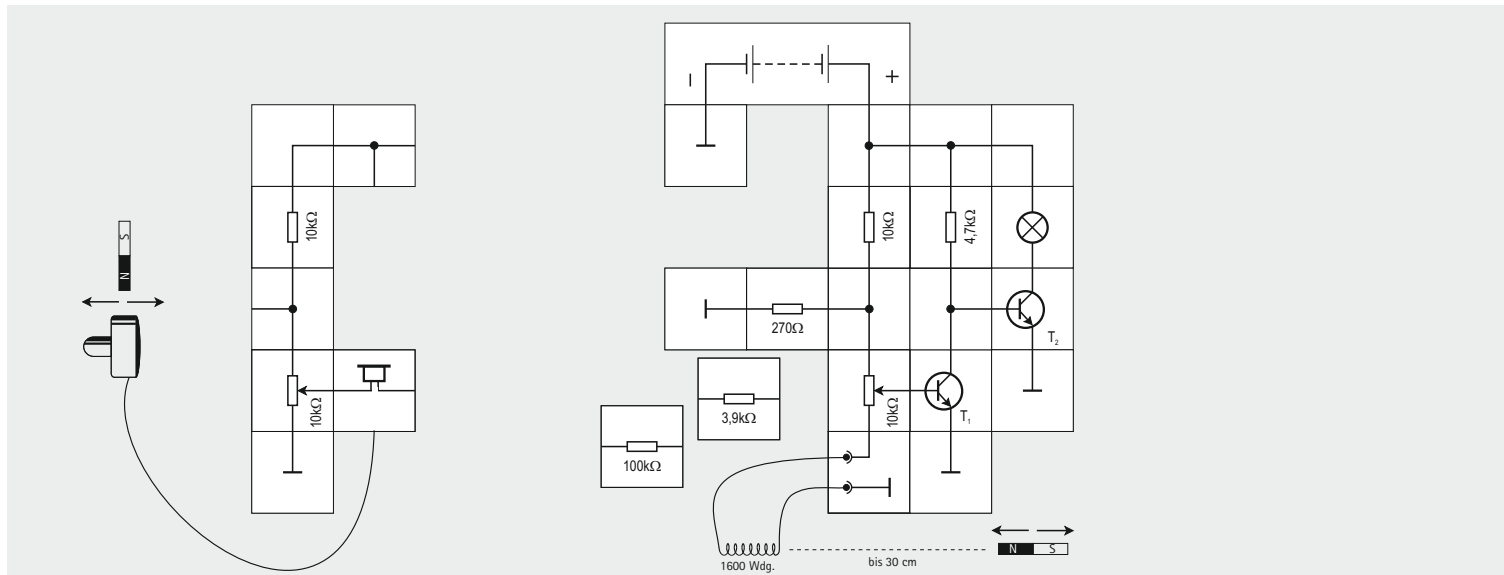
7. Untersuche den Basiskreis des zweiten Transistors und begründe die Versuchsergebnisse. Die Basis von  $T_2$  ist über den Kondensator  $0,1\mu\text{F}$  mit dem Kollektor von  $T_1$  gekoppelt. Dieser **KOPPELKONDENSATOR** wirkt als Sperre für Gleichstrom und lässt Wechselstrom zur Basis von  $T_2$  durch.

Ändert sich die Verstärkung (Abstand der Ohrörer), wenn man den Widerstand  $10\text{ k}\Omega$ , der im Kollektorkreis von  $T_1$  liegt

- auf  $100\text{ k}\Omega$  vergrößert? (Widerstand  $10\text{ k}\Omega$  durch Baustein  $100\text{ k}\Omega$  ersetzen)
- auf  $5,6\text{ k}\Omega$  oder  $3,9\text{ k}\Omega$  verkleinert?
- auf  $270\Omega$  verkleinert?

8. Beschreibe Basiskreis und Kollektorkreis des Transistors  $T_2$ .

9. Ist ein Rückkopplungston zu hören, wenn man
- a) den Koppelkondensator an der Basis von  $T_2$  durch den Widerstand  $100\text{ k}\Omega$  ersetzt?
  - b) den Massebaustein am Emitter von  $T_2$  entfernt?



## Verstärker mit Glühlampe als Stromanzeiger, Messen der Stromverstärkung

1. Ehe wir die mit zwei Transistoren erzielbare Stromverstärkung messen, wollen wir die Leistungsfähigkeit einer Verstärkerschaltung untersuchen. Wie ist die Induktionsspule mit der Basis von  $T_1$  gekoppelt? Wie ist die Basis von  $T_2$  mit der ersten Verstärkerstufe gekoppelt?
2. Drehe den Knopf des Potentiometers von Anschlag zu Anschlag. Beobachtung? Welche Aufgabe hat das Potentiometer?
3. Vergrößere den Widerstand  $270 \Omega$  auf  $3,9 \text{ k}\Omega$  und wiederhole Versuch 2.

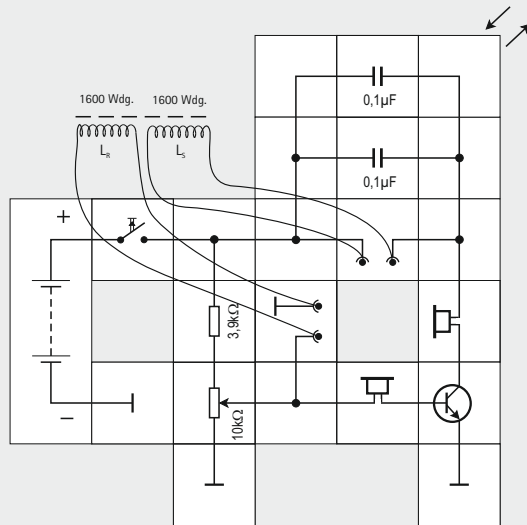
4. Vergrößere den Widerstand  $3,9 \text{ k}\Omega$  auf  $100 \text{ k}\Omega$  und versuche, durch Drehen am Potentiometerknopf den Glühfaden zum schwachen Leuchten zu bringen. Ist das zu schwierig, so arbeite mit dem Widerstand  $3,9 \text{ k}\Omega$ .
5. Bewege den Stabmagneten in der Nähe der Induktionsspule hin und her. Was zeigt die Änderung der Glühlampenhelligkeit an?
6. Beobachte die auf geringste Helligkeit eingestellte Glühlampe, stecke den Stabmagneten langsam in die Induktionsspule hinein und ziehe ihn langsam heraus. Bewege den Magneten schneller. Feststellung? Begründung?
7. Lege in die Spule einen Eisenkern (I-Kern,

notfalls einige Nägel). Lässt sich noch aus 30 cm Entfernung eine Beeinflussung der Glühlampenhelligkeit durch Magnetbewegung erreichen?

8. Stelle die Glühlampe auf geringste Helligkeit ein. Hebe die Spule mit Eisenkern an der Prüfschnüren ein wenig hoch und drehe sie so, dass der Eisenkern einmal in Nord/Süd -, einmal in Ost/West - Richtung zeigt. Beobachtung? Deutung? Spielt bei diesem Versuch das Magnetfeld der Erde eine Rolle?

9. Verwende jetzt die Spule des Ohrhörers als Induktionsspule. Zur besseren Anpassung muss die Schaltung geringfügig geändert werden. Stelle die Lampenhelligkeit so ein, dass der Faden kaum noch glüht.

- a) Bewege den Ohrhörer in der Nähe eines Magneten hin und her. Ergebnis?
- b) Puste oder pfeife in das Schallloch des Ohrhörers hinein. Feststellung?
- c) Pfeife auch Morsezeichen. Wie lässt sich dieser Versuch zu einem Lichttelefon ausbauen? Wie müsste der entsprechende Empfänger beschaffen sein? Weshalb ist es für eine dritte Person fast unmöglich, ein mit unsichtbarem Infrarotlicht geführtes Licht - Ferngespräch abzu hören? Weshalb spielt die Entfernung der lichttelefonierenden Personen eine große Rolle?



## Schwingkreis mit induktiver Rückkopplung

1. Für diesen Versuch sind zwei Spulen mit 1000 bis 1600 Windungen nötig. In welchem Stromkreis des Transistors liegt die Schwingenspule  $L_s$ , in welchem Kreis die Rückkopplungsspule  $L_r$ ?
2. Stelle beide Spulen nebeneinander, drehe den Knopf des Potentiometerbausteines bis zum Anschlag im Uhrzeigersinn herum und betätige den Schalter. Ist ein Ton zu hören? Wenn nicht, tausche die Stecker an der Rückkopplungsspule. Welche Aufgabe erfüllt der Potentiometerbaustein als Spannungsteiler

in der Schaltung?

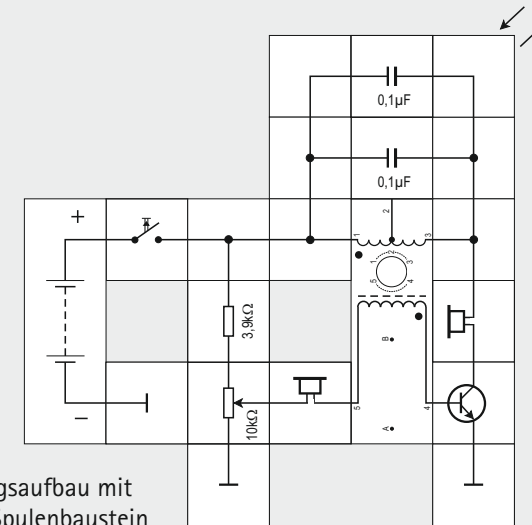
3. Die hörbare Tonschwingung wird im Schwingkreis erzeugt. Der Schwingkreis unserer Schaltung ist mit 4 T - Stücken und 2 Winkeln aufgebaut. Aus welchen elektronischen Bauelementen besteht der Schwingkreis? Wie sind diese Elemente geschaltet?
4. Vergleiche die Lautstärke der beiden Ohrhörer. Besteht ein Unterschied? Weshalb?
5. Fließt ein Basisstrom? Unterbrich durch Absetzen des Anschlussbausteines vorübergehend den Basiskreis. Ergebnis?
6. Woher stammen die Steuersignale im Basiskreis? Ist eine Stromquelle dafür vor-

handen?

7. Um welche Art der Rückkopplung handelt es sich in diesem Versuch?
8. Was geschieht, wenn man den Abstand zwischen den beiden Spulen vergrößert?
9. Lege in die Schwingenspule einen Eisenkern! Feststellung? Verändere den Abstand zur Rückkopplungsspule.
10. Lege den Eisenkern in die Rückkopplungsspule und verändere den Abstand zur Schwingenspule.
11. Entferne vorübergehend einen Kondensator aus der Schaltung.
12. Verändere die Kapazität im Schwing-

kreis:

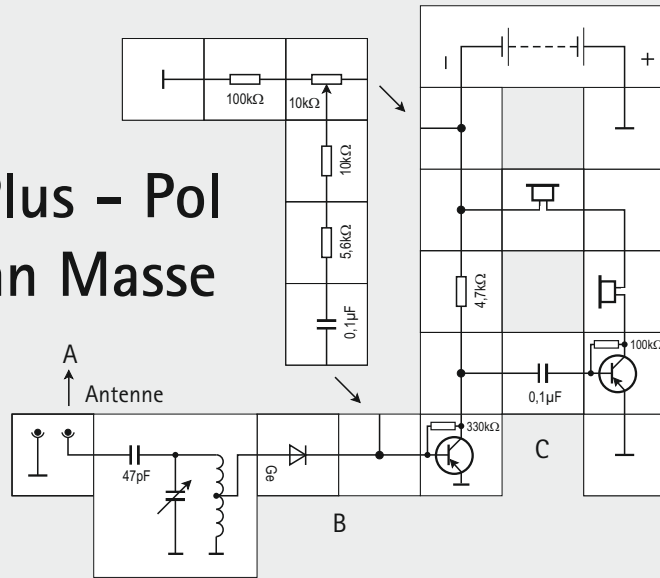
- a) Ein Kondensator  $0,1 \mu\text{F}$ ; Gesamtkapazität  $C_{\text{ges}} = 0,1 \mu\text{F}$ .
  - b) Zwei Kondensatoren  $0,1 \mu\text{F}$  in Parallelschaltung;  $C_{\text{ges}} = ?$
  - c) Zwei Kondensatoren  $0,1 \mu\text{F}$  in Reihenschaltung;  $C_{\text{ges}} = ?$
- Achte jedesmal auf die Frequenz (Tonhöhe) der erzeugten Schwingung. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Schwingkreis Kapazität und Frequenz?
13. Wie arbeitet der Schwingkreis?
  14. Weshalb ist die »richtige« Polung von  $L_s$  und  $L_r$  sehr wichtig? Begründe!



Schaltungsaufbau mit LECTRON Spulenbaustein



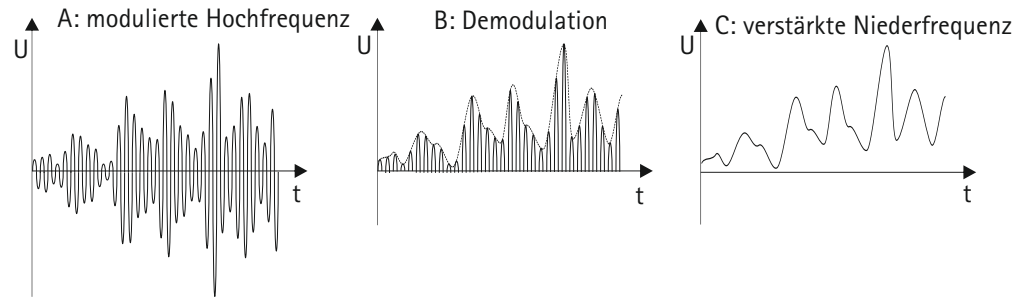
## Plus - Pol an Masse



### Rundfunkempfänger

1. Baue die Empfängerschaltung auf und nimm sie in Betrieb. Stelle eine Verbindung zwischen Abstimmbaustein und Wasserleitung oder Heizungskörper her (Antenne). Fasse mit der Hand auf die Aufbauplatte (Erde). Ist ein Sender zu hören?
2. Versuche, einen anderen Sender einzustellen. Wie macht man das?

3. Welche elektronischen Bauelemente enthält der Abstimmbaustein? Welches abstimmbare Element verbirgt sich unter dem Drehknopf? Schaltzeichen?
4. Welche Aufgabe hat der Abstimmbaustein? Bedenke, dass jeder Schwingkreis eine durch L und C bestimmte Eigenfrequenz hat. Wie schnell schwingt unser Kreis? Ist diese Frequenz hörbar?
5. Welche Aufgabe hat die Diode? Entferne



sie vorübergehend und setze den Abstimmbaustein direkt an das T - Stück (Basis). Ist die Diode überflüssig? Baue versuchsweise auch die andere verfügbare Diode in die Schaltung ein.

6. Könnte man mit direkt hinter die Diode geschalteten Ohrhörern auch Empfang haben? Der Empfänger würde dann also nur aus Abstimmbaustein, Diode, Ohrhörer und Massebaustein bestehen. Funktioniert das? Angenommen, wir würden eine ausgezeichnete Hochantenne benutzen?

7. Welche elektronischen Bauelemente gehören zum Verstärkerenteil? Es handelt sich um einen Verstärker für Niederfrequenz (NF - Verstärker). Welche Aufgabe hat dieser Teil des Empfängers?

8. Beschreibe die Lage von Eingang und Ausgang des Verstärkers innerhalb der Empfängerschaltung.

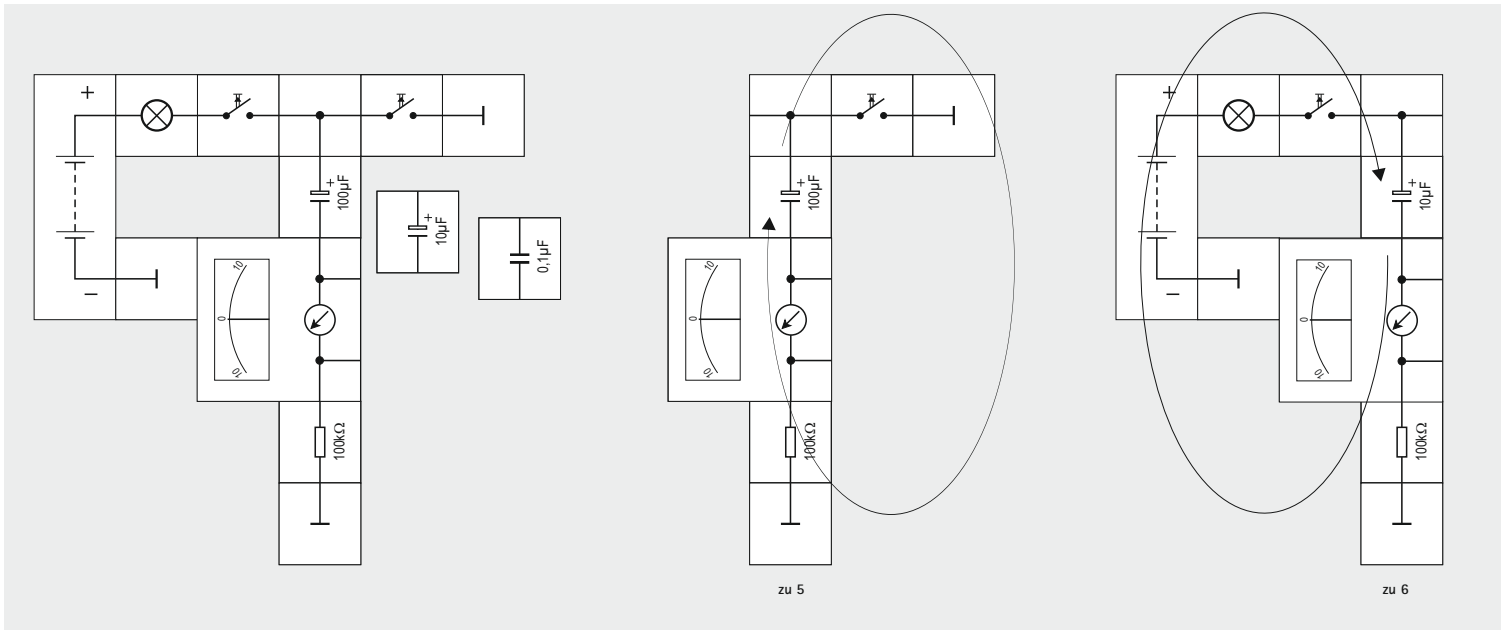
9. Wie erfolgt die Steuerung des Verstär-

10. Wir wollen die Lautstärke unseres Empfängers erhöhen, ohne den eigentlichen NF - Verstärker oder die Antennenverhältnisse zu verändern. Drehe den Potentiometerknopf bis zum Anschlag in Gegenuhrzeigerrichtung und füge das Potentiometer mit drei Widerständen und dem Kondensator an die beiden freien T - Stücke an. Drehe den Reglerknopf erst in Uhrzeigerrichtung, bis ein Pfeifton einsetzt, dann drehe ein wenig zurück. Ergebnis?

11. Welche Punkte der Schaltung werden in Versuch 10 verbunden?

12. Ist es eine galvanische Verbindung, eine für Gleichstrom passierbare Verbindung? Welche Aufgabe hat der Kondensator?

13. Wie nennt man den Kondensator, wie heißt diese Art der Schaltung, und weshalb erhöht sich beim Drehen des Potentiometerknopfes die Lautstärke?



## Kondensatoren verschiedener Kapazität werden geladen und entladen

### Aufladen eines Elektrolytkondensators

1. Der Kondensatorbaustein mit dem Aufdruck  $100\mu\text{F}$  (100 Mikrofarad) enthält einen Elektrolytkondensator, dessen Schaltsymbol aus einer schwarzen und einer weißen Platte besteht. Die schwarze Platte muss immer mit dem negativeren Potential verbunden sein.

2. Setze den Kondensatorbaustein von der Kapazität  $100\mu\text{F}$  richtig gepolt in die Schaltung und betätige den linken Schalter. Durch das Messgerät fließt der Aufladestrom des

Kondensators. Wie stark ist dieser Strom? Was fällt auf?

3. Welchen Weg nimmt der Aufladestrom? Woher kommen die durch das Messgerät fließenden Elektronen? Aus der Batterie? Fließt ein Strom durch den Kondensator?

### Entladen des Elektrolytkondensators

4. Betätige nun zum Entladen den rechten Schalter. Durch das Messgerät fließt der Entladestrom des Kondensators. Ist dieser Strom von gleichbleibender Stärke? Was fällt auf?

5. Welchen Weg nimmt der Entladestrom

des Kondensators? Woher kommen die durch

das Messgerät fließenden Elektronen? Wohin fließt dieser Strom? Zur Batterie? Oder ist die Batterie bei der Entladung des Kondensators gar nicht nötig? Beschreibe, durch welche Bausteine unserer Schaltung der Entladestrom fließt. Bedenke: Der Strom beginnt am Pluspol und endet am Minuspol der Stromquelle.

### Aufladen und Entladen von Kondensatoren mit geringerer Kapazität

6. Setze den Elektrolytkondensator von der Kapazität  $10\mu\text{F}$  richtig gepolt in die Schal-

tung und betätige den linken Schalter. Durch das Messgerät fließt der Aufladestrom. Verfolge anhand des Schaltbildes, durch welche Bausteine der Aufladestrom fließt. Die Pfeile geben die Richtung des Stromes an. Beachte die Zeitdauer der Aufladung und vergleiche sie mit der Aufladedauer des Kondensators  $100\mu\text{F}$ . Ergebnis?

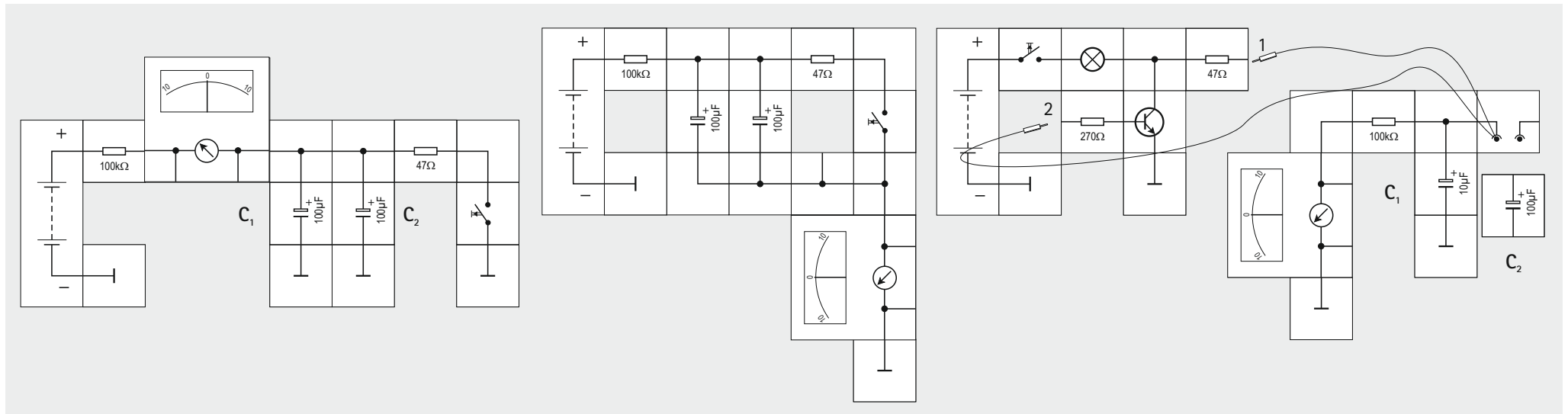
7. Entlade nun den Kondensator durch Betätigen des rechten Schalters ähnlich dem Versuch 5. Wie lange dauert die Entladung des Kondensators  $10\mu\text{F}$ ? Ebensolange wie die Aufladung?

8. Noch geringer ist die Kapazität des Kondensators  $0,1\mu\text{F}$ . Dieser Baustein enthält einen ungepolten Kondensator. Setze ihn an die Stelle des  $10\mu\text{F}$  Kondensators, lade und entlade ihn. Achte dabei sehr genau auf den Ausschlag des Messgerätes.

9. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Kapazität eines Kondensators und der Auflade- und Entladezeit? Schreibe als Versuchsergebnis: Je ..... größer die ..... ist, desto ..... dauert .....

### Verschiedene Kondensatortypen und ihre technischen Kennzeichen

10. Zum Schluss schauen wir in das Innere der Kondensator - Bausteine hinein. Wie sieht ein Elektrolytkondensator aus? Wie ist dessen Pluspol gekennzeichnet? Welche Form hat der Kondensator  $0,1\mu\text{F}$ ? Ließe sich ein Kondensator dieser Bauart, aber von der



## Parallelschaltung von Kondensatoren

### Parallelschaltung von zwei Kondensatoren gleicher Kapazität

1. Achte auf die richtige Polung des Kondensators!  $C_2$  wird zunächst nicht eingebaut. Entlade in der linken Schaltung den Kondensator  $C_1$  von der Kapazität  $100\mu\text{F}$  durch Betätigen des Tasters. Der durch das Messgerät fließende Aufladestrom läßt den Zeiger ausschlagen. Stromweg des Entladestromes? Weg des Aufladestromes?

2. In welcher Zeit ist der Aufladestrom vom Anfangswert  $90\mu\text{A}$  auf  $20\mu\text{A}$  abgesunken?

3. Schalte dem Kondensator  $C_1$  von  $100\mu\text{F}$  einen Kondensator  $C_2$  von gleicher Kapazität parallel (linkes Bild). In welcher Zeit sinkt der Aufladestrom vom Anfangswert  $90\mu\text{A}$  bis

auf  $20\mu\text{A}$  ab?

4. Wurde durch das Parallelschalten des zweiten Kondensators die Gesamtkapazität größer oder kleiner? Begründe das.

### Parallelschalten von zwei Kondensatoren verschiedener Kapazität

5. Schalte  $C_1 = 100\mu\text{F}$  parallel mit  $C_2 = 10\mu\text{F}$ . Ermittle die Aufladezeit.

6. Wie groß ist die Aufladezeit für den Kondensator  $10\mu\text{F}$  allein? Das kann man durch einen Versuch ähnlich V1 oder durch Überlegen herausbekommen!  $10\mu\text{F}$  ist ein Zehntel von  $100\mu\text{F}$ .

7. Baue die neue Schaltung auf. Es sind nochmals zwei Kondensatoren parallel geschaltet. Drücke kurz auf den Taster. Jetzt werden die Kondensatoren entladen. In welcher Zeit

sinkt der Aufladestrom vom Anfangswert bis auf  $20\mu\text{A}$  ab? Vergleiche mit dem Ergebnis aus V3.

8. Welcher Teil des Aufladestromes wurde in V3 gemessen? Welcher Teil wurde in V7 gemessen? Sind in beiden Versuchen die Ströme gleich stark? Was bedeutet das?

### Der Entladestrom des Kondensators läßt eine Glühlampe aufleuchten.

9. Zum Verstärken des schwachen Entladestromes benutzen wir einen Transistor. Halte zum Aufladen des Kondensators  $C_1 = 10\mu\text{F}$  den Stecker an den Widerstand  $47\Omega$  (Punkt 1).

10. Halte zum Entladen des Kondensators den Stecker an den Widerstand  $270\Omega$  (Punkt 2). Durch diesen Widerstand fließt der Entladestrom zur Transistorbasis. Wie

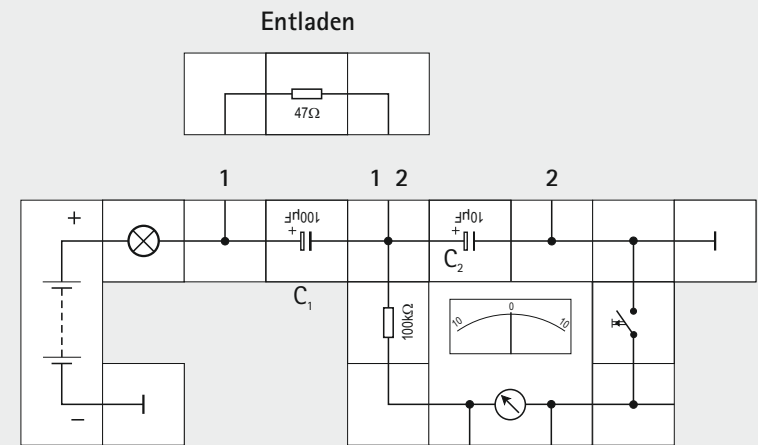
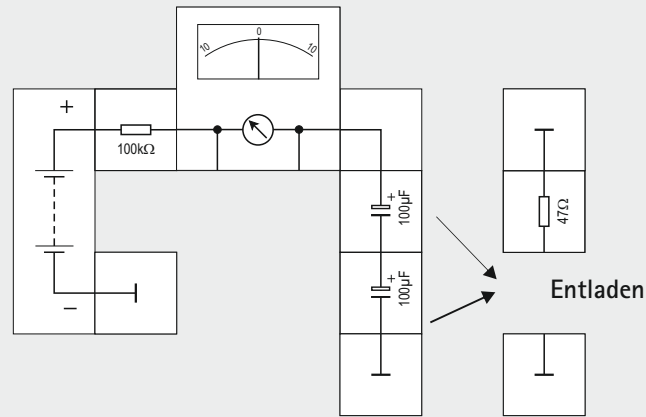
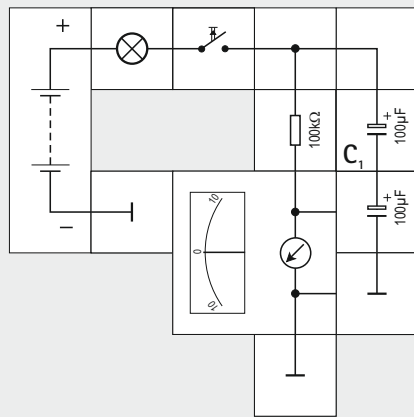
lange leuchtet die Lampe?

11. Wiederhole V9 und V10 mit dem Kondensator  $C_2 = 100\mu\text{F}$ . Tippe wiederum zum Aufladen Punkt 1 und zum Entladen Punkt 2 an. Besteht ein Zusammenhang zwischen Leuchtdauer der Lampe und Kondensatorkapazität?

12. Welchen Weg nimmt der Aufladestrom in V9? Weg des Entladestromes in V10?

13. Das Messgerät zeigt die Ladespannung des Kondensators an. Was geschieht, wenn man zwischen Antippen der Punkte 1 und 2 eine Pause macht?

14. Welchen Weg nimmt der durch die Glühlampe fließende Strom? Welche Aufgabe hat der Transistor in diesem Versuch?



## Reihenschaltung von Kondensatoren

### Entladestrom von in Reihe geschalteten Kondensatoren

1. Lade die in Reihe geschalteten Kondensatoren  $C_1 = 100\mu\text{F}$  und  $C_2 = 100\mu\text{F}$  durch Niederdrücken des Tasters. Beachte die Polung der Kondensatoren. Welchen Weg nimmt der Aufladestrom? Auf welchem Weg entladen sich die beiden Kondensatoren? (Linkes Schaltbild.)
2. In welcher Zeit sinkt der Entladestrom der Kondensatorkette vom Anfangswert bis auf  $20\mu\text{A}$  ab?
3. Entferne  $C_2$ . Die Entladezeit von  $C_1 = 100\mu\text{F}$  allein beträgt 20 s; für die Kapazität

$10\mu\text{F}$  ist die Entladezeit 2 s.

4. Schalte  $C_1 = 100\mu\text{F}$  mit  $C_2 = 10\mu\text{F}$  in Reihe. Wie groß ist jetzt die Entladezeit? Hat die Gesamtkapazität zu- oder abgenommen?

### Der Aufladestrom einer Kondensatorkette wird gemessen

5. Setze erst  $C_1$ , dann  $C_2$  an den gekennzeichneten Entladeplatz. Schalte zum Aufladen  $C_1$  und  $C_2$  in Reihe. Aufladezeit? Stromweg beim Auf- und Entladen?
6. Im vorigen Versuch haben wir den zur oberen (weißen) Platte von  $C_1$  fließenden Aufladestrom gemessen. Fließt von der unteren (schwarzen) Platte des Kondensators  $C_1$  zur oberen (weißen) Platte des Kondensators  $C_2$

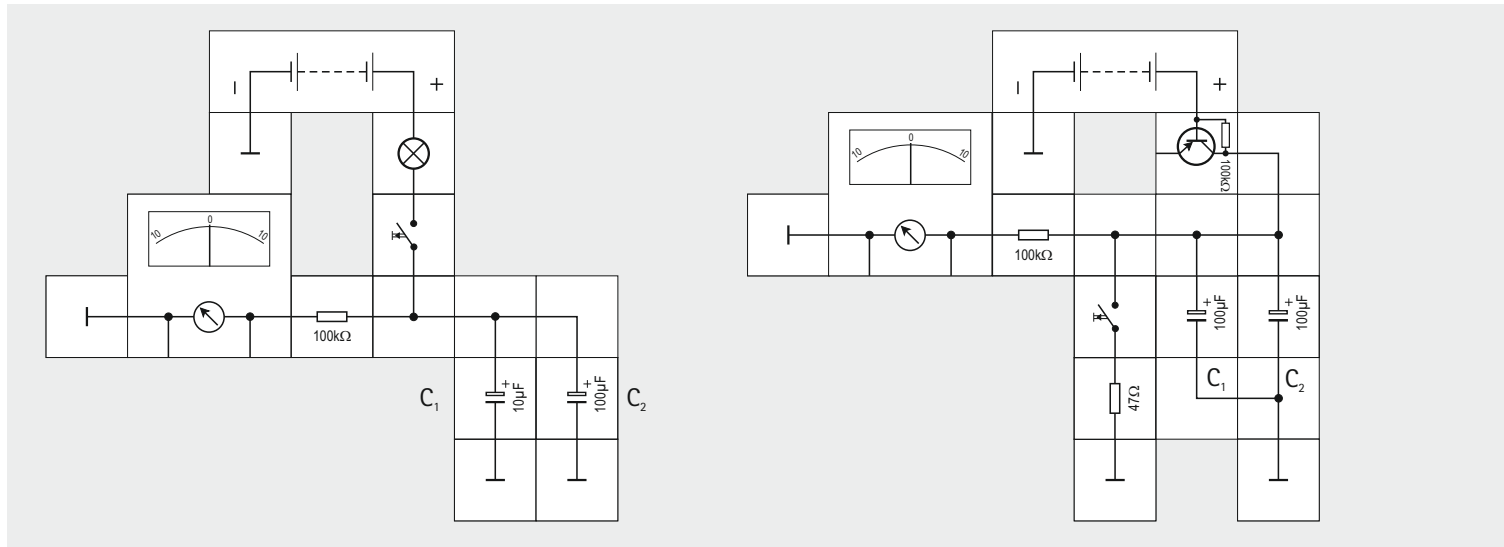
auch ein Strom? Bedenke: dieser Teil der Schaltung ist isoliert, er steht mit dem übrigen Stromkreis nicht in leitender Verbindung. Entlade vor Versuchsbeginn  $C_1$  und  $C_2$ . Ergebnis? Wie lange fließt ein Strom?

7. Setze das Messgerät auch zwischen die beiden Kondensatoren und miss den von der unteren (schwarzen) Platte des Kondensators  $C_2$  abfließenden Aufladestrom. In welcher Zeit sinkt er bis  $20\mu\text{A}$  ab?
8. Fasse die Ergebnisse von V5, V6 und V7 zusammen. Schlussfolgerung?
9. Wähle  $C_1 = 100\mu\text{F}$  und  $C_2 = 10\mu\text{F}$ . Miss wie in V5, V6 und V7 den Ladestrom an verschiedenen Stellen der Kondensatorkette. Ergebnis?

### Spannungsmessung an in Reihe geschalteten Kondensatoren

10. a) Zum Aufladen der Kondensatoren Batterie kurzzeitig ansetzen.  
b) Taster drücken. Wie groß ist die Ladespannung von  $C_2 = 10\mu\text{F}$ ?  
c) Zum Entladen von  $C_1$ , Entladebrücke an die beiden Punkte 1 kurz ansetzen; Entladen von  $C_2$  durch Ansetzen an 2/2.
11. Wähle  $C_1 = 10\mu\text{F}$  und  $C_2 = 100\mu\text{F}$ . Versuchsablauf wieder in der Reihenfolge a-b-c. Wie groß ist die Ladespannung des Kondensators  $100\mu\text{F}$ ?
12. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Ladespannung und Kapazität bei in Reihe geschalteten Kondensatoren? Wie ändert sich die Gesamtkapazität?





## Ladestrom und Ladezeit eines Kondensators; Aufnehmen der Stromzeitkurve

### Abhängigkeit des Entladestromes von der Dauer der Entladung

1. Zwei Elektrolytkondensatoren von der Kapazität  $C_1 = 100\mu\text{F}$  und  $C_2 = 100\mu\text{F}$  sind parallel geschaltet. Beachte die Polung: Minusplatte an Masse. Bei Betätigen des Tasters werden die Kondensatoren aufgeladen; beim Loslassen des Tasterknopfes entladen sie sich über das Messgerät. Gib den Weg des Auflade- und des Entladestromes an.

2. Schau während der Entladung auf die Uhr. Der Zeigerausschlag geht erst schnell, dann immer langsamer zurück. Der Entlade-

strom sinkt schon in 3 s von  $80\mu\text{A}$  auf  $70\mu\text{A}$  während die Abnahme von  $20\mu\text{A}$  auf  $10\mu\text{A}$  bereits 20 s dauert.

3. Wir notieren, in welcher Zeit der Entladestrom vom Höchstwert auf  $80\mu\text{A}$ ;  $60\mu\text{A}$ ;  $40\mu\text{A}$ ;  $20\mu\text{A}$  absinkt. Dazu arbeiten 2 Schüler zusammen. Der eine gibt ein Zeichen, wenn der Strom genau  $80$ ;  $60$ ;  $40$ ;  $20\mu\text{A}$  beträgt, der andere liest die Zeit ab und schreibt sie auf. Zur Kontrolle soll der Versuch wiederholt werden.

### Ladestrom und Ladezeit eines Kondensators; Aufnehmen der Stromzeitkurve

4. In einer weiteren Versuchsreihe wird der Tasterknopf wieder gedrückt und zur Zeit null losgelassen. Diesmal lesen wir das Messgerät bei  $70$ ;  $50$ ;  $30$ ;  $10\mu\text{A}$  ab und notieren

wiederum die Zeit. Zur Absicherung sollte der Versuch wiederholt werden.

5. Trage die Ergebnisse in eine Tabelle ein: Kapazität des Kondensators:  $200\mu\text{F}$

$I_{\text{entl}} / \mu\text{A}$	$t_{\text{entl}} / \text{s}$	$t_{\text{Diff}} / \text{s}$
80		
70		
60		
50		
40		
30		
20		
10		

### Zeichnen der Stromzeitkurve

6. Die Werte der Tabelle tragen wir in unserem Heft in ein Achsenkreuz ein. Auf der senk-

rechten Achse sind  $20$ ;  $40$ ;  $60$ ;  $80\mu\text{A}$  abgetragen, dieses ist also die Stromachse. Auf der waagerechten Achse sind die Entladezeiten in Sekunden abgetragen. Trage die ermittelten Werte ein und verbinde die Punkte freihändig, ohne Lineal. Was ist an dieser so erhaltenen Stromzeitkurve besonders bemerkenswert?

7. Nimm eine neue Messreihe für die Kapazität  $C_1 = 100\mu\text{F}$  auf und trage die Werte in das gleiche Achsenkreuz ein. Jetzt ist bereits nach knapp 30 s der Entladestrom auf  $10\mu\text{A}$  abgesunken. Wie sieht die Stromzeitkurve aus?

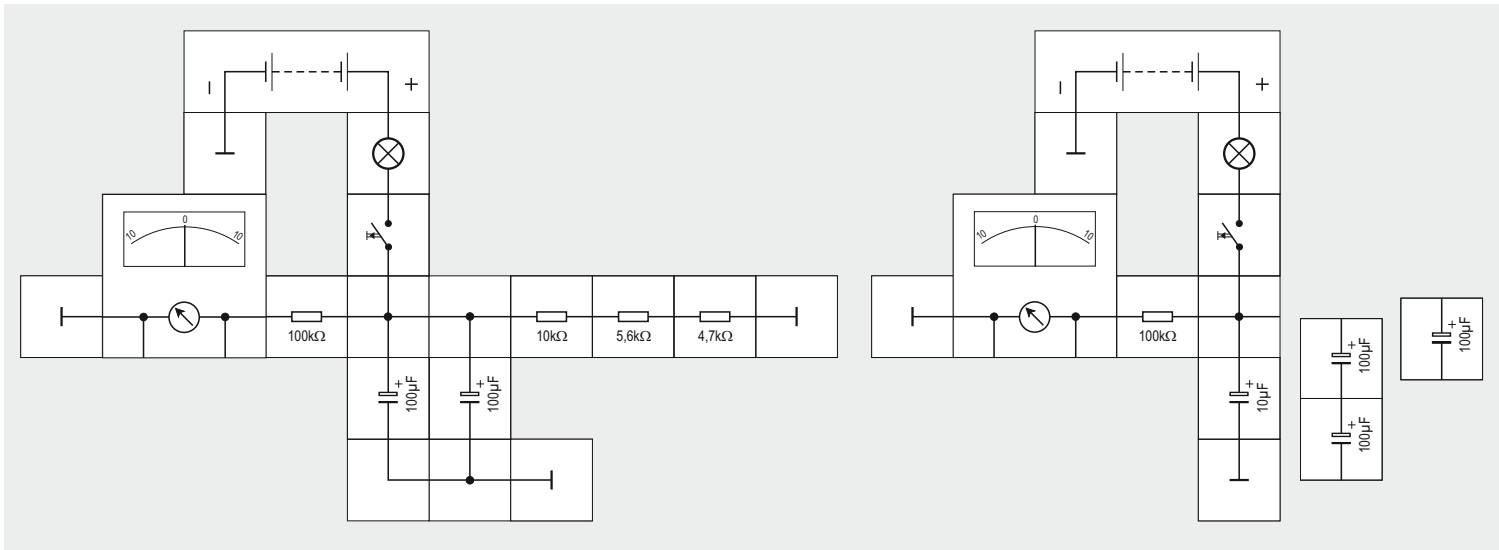
Noch schwieriger ist die Aufnahme der Kurve für  $C = 50\mu\text{F}$  ( $100\mu\text{F}$  in Reihe mit  $100\mu\text{F}$  in Reihe müsste diese Kurve verlaufen?)

### Änderung der Kondensatorspannung während des Aufladens

8. Durch Tasterbetätigung werden die beiden Kondensatoren entladen. Die Aufladung erfolgt über den Widerstand  $100\text{k}\Omega$ . Das Messgerät zeigt die zwischen Plusplatte und Minusplatte bestehende Spannung an. Stelle eine Tabelle auf:

$U_{\text{Lade}} / \text{V}$	1	2	3	4	4,5
$t_{\text{Lade}} / \text{s}$					

9. Zeichne wie in V6 eine Kurve; auf der senkrechten Achse wird die Ladespannung abgetragen. Wie sieht die Spannungszeitkurve aus?



## Die Zeitkonstante: Ladewiderstand, Kapazität und Ladezeit

Entladung der Kapazität C über den Widerstand R; Messen der Kondensatorspannung  $U_c$  während der Entladung

1. Beim Niederdrücken des Tasters wird der Kondensator C geladen. C besteht aus den Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  von je  $100\mu\text{F}$  in Parallelschaltung. Die Kapazität C beträgt somit  $200\mu\text{F}$ .
2. Mit dem Loslassen des Tasters beginnt die Entladung. Der Kondensator C entlädt sich über die Widerstände  $R_1 = 10\text{ k}\Omega$ ;  $R_2 = 5,6\text{ k}\Omega$ ;  $R_3 = 4,7\text{ k}\Omega$ . Da diese in Reihe geschaltet sind, beträgt der Gesamtwiderstand  $R$  etwa  $20\text{ k}\Omega$ .
3. Das Messgerät registriert die Spannung

zwischen negativer und positiver Platte des Kondensators. Mit dem Vorwiderstand  $100\text{ k}\Omega$  beträgt der Messbereich  $10\text{ V}$ .

4. In welcher Zeit sinkt die Kondensatorspannung  $U_c$  vom Anfangswert  $9\text{ V}$  bis auf  $0,5\text{ V}$  ab? Die Zeitmessung beginnt mit dem Loslassen des Tasterknopfes. Zum Messen der Zeit eignet sich die Zentralsekunde einer Armbanduhr.

Wir messen die Kondensatorspannung  $U_c$  und die Entladezeit bei Veränderung von R und C

5. Zunächst wollen wir R halbieren. Entferne den Widerstand  $10\text{ k}\Omega$  aus der Schaltung; damit wird der Entladewiderstand  $R = 10\text{ k}\Omega$  ( $5,6\text{ k}\Omega + 4,7\text{ k}\Omega$ ). Wie lange dauert es jetzt, bis  $U_c$  auf  $0,5\text{ V}$  abgesunken ist? Es ist also  $C = 200\mu\text{F}$  und  $R = 10\text{ k}\Omega$ .

6. Wir halbieren die Kapazität. Entferne einen Kondensator aus der Schaltung. Damit ist  $C = 100\mu\text{F}$ . Der Entladewiderstand sei wieder  $R = 20\text{ k}\Omega$ . Entladezeit? Trage die Ergebnisse der Versuche in eine Tabelle ein.

7. Baue die neue Schaltung auf. Als Entladewiderstand R benutzen wir jetzt den Vorwiderstand des Voltmeters. Es sei  $C = 10\mu\text{F}$  und  $R = 100\text{ k}\Omega$ . Entladezeit t?

8. Durch Reihenschaltung von 2 Kondensatoren mit der Kapazität von je  $100\mu\text{F}$  erhalten wir  $C = 50\mu\text{F}$ ;  $R = 100\text{ k}\Omega$ . t = ? Wie lange dauert das Absinken auf  $U_c = 3\text{ V}$ ?

9. Es sei  $C = 100\mu\text{F}$ ;  $R = 100\text{ k}\Omega$ . Entladezeit t? Wie lange dauert es, bis  $U_c$  vom Anfangswert bis auf  $3\text{ V}$  abgesunken ist?

10. Fülle die Tabelle aus. Die letzte Spalte bleibt zunächst frei. In welchem Zusammen-

hang stehen R; C und t?

Versuch	R/kΩ	C/μF	t/s	$\tau=t/3s$
4				
5				
6				
7				
8				
9				

11. Wir wollen die Tabelle auswerten. Fasse das Ergebnis der Versuche 7; 8 und 9 in einem Satz zusammen.

12. Vergleiche die Entladezeiten von V4 und V5. Gib die Ursache der Änderung an. Wovon hängt die Entladezeit t ab?

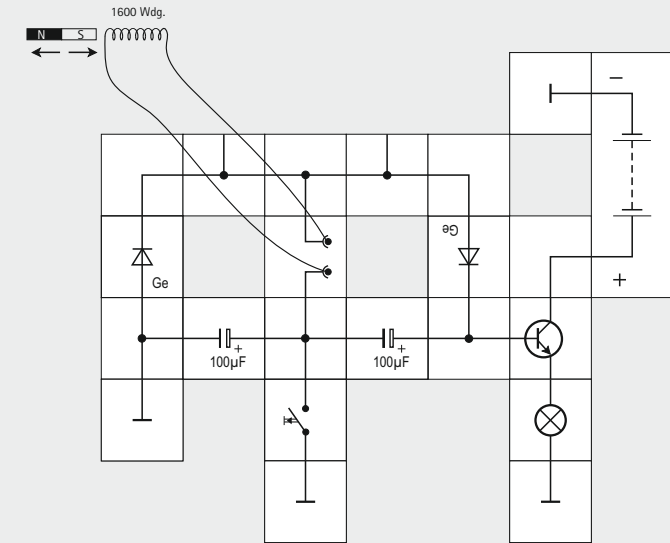
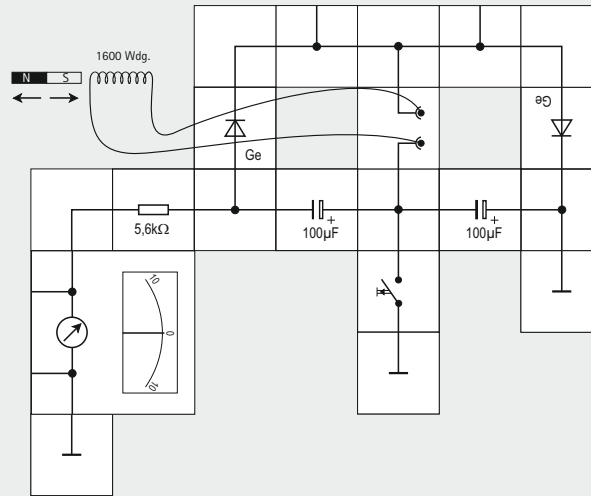
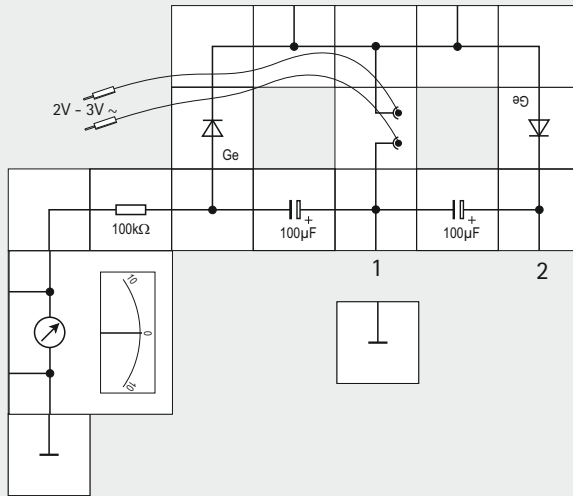
13. Die Entladezeiten aus V5 und V6 stimmen überein, obwohl sich sowohl R als auch C geändert haben. Ergebnis? Weil die Entladezeit gleich bleibt, also konstant ist, gebraucht man den Ausdruck ZEITKONSTANTE.

Messen und errechnen der Zeitkonstanten

14. Als Zeitkonstante bezeichnet man die Zeit, in welcher die Ladespannung vom Anfangswert bis auf etwa ein Drittel davon absinkt. In V8 und V9 wurde diese Zeitspanne gemessen. Sie beträgt für V8 etwa  $5\text{ s}$ . Für V9 wurde die Zeitkonstante  $\tau = 10\text{ s}$  gemessen. Da das ein Drittel der Entladezeit t ist, kann nunmehr die letzte Tabellenspalte errechnet werden:

$$\tau = t / 3$$

15. Offenbar hängt  $\tau$  von R und C ab. Kann man aus R und C auch  $\tau$  errechnen? Probiere das für die Versuche 5 bis 9.



## Spannungsverdopplung und Spannungsvervielfachung (Kaskade)

### Schaltung zur Spannungsverdopplung für Netzbetrieb; Messen von U und 2U

1. Für diese Schaltung darf nur ein freier Massebaustein verwendet werden. (Damit wird eine Diodenzerstörung durch Kurzschluss unmöglich).
2. Baue die Schaltung sorgfältig auf. Achte auf die richtige Polung der Elektrolytkondensatoren und der Diodenbausteine.

3. Speise die Schaltung mit 2 - 3 V Wechselspannung. Setze den Massebaustein an Punkt 1. Jetzt misst das Voltmeter die Ladenspannung U des linken Kondensators. U sei gleich 3 V Gleichspannung. Auf welchem Stromweg wird dieser linke Kondensator geladen?
4. Auf welchem Weg fließt der Ladestrom des rechten Kondensators? Bedenke: Die Diode lässt als elektronisches Ventil den Strom nur in Pfeilrichtung durchfließen.
5. Setze den Massebaustein an Punkt 2 an. Weshalb zeigt das Voltmeter jetzt die Spannung 2 U = 6 V an?

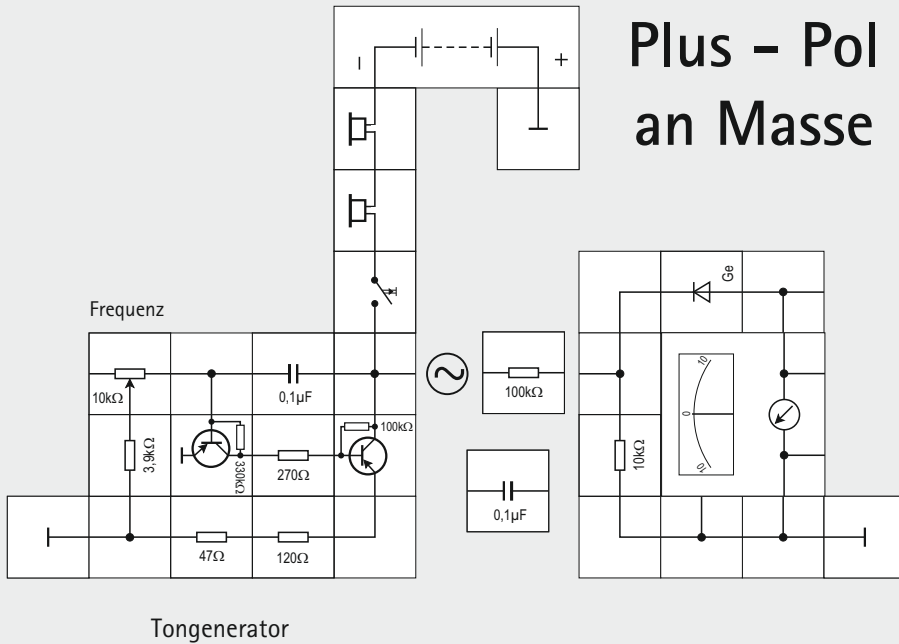
### Verdoppeln der Induktionsspannung U; Messen von U und von 2 U

6. In Ermanglung von Netzspannung kann die schon bekannte Verdopplerschaltung aus 2 Kondensatoren und 2 Dioden auch von einer Induktionsspule mit Stabmagnet gespeist werden.
7. Weshalb wird beim Niederdrücken des Tasterknopfes die Induktionsspannung U, beim Loslassen die Spannung 2 U angezeigt?
8. Welchen Weg nimmt der Ladestrom des linken Kondensators? Welchen Weg der Ladestrom des rechten Kondensators?

### 9. Auf welchem Weg fließt der Entladestrom beim Niederdrücken und Loslassen des Tasterknopfes?

### Anzeige von einfacher und doppelter Induktionsspannung durch eine Glühlampe

10. Statt des Messgerätes setzen wir eine Glühlampe mit vorgeschaltetem Transistor ein. Weshalb leuchtet die Lampe beim Drücken des Tasters dunkel, beim Loslassen dagegen hell?



**Plus - Pol  
an Masse**

## Aufbau des Tongenerators 130 Hz - 290 Hz

1. Baue den im linken Teil des Schaltbildes sichtbaren Tongenerator auf. Kernstück der Schaltung sind zwei Transistoren, die in Ver-

bindung mit dem Kondensator  $0,1\mu\text{F}$  nach dem Prinzip eines astabilen Multivibrators arbeiten. Die Schwingungen des Tongenerators sind in den Ohrhörern zu vernehmen.

2. Die Tonhöhe lässt sich mit dem Regelknopf des Potentiometers  $10\text{ k}\Omega$  einstellen.

Drehe den Regelknopf zunächst möglichst weit nach links (gegen den Uhrzeiger). Es wird ein verhältnismäßig tiefer Ton hörbar; die Schaltung schwingt etwa 130 mal in der Sekunde. Der abgestrahlte Ton hat die Frequenz 130 Hz.

3. Nimm den Ton 130 Hz als Grundton an und versuche, durch Rechtsdrehung des Regelknopfes eine Tonleiter zu spielen. Eine Oktave über dem Grundton 130 Hz liegt der Ton 260 Hz. Wir haben damit eine Frequenzverdopplung erreicht. Nach weiteren 30 Hz ist das Potentiometer in der Endstellung; unser Tongenerator bestreicht also den Frequenzbereich 130 Hz - 290 Hz.

## Ein ohmscher Widerstand im Wechselstromkreis

4. Schließe den  $100\text{ k}\Omega$  Widerstandsbaustein an den mit ~ bezeichneten Ausgang des Tongenerators an.

5. Verbinde das Messgerät mit dem Widerstand  $100\text{ k}\Omega$ . Zusammen mit dem Widerstand  $10\text{ k}\Omega$  und der Diode ist das Messgerät jetzt zur Messung von Wechselstrom geeignet.

6. Ändere die Frequenz des Tongenerators. Der erzeugte Wechselstrom fließt durch den Widerstand  $100\text{ k}\Omega$ . Ändert sich der Zeigerausschlag stark? (Eine geringfügige Änderung des Zeigerausschlages ist durch die Konstruktion des Tongenerators bedingt und soll außer acht gelassen werden.)

7. Ist der ohmsche Widerstand des im Wechselstromkreis liegenden Widerstandsbausteines unabhängig von der Frequenz des Wechselstromes, oder ist der ohmsche Widerstand frequenzabhängig?

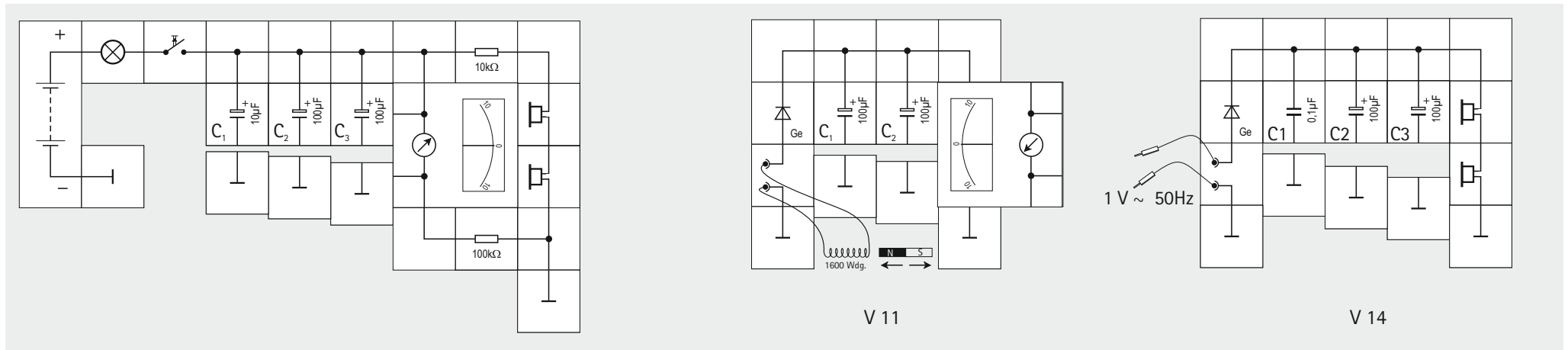
## Ein Kondensator im Wechselstromkreis

8. Füge jetzt zwischen Ausgang des Tongenerators und Eingang des Wechselstromamperemeters den Kondensatorbaustein  $0,1\mu\text{F}$  ein. Jetzt liegt also ein Kondensator im Wechselstromkreis. Betätige den Tongenerator durch Druck auf den Taster. Schlägt der Zeiger des Messgerätes aus? Was bedeutet das? Bedenke: Ein Kondensator sperrt Gleichstrom.

9. Ändere jetzt die Frequenz des Tongenerators. Ändert sich der Zeigerausschlag? Ist der im Wechselstromkreis liegende Kondensator in seinem kapazitiven Widerstand frequenzunabhängig? Oder ändert sich der kapazitive Widerstand mit der Frequenz? Vergleiche mit V7!

10. Bringe den Drehknopf des Tongenerators in die Anfangsstellung. Der Ton hat die Frequenz von 130 - 140 Hz. Verdopple nach V3 die Frequenz auf 160 - 190 Hz. Wie ändert sich der durch den Kondensator fließende Wechselstrom bei Frequenzverdopplung?

11. Wie ändert sich bei Frequenzveränderung der kapazitive Widerstand des Kondensators?



## Ladekondensator; Glätten von welligem Gleichstrom, Siebglied

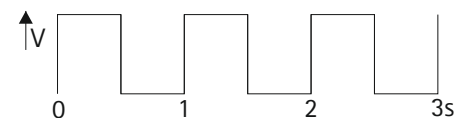
### Erzeugen von Rechteck – Impulsen

1. Baue die Schaltung auf, ohne die Kondensatoren anzuschließen. Beim Niederdrücken des Tasterknopfes zeigt das Messgerät die volle Batteriespannung an. Im Ohrhörer knackt es.

2. Beim Loslassen des Tasters geht der Zeiger des Messgerätes zurück auf 0 Volt; wiederum knackt es im Ohrhörer.

3. Drücke den Tasterknopf eine halbe Sekunde lang nieder, lasse ihn ebensolange los, drücke wieder. Das Messgerät zeigt 0,5 s lang 9 V; 0,5 s lang 0 V; 0,5 s lang 9 V ... (Zähle leise "einundzwanzig, zweiundzwanzig, dreiundzwanzig ...", oder richte dich nach einem Metronom).

4. Nimm an, die Spitze des Zeigers könne auf einem breiten Papierstreifen schreiben, der waagrecht, von links nach rechts, unter dem Messgerät durchgezogen wird. Versuche zu zeichnen. Die Spannungsimpulse haben Rechteckform. Die regelmäßige Betätigung des Tasters liefert Rechteckimpulse.



### Wirkungsweise des Ladekondensators

5. Schließe den Kondensator  $C_1 = 10\mu\text{F}$  richtig gepolt an. Betätige den Taster in regelmäßigen Abständen. Wie verhält sich das Messgerät, und wie der Ohrhörer?

6. Wie beeinflusst der Ladekondensator die Form der vom Messgerät registrierten Impulse? Zeichne die Kurve.

7. Schließe den  $100\mu\text{F}$  Ladekondensator  $C_2$  an die Schaltung an. Versuchsergebnis? Vergleiche mit V.5.

8. Zeichne die vom Messgerät registrierte Kurve.

9. Schließe die Kondensatoren  $C_2$  und  $C_3$  gleichzeitig an. Die Gesamtkapazität beträgt nun  $200\mu\text{F}$ . Knackt es bei Tasterbetätigung noch im Ohrhörer? Welche Kurve schreibt die Zeigerspitze des Messgerätes?

10. Fasse zusammen: Wie verhält sich der Kondensator beim Niederdrücken und beim Loslassen des Tasterknopfes? Wie beeinflusst der Ladekondensator die Form der Spannungsimpulse?

### Glätten von welligem Gleichstrom

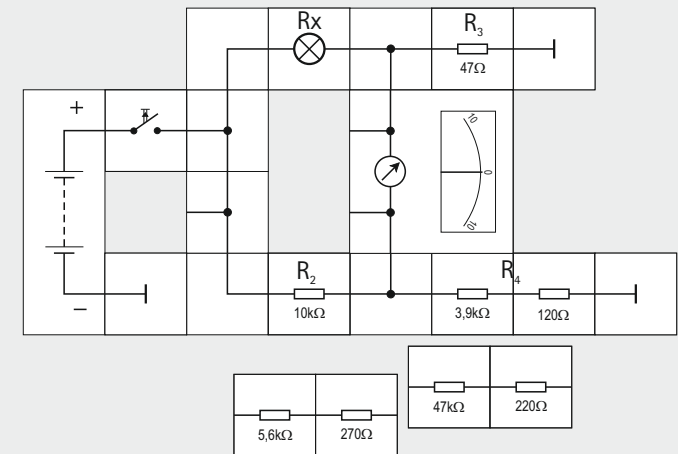
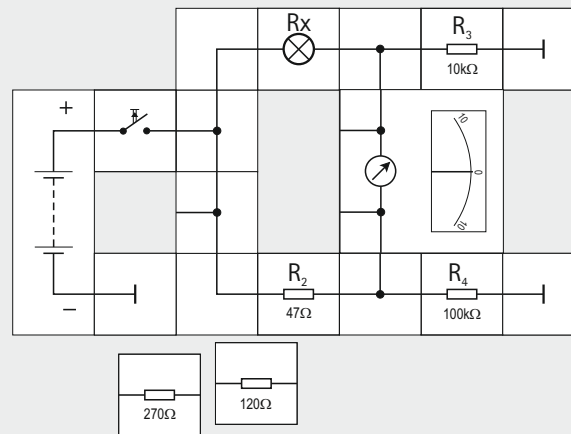
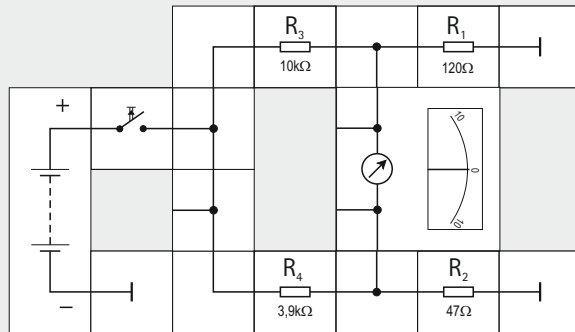
11. Die Kondensatoren  $C_1$  und  $C_2$  sind zunächst nicht angeschlossen. Beim regelmä-

ßigen Hin- und Herbewegen des Stabmagneten liefert die Induktionsspule eine Wechselspannung, die im Diodenbaustein gleichgerichtet wird. Welche Kurve wird die Zeigerspitze des Messgerätes auf einem Papierstreifen schreiben, der mit konstanter Geschwindigkeit von links nach rechts unter dem Messgerät durchgezogen wird? Zeichne.

12. Schließe  $C_1 = 100\mu\text{F}$  an die Schaltung an. Wie ändert sich die vom Messgerät markierte Kurve? Zeichne.

13. Schließe  $C_1$  und  $C_2$  an; die Gesamtkapazität beträgt  $200\mu\text{F}$ . Kurvenbild?

14. Achte auf den Brummtönen des pulsierenden Gleichstromes im Ohrhörer und schließe nacheinander die Kondensatoren an. Versuchsergebnis? Weshalb wird der Brummtönen immer leiser und verstummt schließlich ganz?



## Brückenschaltung; Messbrücke für ohmsche Widerstände

### Aufbau einer Brückenschaltung

1. Die vier Festwiderstände  $R_1 = 120 \Omega$ ;  $R_2 = 47 \Omega$ ;  $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $R_4 = 3,9 \text{ k}\Omega$  werden zu einer sogenannten BRÜCKENSCHALTUNG verbunden.

2. In der Brückenmitte oben liegt zwischen  $R_1$  und  $R_3$  ein T - Stück; in der Brückenmitte unten zwischen  $R_2$  und  $R_4$  liegt ebenfalls ein T - Stück. Beide Punkte werden durch das Messgerät »überbrückt«.

3. Schließe durch Tasterbetätigung die Brückenschaltung an die Batterie an. Das Messgerät zeigt keinen Strom an, obwohl durch die gesamte Schaltung sicherlich Strom

fließt.

4. Bringe die Brücke aus dem Gleichgewicht; wähle  $R_4 = 5,6 \text{ k}\Omega$ . Damit wurde gegenüber V3 der Widerstand  $R_4$  also größer. In welcher Richtung fließt Strom durch das Messgerät?

5. Bringe die Brücke zur Gegenseite hin aus dem Gleichgewicht; wähle  $R_4 = 270 \Omega$ . In welcher Richtung fließt Strom durch das Messgerät? (Kurzzeitversuch)

6. Soll die Brücke im Gleichgewicht sein und das Messgerät keinen Strom anzeigen, so müssen die vier Brückenwiderstände in einem bestimmten Verhältnis stehen:

$$R_1 / R_2 = R_3 / R_4$$

Sind bei einer Brückenschaltung, die sich im Gleichgewicht befindet, drei Widerstandswerte bekannt, so lässt sich der vierte errechnen:

$$R_x = R_2 \cdot R_3 / R_4$$

### Messbrücke mit Festwiderständen

7. Wir wollen anhand der nächsten Schaltung mit der Messbrücke den Widerstand des kalten Glühfadens ermitteln. Wähle für  $R_2$  nacheinander  $47 \Omega$ ,  $120 \Omega$ ,  $270 \Omega$ , bis das Messgerät stromlos ist und Gleichgewicht herrscht. Nun gilt:

$$R_1 = R_2 \cdot R_3 / R_4$$

Da sich  $R_3$  zu  $R_4$  wie 1 zu 10 verhält, muss  $R_1$  ein zehntel von  $R_2$  sein. Wie groß ist also der

Widerstand des kalten Glühfadens?  $4,7 \Omega$ ?  $12 \Omega$ ? Oder  $27 \Omega$ ?

8. Nunmehr erscheint der Widerstand des heißen Glühfadens besonders interessant. Damit der Faden hell leuchtet, legen wir im oberen Brückenzweig die Glühlampe mit dem Widerstand  $R_3 = 47 \Omega$  in Reihe.

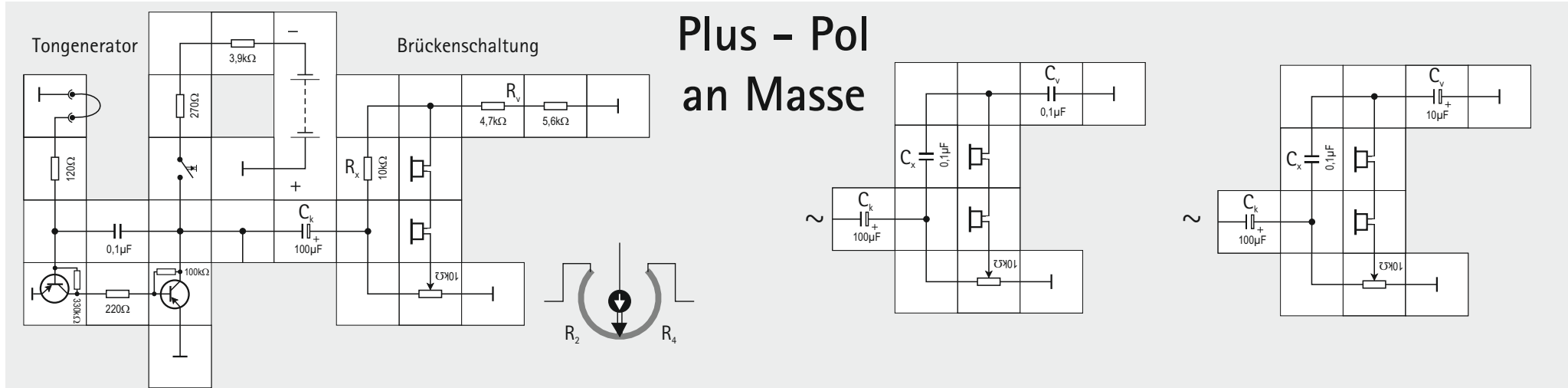
9. Zur Herstellung des Brückengleichgewichts kann  $R_4 = 3,9 \text{ k}\Omega + 120 \Omega + 220 \Omega + 270 \Omega$  (Reihenschaltung) oder  $R_4 = 4,7 \text{ k}\Omega$  gewählt werden. Übrigens: Weshalb schlägt der Zeiger bei Tasterbetätigung erst heftig nach unten aus? Achte auf den Glühfaden.

10. Wie groß ist der Widerstand des heißen Glühfadens? Es gilt:

$$R_x / 10 \text{ k}\Omega = 47 \Omega / R_4$$



## Plus - Pol an Masse



### Tonfrequenz - Messbrücke für Kondensatoren; Plattengröße; Plattenabstand; Dielektrikum

#### Messen von ohmschen Widerständen mit einer Brückenschaltung für Tonfrequenz

1. Baue den Tongenerator auf. Nach dem Prinzip des astabilen Multivibrators erzeugt er eine Schwingung mit Sägezahn - Charakteristik. Der Koppelkondensator  $C_k$  trennt den Tongenerator gleichstrommäßig von der Brückenschaltung.

2. Der obere Brückenweig besteht aus dem Widerstand  $R_x$  und dem Vergleichswiderstand  $R_v$ .

3. Der untere Brückenweig wird vom Potentiometer  $10\text{ k}\Omega$  dargestellt. Der Schleifer unterteilt die Schleifbahn in den links liegenden Widerstand  $R_2$  und den rechts liegenden Teil  $R_4$ .

Es ist  $R_2 + R_4$  stets =  $10\text{ k}\Omega$ . Der Schlitz im Poti - Knopf kennzeichnet die Schleiferstellung. Dreht man den Knopf im Uhrzeigersinn, so nimmt  $R_2$  ab und  $R_4$  zu.

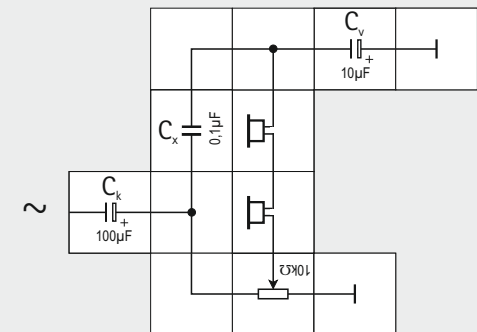
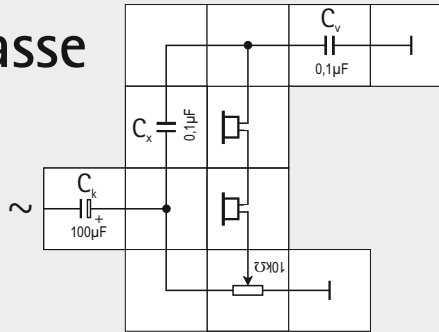
4. Die Mitte des oberen und die Mitte des unteren Brückenweiges werden durch die Ohrhörer «überbrückt».

5. Es gilt die Brückengleichung:

$$R_x / R_2 = R_v / R_4$$

Die Brücke befindet sich im Gleichgewicht, wenn der im Ohrhörer vernehmbare Ton am leisesten ist. Das kann man durch Drehen am Poti - Knopf herausfinden.

6. Da in unserem Fall  $R_x$  fast gleich  $R_v$  ist, muss der Poti - Schleifer etwa in der Mitte der Schleifbahn stehen, damit  $R_2 = R_4 = 5\text{ k}\Omega$  wird.



7. Wähle  $R_x = 10\text{ k}\Omega$ ;  $R_v = 5,6\text{ k}\Omega$ . In welcher Richtung muss der Poti - Schleifer verstellt werden? Weshalb?

8. Wähle  $R_x = 10\text{ k}\Omega$ ;  $R_v = 100\text{ k}\Omega$ . Schleiferstellung? Wie groß sind  $R_2$  und  $R_4$ ?

#### Messen von kapazitiven Widerständen mit einer Tonfrequenz - Brücke

9. Der Tongenerator bleibt unverändert. Der obere Brückenweig besteht aus dem Kondensator  $C_x$  und der Vergleichskapazität  $C_v$ . Die ohmschen Widerstände des Potentiometers bilden den unteren Brückenweig.

10. Prüfe die Funktion der Schaltung durch Drehen am Potentiometerknopf.

Da  $C_x$  (von Toleranzen abgesehen) gleich  $C_v$  ist, müsste bei Mittelstellung des Schleifers die Brücke im Gleichgewicht sein und der im Ohrhörer vernehmbare Ton fast verstummen. Trifft das zu?

11. Jetzt wollen wir Kondensatoren ungleicher Kapazität mit unserer Schaltung überprüfen. Wähle  $C_x = 0,1\mu\text{F}$  und  $C_v = 10\mu\text{F}$  Wie muss der Schleifer des Potentiometers eingestellt werden?

12. Zur Abwechslung tauschen wir die Kondensatoren. Nun sei  $R_x = 10\mu\text{F}$  und  $R_v = 0,1\mu\text{F}$  Schleiferstellung? Wie groß sind  $R_2$  und  $R_4$ ?

13. Wie lautet die Brückengleichung bei Verwendung von Kondensatoren?

Muss es heißen:

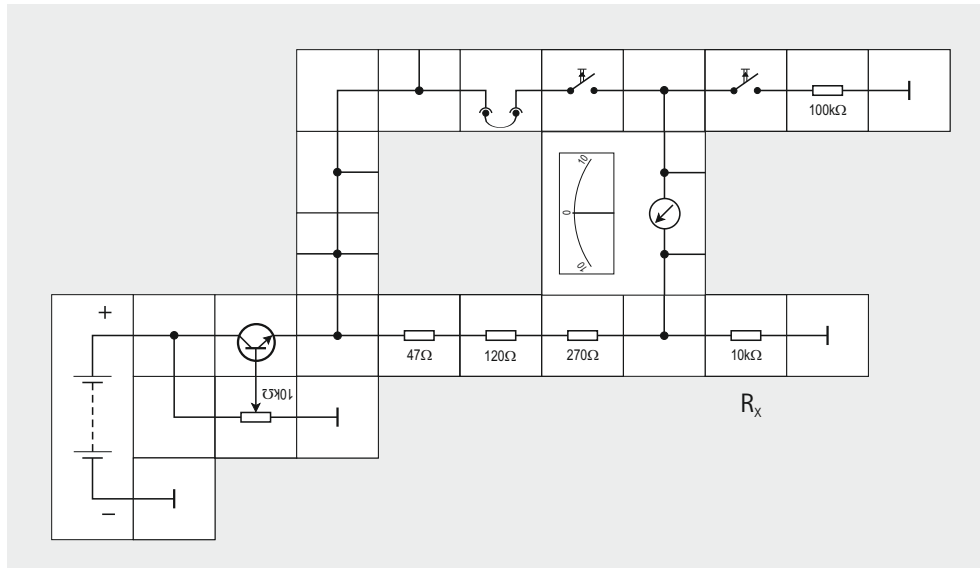
$$C_x / C_v = R_2 \text{ (links)} / R_4 \text{ (rechts)}$$

oder gilt der Kehrwert:

$$C_x / C_v = R_4 \text{ (rechts)} / R_2 \text{ (links)}$$

14. Wie lautet die Begründung für diese Brückengleichung? Wie ändert sich der Wechselstromwiderstand eines Kondensators, wenn die Kapazität zunimmt?





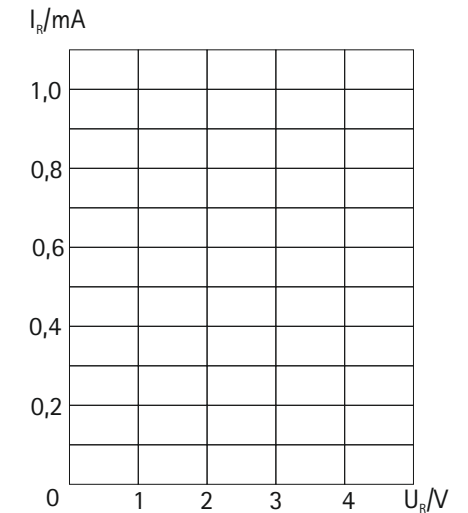
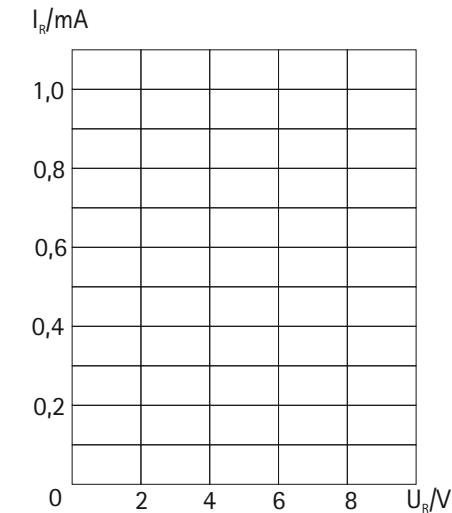
## Kennlinien von ohmschen Widerständen und einer Glühlampe (Kaltleiter)

1. Das Potentiometer arbeitet als Spannungsteiler. Durch Drehen des Schleifers lassen sich zwischen 0 V und 9 V beliebige Teilspannungen einstellen. In Verbindung mit dem folgenden Transistor in Kollektorschaltung erhalten wir an seinem Emitter niederohmig Spannungen zwischen 0 V und 8 V.
2. Der Widerstand  $R_{\text{VOR}} = 100 \text{ k}\Omega$  dient als Vorwiderstand. Bei Anschluss an diesen Vorwiderstand (rechten Taster drücken) arbeitet das Messgerät als VOLTMETETER mit dem Messbereich 10 V.
3. Die drei Widerstände  $R_{\text{Neben}} = 47 \Omega + 120 \Omega$

+  $270 \Omega$  dienen als Nebenwiderstände. Sie liegen parallel zu dem Messgerät. Wird der linke Taster betätigt, so ist das Messgerät an den Anfang dieser Widerstandskette angeschlossen; arbeitet es als AMPEREMETER mit dem Messbereich 1 mA.

4. Die Spannungs - Strom - Kennlinie für den Widerstand  $R_x = 10 \text{ k}\Omega$  soll aufgenommen werden. Das Voltmeter misst die Spannung zwischen den Endpunkten des Widerstandes. (Zwischen dem linken Endpunkt des Widerstandes  $R_x$  und Masse.)

5. Das Amperemeter misst den Strom, der bei einer bestimmten Spannung durch den Widerstand  $R_x$  hindurchfließt. (Der größere Teilstrom  $I_1$  fließt durch die Nebenwiderstände,



der kleinere Teilstrom  $I_2$  durch das Messgerät. Bei Vollausschlag gilt:  $I_1 + I_2 = 1 \text{ mA}$

6. Wir wollen keine Wertetabelle mehr anlegen, sondern die ermittelten Wertepaare gleich in das Diagramm eintragen. Das hat folgende Vorteile:

Fehlmessungen oder »Ausreißer« werden leicht erkannt und können sofort korrigiert werden.

Man bemerkt leicht, für welche Zwischenwerte gegebenenfalls noch gemessen werden muss, um eine Kennlinie zeichnen zu können.

7. Lege an den Widerstand  $R_x = 10 \text{ k}\Omega$  eine Spannung von 2 V (rechten Taster betätigen

und Poti entsprechend einstellen) und miss, welcher Strom bei dieser Spannung durch den Widerstand fließt (linken Taster betätigen).

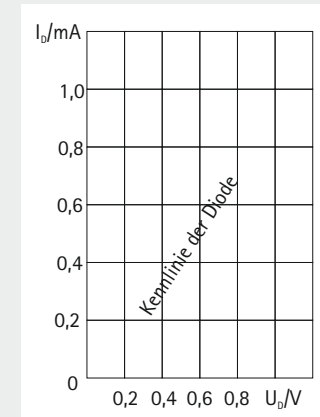
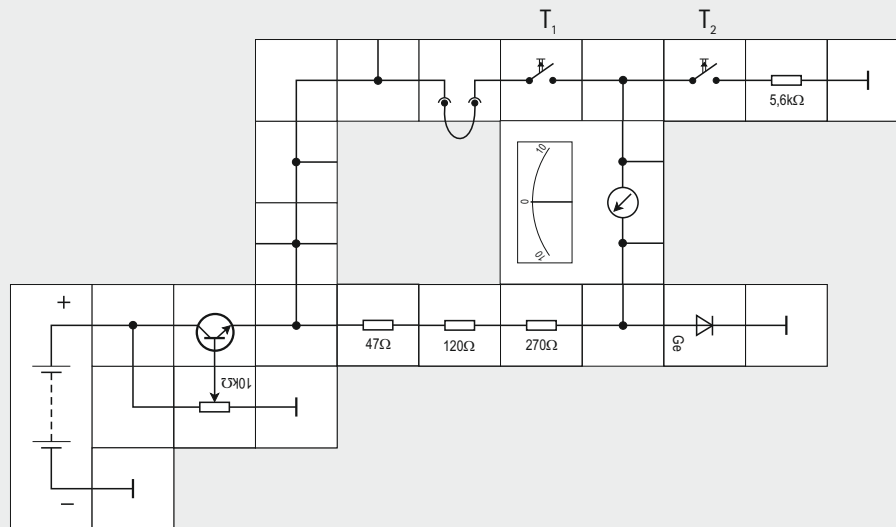
8. Lege weiter die Spannungen 4 V; 6 V; 8 V an den Widerstand  $R_x$  und miss jedesmal den fließenden Strom. Trage alle Ergebnisse in das Diagramm ein.

9. Zum Zeichnen der Kennlinie verbinden wir die eingetragenen Punkte.

10. Wir wählen einen neuen Baustein: Widerstand  $R_x = 5,6 \text{ k}\Omega$ .

11. Führe auch noch mit  $R_x = 4,7 \text{ k}\Omega$  oder mit  $R_x = 3,9 \text{ k}\Omega$  eine weitere Messreihe durch.





## Kennlinie einer Halbleiterdiode

1. Zur punktweisen Aufnahme der Kennlinie ist es nötig, an die Diode verschiedene Spannungen anzulegen und zu messen, wieviel Strom dabei durch die Diode fließt.
2. Die Spannungen zwischen 0 und 1 V werden mit dem als Spannungsteiler geschalteten Potentiometer mit folgendem Transistor in Kollektorschaltung eingestellt.
3. Die Diodenspannung  $U_D$  wird mit einem Voltmeter gemessen. Wie groß ist der Vorwiderstand  $R_V$  des Voltmeters, und wie groß ist der Messbereich? Welcher Taster muss betätigt werden?
4. Zwischen welchen Punkten der Schaltung wird die Diodenspannung  $U_D$  gemessen?

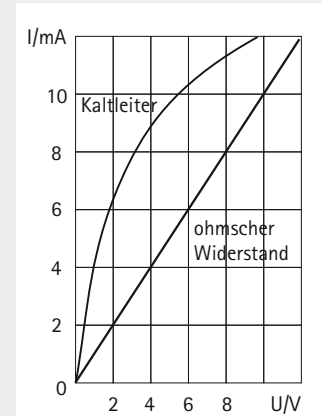
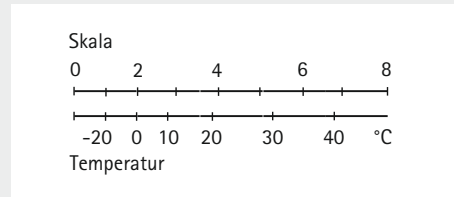
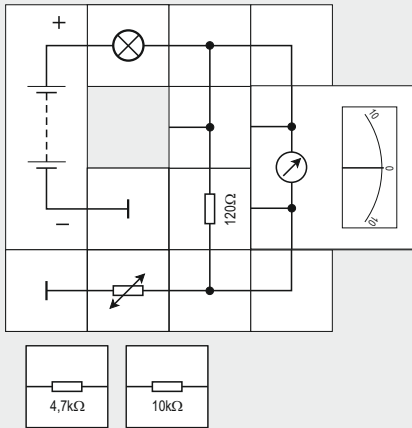
5. Der durch die Diode fließende Diodenstrom wird mit einem Amperemeter gemessen. Wie groß ist der Nebenwiderstand  $R_N$  des Amperemeters? Wie groß ist der Messbereich? Welcher Taster muss betätigt werden?
6. An welchem Punkt der Schaltung wird das Amperemeter angeschlossen?
7. Welchen Weg nimmt der Diodenstrom  $I_D$ ? Fließt er nur durch das Messgerät?
8. Zum Einstellen und Messen der Diodenspannung  $U_D$  betätigen wir Taster  $T_2$ . Zusammen mit dem  $5,6 \text{ k}\Omega$  Vorwiderstand beträgt der Messbereich jetzt 1 V.
9. Drehe am Einstellknopf des Potentiometers, bis der Zeiger auf der Skala des Messgerätes die Stellung 1 erreicht. Jetzt ist die Spannung  $U_D = 0,1 \text{ V}$  eingestellt.

10. Betätige zum Messen des Diodenstromes den Taster  $T_1$ . Der Messbereich des Instruments beträgt 1 mA. Wir lesen ab:  $I_D = 0,02 \text{ mA}$ ; dabei ist  $U_D$  unverändert  $0,1 \text{ V}$ .
11. Stelle am Potentiometer  $U_D = 0,2 \text{ V}$  ein und miss den Diodenstrom. Trage den gemessenen Wert in das Diagramm ein.
12. Stelle für  $U_D$  nacheinander die Spannungen von  $0,3 \text{ V}$  bis  $0,8 \text{ V}$  ein und miss jedesmal den Diodenstrom  $I_D$ , Trage die Werte für  $I_D$  in die Tabelle ein.
13. Errechne den Diodenwiderstand  $R_D$ .

$$U_D / I_D = R_D$$

Ist  $R_D$  eine konstante Größe?

14. Nimm auch die Kennlinien eventuell vorhandener anderer Dioden (Siliziumdiode, Schottky - Diode, Leuchtdiode, Basis - Emitter - Diode der Transistoren) auf. Benutze dazu den Anschlussbaustein. Ändere gegebenenfalls die Messschaltung ab: Vollausschlag des Instruments 2 V bzw. 20 mA.



## Der Heißeiter – ein temperaturabhängiger Widerstand

1. Das Schaltsymbol des Heißeiters ist ein Widerstand mit schräg liegendem Doppelpfeil. Der Heißeiterbauelement besitzt eine Öffnung, durch die das Bauelement herauschaut. Es ist ein graues rundes Plättchen mit Aufdruck 6k8.

Wir ermitteln den Widerstand des Heißeiters bei verschiedenen Temperaturen

2. Baue die Schaltung auf. (Die Lampe dient als Sicherung bei ungewolltem Kurzschluss). Das Messgerät misst den durch den Heißeiter fließenden Strom. Bis zu welchem Skalenwert schlägt der Zeiger bei Zimmertemperatur aus?

3. Ersetze den Heißeiter durch die Widerstände 10 kΩ; 5,6 kΩ; 4,7 kΩ; 3,9 kΩ; 220 Ω; 120 Ω oder eine Reihenschaltung von einigen Widerständen, bis der Zeigerausschlag mit Versuch 2 übereinstimmt. Welchen Widerstand hat der Heißeiter bei Zimmertemperatur?

4. Baue den Heißeiter wieder in die Schaltung ein. Erhöhe die Temperatur, indem du das Bauelement mit Daumen und Zeigefinger anfasst. Bis zu welchem Skalenwert schlägt der Zeiger aus? Hat sich infolge Erwärmung der Widerstand des Heißeiters vergrößert oder verkleinert? Oder ist der Widerstand des Heißeiters temperaturunabhängig?

5. Ersetze den Heißeiter durch passende Widerstände, bis der Zeigerausschlag mit  $\sqrt{4}$  übereinstimmt. Welchen Widerstand hat der Heißeiter bei Handtemperatur?

6. Hält man auf den Heißeiter ein im Plastikbeutel eingeschlossenes Eisstückchen, so geht der Ausschlag des Zeigers bis zur Ziffer 2 zurück. Ebenso weit schlägt der Zeiger aus, wenn wir Potentiometer (10 kΩ) + 10 kΩ + 5,6 kΩ + 4,7 kΩ in Reihe schalten. Wie groß ist der Widerstand des Heißeiters bei 0°C?

7. Leitet der Heißeiter den Strom im kalten Zustand besser als im heißen Zustand, oder ist es umgekehrt?

## Ein elektronisches Thermometer

8. Wie die Versuche 3; 5 und 6 ergeben, stellt unsere Schaltung bereits ein elektronisches Thermometer dar. Durch Vergleich mit einem der üblichen Thermometer lässt sich die Skala des Messgerätes eichen. Welche Temperatur wirkt auf den Heißeiter ein, wenn der Zeiger des Messgerätes auf die 1 zeigt? Wie warm ist es, wenn der Zeiger auf der Ziffer 10 steht?

9. Welche Aufgabe hat der Heißeiter in dieser Thermometer – Schaltung? Wie kann man den Heißeiter nennen? Geber?

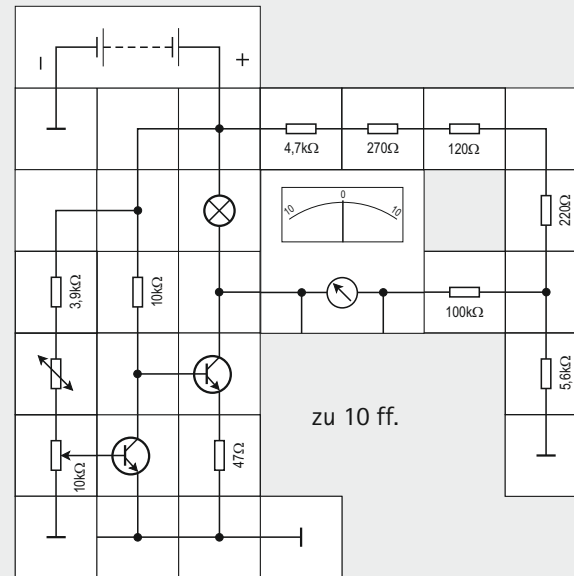
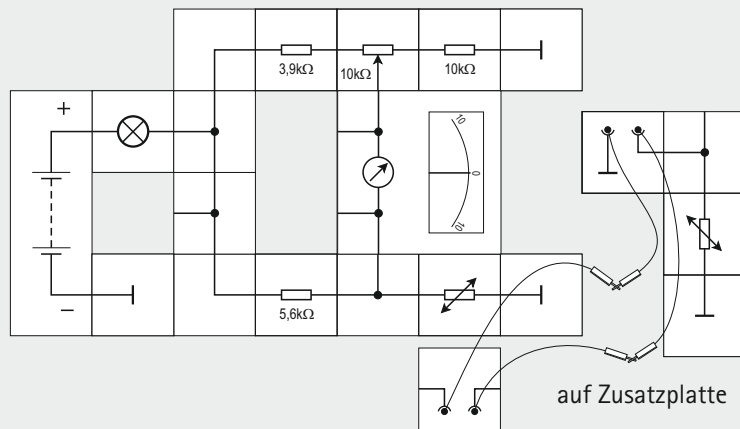
10. Wo ließe sich ein elektronisches Thermometer dieser Art einsetzen? Welchen Vorteil bietet es im Vergleich zu einem der üblichen Quecksilber-, Alkohol- oder Bimetallthermometer? Welchen Nachteil hat das elektronische Thermometer?

## Kennlinie eines Heißeiters

11. Die Kennlinie des ohmschen Widerstandes ist eine Gerade. Der hindurchfließende Strom ist der angelegten Spannung proportional. Wie wird die Kennlinie eines ohmschen Widerstandes von doppelter Ohmzahl verlaufen?

12. Die Kaltleiter – Kennlinie ist gekrümmt. Was bedeutet die Krümmung?

13. Wie wird die Heißeiter – Kennlinie aussehen? Gerade oder gekrümmt? Ähnelt sie der Kaltleiter – Kennlinie? Versuche zu zeichnen. Bedenke: der durchfließende Strom erwärmt den Heißeiter.



## NTC – Thermometer; Elektronik Thermostat; Feuermelder mit Blinksignal und Alarmton

### NTC – Thermometer für 15° – 35° C

1. Baue die oben stehende Thermometer – Schaltung auf. Als Temperaturfühler dient der Heißeiter (NTC – Widerstand, Negativer Temperatur Coeffizient) unten rechts. Wie reagiert ein Heißeiter auf ansteigende Temperatur?

2. Stelle mit dem Potentiometer den durchfließenden Strom so ein, dass der Zeiger in Skalenmitte steht.

3. Berühre den Heißeiter mit der Fingerspitze oder fasse ihn mit Daumen und Zeigefin-

ger an. Bewegt sich der Zeiger? Blase kalte Luft über den Heißeiter. Zeigerbewegung?

4. Die Skala unseres NTC – Thermometers umfasst einen Temperaturbereich von etwa 20°C. Bewegt sich der Zeiger um einen Skalenteil weiter, so hat sich der Heißeiter um etwa 2°C erwärmt. Wieviel Grad liegt deine Fingertemperatur über der Raumtemperatur? Sind die Finger von Klassenkameraden wärmer oder kälter? Um wieviel Grad?

5. Setze den Heißeiter auf die Zusatzplatte. Verbinde ihn wie abgebildet mit dem Messgerät. Hebe die Zusatzplatte mit dem Temperaturfühler hoch und setze den Fühler auf eine Ader (Vene) des Handrückens. Setze nach einiger Zeit den Fühler auf die Haut

neben der Vene. Wieviel Grad ist es hier kälter? Setze schließlich auch den Fühler noch auf eine Arterie an der Innenseite des Handgelenks. Ist es über der Schlagader wärmer oder kälter als über der Vene?

6. Unser NTC – Thermometer arbeitet als eine sogenannte Brückenschaltung. Welche Bausteine gehören zum oberen Brücken-zweig?

7. Welche Bausteine gehören zum unteren Brücken-zweig? (Die Lampe stellt nur Kurzschluss-sicherung und Abstandhalter dar).

8. Weshalb bewegt sich der Zeiger des Messgerätes nach unten, wenn wir den Heißeiter durch Anfassen erwärmen? Bedenke: Bei Erwärmung nimmt der Heißeiter – Widerstand

9. Nimm an, der Potischleifer stehe in Mittelstellung, und das Messgerät sei stromlos. Wie lautet die Brückengleichung? Wie groß ist der Widerstand des Heißeiters für diesen Fall?

### Empfindliche Heißeiter – Schaltung zum Nachweis von Wärmestrahlen

10. Wiederum ist das Messgerät Bestandteil einer Brückenschaltung. Im dem einen Brücken-zweig liegt der Baustein 5,6 kΩ. Welche Bausteine gehören zum anderen Brücken-zweig?

11. Stelle das Poti so ein, dass die Brücke abgeglichen ist, die Lampe glimmt dann. Bei Veränderung des Heißeiter – Widerstandes ändert sich auch der Basisstrom (Steuerstrom) des ersten Transistors. Wie verändert eine Erwärmung des Heißeiters den Basisstrom von  $T_1$ ? Wie beeinflusst das den Innenwiderstand von  $T_1$ ? Wie ist der Einfluss auf den Basisstrom von  $T_2$ ? Wie reagiert das Messgerät?

### Wärmestrahlung der menschlichen Hand

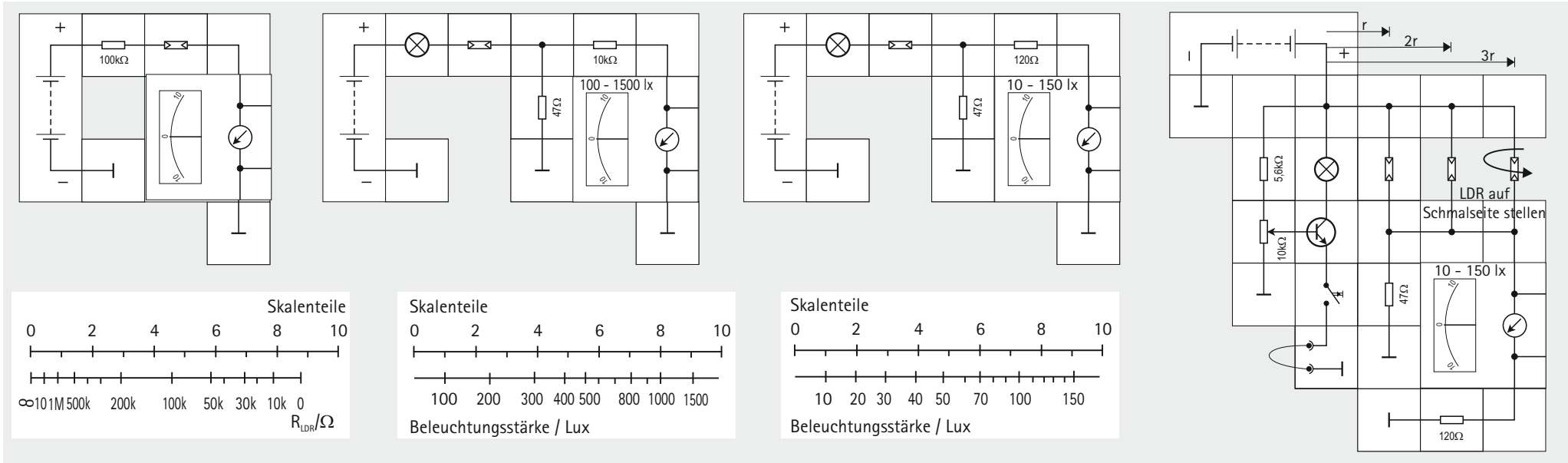
12. Halte die gewölbte Hand über den Fühler. Die Wärmestrahlen lassen den Zeiger des Messgerätes ausschlagen.

### Absorbtion von Wärmestrahlen

13. Stelle neben den Fühler ein Glas mit heißem Wasser. Halte zwischen Wasser und Fühler verschiedene Dinge (Glas, GEO – Dreieck, Heft). Werden die Wärmestrahlen durchgelassen oder absorbiert?

### Reflexion von Wärmestrahlen

14. Ein hinter den Fühler gehaltener Spiegel (oder eine blanke Münze) reflektiert die Wärmestrahlen.



## Der Photowiderstand (LDR)

1. Schaltsymbol des PHOTOWIDERSTANDES ist ein Rechteck mit 2 Winkeln. Durch ein Loch in der Bausteinoberseite wird der eigentliche Photowiderstand sichtbar. Er ist gelb mit schwarzen Linien und besteht aus dem Halbleitermaterial Cadmiumsulfid (CdS).

2. Halte die Hand über den Photowiderstand. Wie ändert sich der Zeigerausschlag? Nimmt bei Beschattung der Widerstand des Photowiderstands zu oder ab?

3. Der Widerstand ist offenbar lichtabhän-

gig, deswegen nennt man den Photowiderstand auch LDR (light dependent resistor). Wie groß ist der Widerstand unseres LDR bei Dämmerlicht (Handschatten) und bei Dunkelheit (Heft auf LDR legen)? Lies den Widerstandswert aus der Tabelle ab.

### LDR - Schaltung als Luxmeter

4. Wir schalten das Messgerät als Milliampereometer und messen den durch den Photowiderstand fließenden Strom. Der Strom ist abhängig von der Beleuchtungsstärke, deswegen können wir die Skala in Lux eichen; wir haben ein Luxmeter. Miss die Beleuchtungsstärke am Fenster oder im Freien. Bei

starker Beleuchtung des LDR ist der durchfließende Strom so stark, dass die Glühlampe aufleuchtet. Weshalb ist das Gehäuse des LDR - Bausteins schwarz?

5. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit geben wir unserem Luxmeter einen Messbereich von 10 - 150 Lux. Wie hell ist es bei Kunstlicht im Klassenraum?

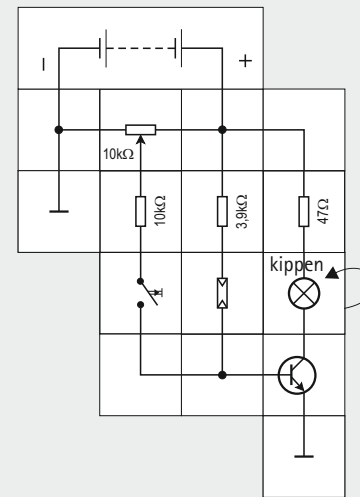
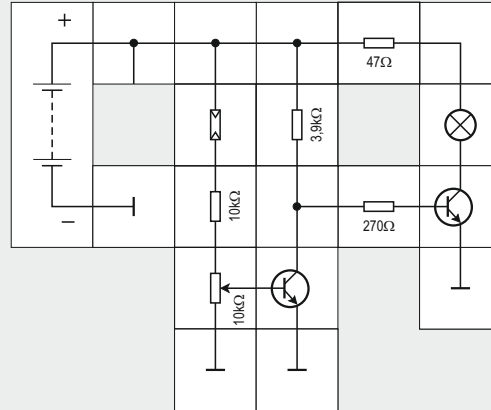
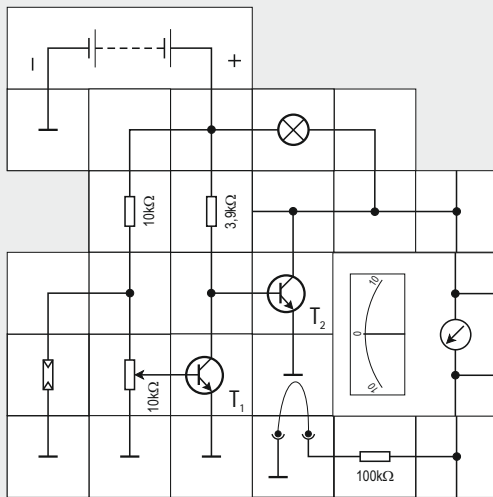
### Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke vom Abstand zwischen LDR und Lampe

6. Der Raum soll nicht hell sein, der LDR möglichst weniger als 10 Lux aufnehmen. (Notfalls Aufbauplatte unter den Tisch halten).

Stelle den LDR auf die Schmalseite. Die weiße Frontfläche muss zur Lampe zeigen. Setze den LDR an Platz 1 der Schaltung; der Abstand zwischen LDR und Lampe beträgt  $r = 2,7$  cm. Stelle mit dem Poti die Beleuchtungsstärke des LDR auf 150 Lux ein.

7. Setze den Photowiderstand an Platz 2. Wie groß ist die Beleuchtungsstärke beim Abstand  $2r = 5,4$  cm?

8. Setze den LDR auf Platz 3. Wieviel Lux sind im Abstand  $3r = 8,1$  cm zu messen? Wie hängt die Beleuchtungsstärke von der Entfernung LDR - Lampe ab? Wie lautet das Abstandsgesetz?



## Flammenwächter; Dämmerungsschalter; Pulsschlagzähler; Lichtschranke mit Tonsignal; Blinklicht Photowiderstand als Flammenwächter

1. Stelle das Potentiometer so ein, dass die Lampe zu leuchten beginnt. Beschatte den Photowiderstand mit der Hand. (Die Flamme ist aus, die Ölfeuerung gestört). Wie reagieren Lampe und Messgerät?
2. Nimmt der durch den Photowiderstand fließende Strom bei Beschattung zu?
3. Nimmt der Basisstrom des Transistors  $T_1$  zu oder ab, wenn durch Beschattung der Widerstand des LDR vergrößert wird?
4. Wie wirkt eine Zunahme des Basisstromes

auf den Innenwiderstand und auf den Kollektorstrom von  $T_1$ ?

5. Wie beeinflusst eine Verkleinerung des Innenwiderstandes von  $T_1$  den Basisstrom von  $T_2$ ?
6. Wie beeinflusst eine Veränderung des Basisstromes von  $T_2$  den Innenwiderstand und den Kollektorstrom von  $T_2$ ? Wie reagieren Lampe und Messgerät? Anwendungsbeispiel: Flammenüberwachung eines Ölbrenners. Setzt die Flamme aus, (Öl brennt nicht mehr), so wird der LDR beschattet. Die Glühlampe erlischt (Ölpumpe wird ausgeschaltet, um die weitere Ölzufuhr zu unterbrechen) und das Messgerät schlägt aus (Störungsanzeige; Ölfeuerung außer Betrieb). Ein Photo-

widerstand lässt sich als Flammenwächter bei der automatischen Ölfeuerung verwenden.

## Dämmerungsschalter für PKW – Parklicht

7. Ein Personenwagen soll ein automatisches Parklicht erhalten, dessen Parkleuchte sich selbsttätig in der Abenddämmerung ein- und am Morgen ausschaltet.
8. Als Lichtfühler verwenden wir unseren Photowiderstand. Drehe das Poti soweit im Uhrzeigersinn, bis die Lampe verlischt. Lass für den Lichtfühler die Abenddämmerung beginnen (Handschatten). Das Parklicht wird aufleuchten, weil jetzt »Nacht« ist, und am Morgen wieder verlöschen (Hand von LDR entfernen).

9. Arbeitsweise des Parklichtes:
    - a) Der Lichtfühler erhält weniger Licht
    - b) Sein Widerstand nimmt (zu / ab)
    - c) Der Photostrom wird (größer / kleiner)
    - d) Basisstrom von  $T_1$  nimmt (zu / ab)
    - e) Innenwiderstand von  $T_1$  wird (größer / kleiner)
    - f) Basisstrom von  $T_2$  nimmt (zu / ab)
    - g) Kollektorstrom von  $T_2$  wird (größer / kleiner)
    - h) Parklampe (leuchtet nicht / leuchtet)
- Mit einem Photowiderstand als Lichtfühler kann man einen Dämmerungsschalter bauen, der eine Lampe bei Dämmerlicht einschaltet.

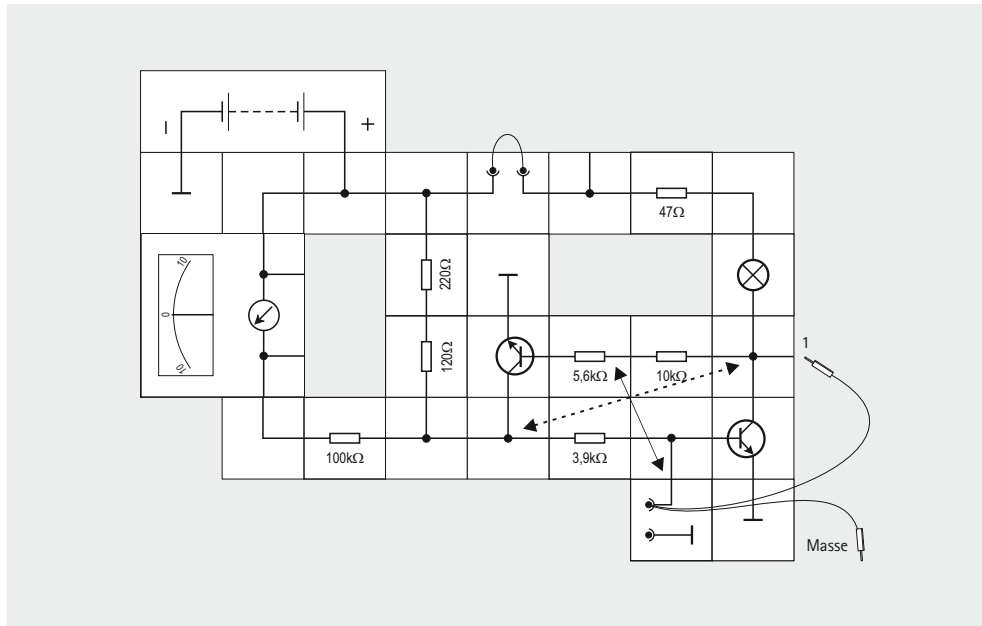
## Lichtschranke mit Selbststeuerung

10. Für diesen Versuch muss die Raumhelligkeit so gering sein, dass die Lampe nicht von selber zu leuchten beginnt. (In der Praxis kann man den LDR gegen Fremdlicht abschirmen). Drücke den Tasterknopf nieder. Die Glühlampe beginnt zu leuchten und leuchtet auch nach Loslassen des Tasters weiter.

11. Das Lampenlicht trifft auf den LDR, verringert dessen Widerstand und lässt einen starken Photostrom fließen, der als Basisstrom den Transistor durchsteuert und für große Lampenhelligkeit sorgt.

12. Bei Unterbrechung der Lichtschranke (zwischen Lampe und LDR Pappe halten) erlischt die Lampe, und leuchtet nicht wieder auf. Anwendungsbeispiel:

Schutzschranke, falls Hand oder Arm einer Person in den Gefahrenbereich einer Stanze oder Presse gelangen.



## Der bistabile Multivibrator (Flip – Flop); Binärzähler

1. Ein BISTABILER MULTIVIBRATOR besteht aus zwei Transistoren und mehreren Widerständen. Das Messgerät zeigt an, ob im Kollektorstromkreis des linken Transistors Strom fließt; im Kollektorkreis des rechten Transistors dient die Glühlampe als Stromanzeiger.
2. Tippe mit dem Stecker kurz an den Punkt 1 der Schaltung. Der Multivibrator kippt in den Zustand FLIP, und die Lampe leuchtet auf. Schlägt der Zeiger des Messgerätes aus?
3. Tippe den Stecker nun kurz auf die Aufbauplatte (Masse). Der Multivibrator kippt in den Zustand FLOP. Die Lampe erlischt. Reagiert das Messgerät?

4. Lasse die Schaltung mehrmals von Flip nach Flop und zurückkippen. Offenbar existieren zwei stabile Zustände. Leuchtet die Lampe, so verbleibt die Schaltung so lange in diesem Zustand, bis wir ihr den entsprechenden Impuls geben. Daraufhin kippt die Schaltung in den zweiten stabilen Zustand. Die Lampe ist aus und bleibt aus. Wegen der zwei stabilen Zustände heißt die Schaltung bistabile Kippstufe oder bistabiler Multivibrator, auch kurz: Flip – Flop.

5. Welche Bauelemente gehören zum Kollektorstromkreis des rechten Transistors  $T_{rechts}$ ?
6. Welche Bauelemente gehören zum Kollektorkreis von  $T_{links}$ ?

7. Sind irgendwelche Anschlüsse des Transistors  $T_{rechts}$  mit Anschlüssen von  $T_{links}$  verbunden? Wodurch?

8. Auf welchem Weg fließt Basisstrom zum rechten Transistor? Aus welchen Bausteinen besteht der Basisstromkreis des linken Transistors?

9. Die Kippstufe befindet sich im Zustand Flip. Die Lampe leuchtet. Befinden sich  $T_{links}$  und  $T_{rechts}$  im Sperr- oder im Durchlasszustand? Woran kann man das erkennen?

10. Wie verhalten sich die Transistoren im Zustand Flop (Lampe ist erloschen)?

11. Es ist möglich, durch Steckertippen an Punkt 1 und Masse den Multivibrator zwischen Flip und Flop hin- und her zu kippen. Welche Stelle der Schaltung benutzen wir dabei als Steuerkontakt?

12. Tippe den Stecker an Punkt 1. Durch die Steckerschur fließt ein Basisstrom zur Basis von  $T_{rechts}$ . Weshalb leuchtet die Lampe auf?

13. Wenn der Innenwiderstand des rechten Transistors sehr klein ist, liegt Punkt 1 der Schaltung praktisch an Masse. Somit kann durch die Widerstände  $10\text{ k}\Omega$  und  $5,6\text{ k}\Omega$  kein Strom zur Basis von  $T_{links}$  fließen. Welche Wirkung hat das auf den linken Transistor?

14. Was zeigt der geringe Ausschlag des Messgerätes an? Welchen Einfluss hat der Zustand von  $T_{links}$  auf  $T_{rechts}$ ?

15. Weshalb leuchtet die Lampe auch dann weiter, wenn der Stecker nicht mehr den Punkt 1 berührt?

16. Tippe nun den Stecker kurz auf die Aufbauplatte (Masse). In diesem Augenblick

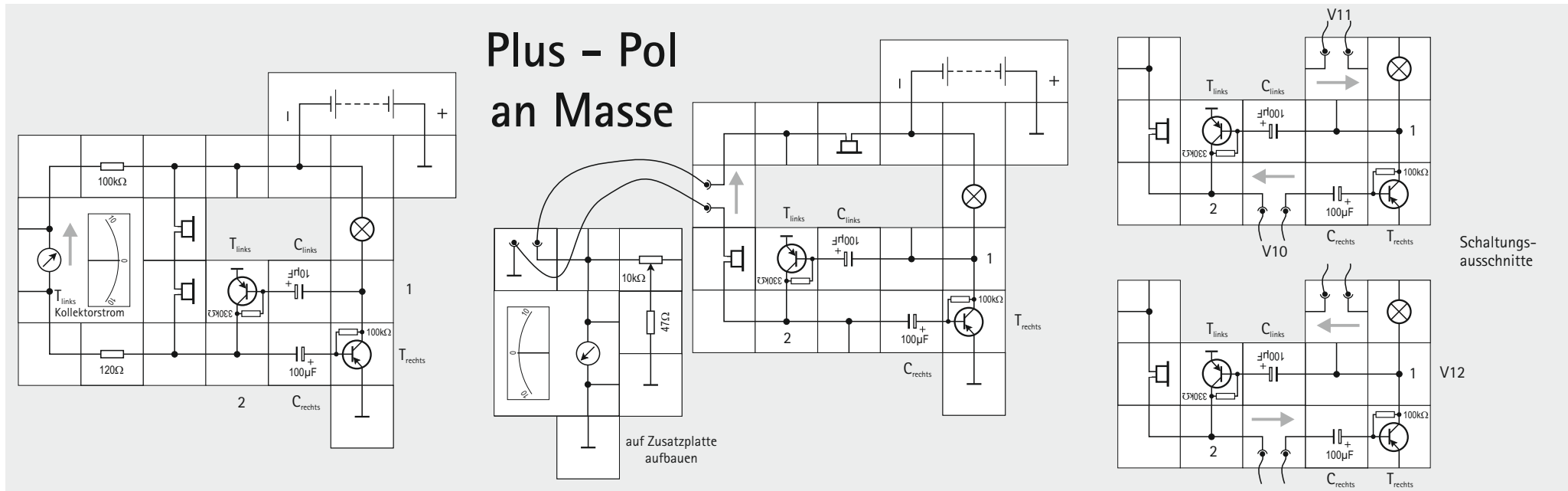
fließt der Basisstrom des rechten Transistors direkt zur Masse. Wie reagiert  $T_{rechts}$  wenn er keinen Basisstrom mehr erhält? Weshalb erlischt die Lampe, und das Messgerät schlägt aus? Welche Vorgänge spielen sich ab?

17. Kippen Flip nach Flop in Zeitlupe:

- a) Stecker berührt die Aufbauplatte. Es fließt kein Basisstrom zu  $T_{rechts}$
- b)  $T_{rechts}$  gelangt in den Sperrzustand
- c) Es fließt kein Kollektorstrom mehr
- d) Die Lampe leuchtet nicht mehr
- e)  $T_{links}$  erhält Basisstrom. Stromweg: Batterie /  $47\ \Omega$  / Lampe /  $10\text{ k}\Omega$  /  $5,6\text{ k}\Omega$  / Basis
- f)  $T_{links}$  gelangt in den Durchlasszustand
- g) Es fließt Kollektorstrom
- h) Das Messgerät schlägt aus
- i) Weil der Innenwiderstand von  $T_{links}$  klein ist, fließt durch den Widerstand  $3,9\text{ k}\Omega$  kein Basisstrom nach  $T_{rechts}$
- k)  $T_{rechts}$  sperrt

Beim Flip – Flop wird durch die Kopplung Kollektor  $T_{rechts}$  / Basis  $T_{links}$  und Kollektor  $T_{links}$  / Basis  $T_{rechts}$  erreicht, dass jeweils der eine Transistor leitet, während der andere sperrt. Die Schaltung hält sich selbst bei Flip oder bei Flop. Der bistabile Multivibrator besitzt zwei stabile Zustände.

18. Vertausche die an der Basis liegenden Bausteine, also  $5,6\text{ k}\Omega$  gegen T – Stück plus Trennbaustein mit Steckerschur und Leitungskreuz gegen T – Stück. Lässt sich auch die Basis des linken Transistors zum Steuern benutzen?



## Der astabile Multivibrator

1. Der ASTABILE MULTIVIBRATOR besteht aus zwei Transistoren, zwei Kondensatoren und vier Widerständen. Welche vier Widerstände sind das? (Ohne Messgerät;  $100\text{ k}\Omega$ ;  $120\ \Omega$ )
2. Wenn die Lampe leuchtet (Zustand der Schaltung heißt Flip), ist  $T_{\text{rechts}}$  leitend. Wie verhält sich  $T_{\text{links}}$  bei Flip?
3. Wenn die Lampe nicht leuchtet (Zustand der Schaltung heißt Flop), dann sperrt  $T_{\text{rechts}}$ . Wie verhält sich der linke Transistor bei Flop?
4. Ohne Basisstrom fließt kein Kollektorstrom. Von welchem Punkt der Schaltung erhält  $T_{\text{rechts}}$  Basisstrom?
5. Von welchem Punkt und über welchen

Baustein erhält  $T_{\text{links}}$  Basisstrom?

6. Wie das Knacken im Ohrhörer zeigt, schalten die Transistoren schlagartig von Flip nach Flop. Wann knackt es?

Unsere Schaltung kippt ständig von einem Zustand (Flip) in den anderen Zustand (Flop) und wieder zurück. Keiner der Zustände ist stabil, deswegen heißt die Schaltung ASTABILE KIPPSTUFE oder ASTABILER MULTIVIBRATOR.

7. Wir verändern die Kapazitäten:

- a) Es sei  $C_{\text{links}} = 0,1\ \mu\text{F}$ ;  $C_{\text{rechts}} = 100\ \mu\text{F}$
  - b) Wähle  $C_{\text{links}} = 0,1\ \mu\text{F}$ ;  $C_{\text{rechts}} = 10\ \mu\text{F}$
  - c) Wähle  $C_{\text{links}} = 0,1\ \mu\text{F}$ ;  $C_{\text{rechts}} = 0,1\ \mu\text{F}$
- Wird ein Ergebnis sichtbar oder hörbar?

Die Kippfrequenz der astabilen Kippstufe hängt von der Kapazität der beiden Kippkondensatoren ab.

8. Damit wir die Bedeutung der Kippkondensatoren besser erkennen, müssen wir die zu- und abfließenden Ströme messen. Baue die nebenstehende Schaltung auf. Die Zusatzplatte mit dem Messgerät darf die Aufbauplatte nicht berühren. Mit dem Poti stellen wir den Messbereich so ein, dass der Zeiger die 10 nicht erreicht. Potiknopf zunächst bis zum Anschlag im Gegenuhrzeigersinn drehen.

9. Gemessen wird der Kollektorstrom von  $T_{\text{links}}$ . Wann leitet  $T_{\text{links}}$  besonders gut? Wann weniger gut? Wann sperrt er? Vergleiche das

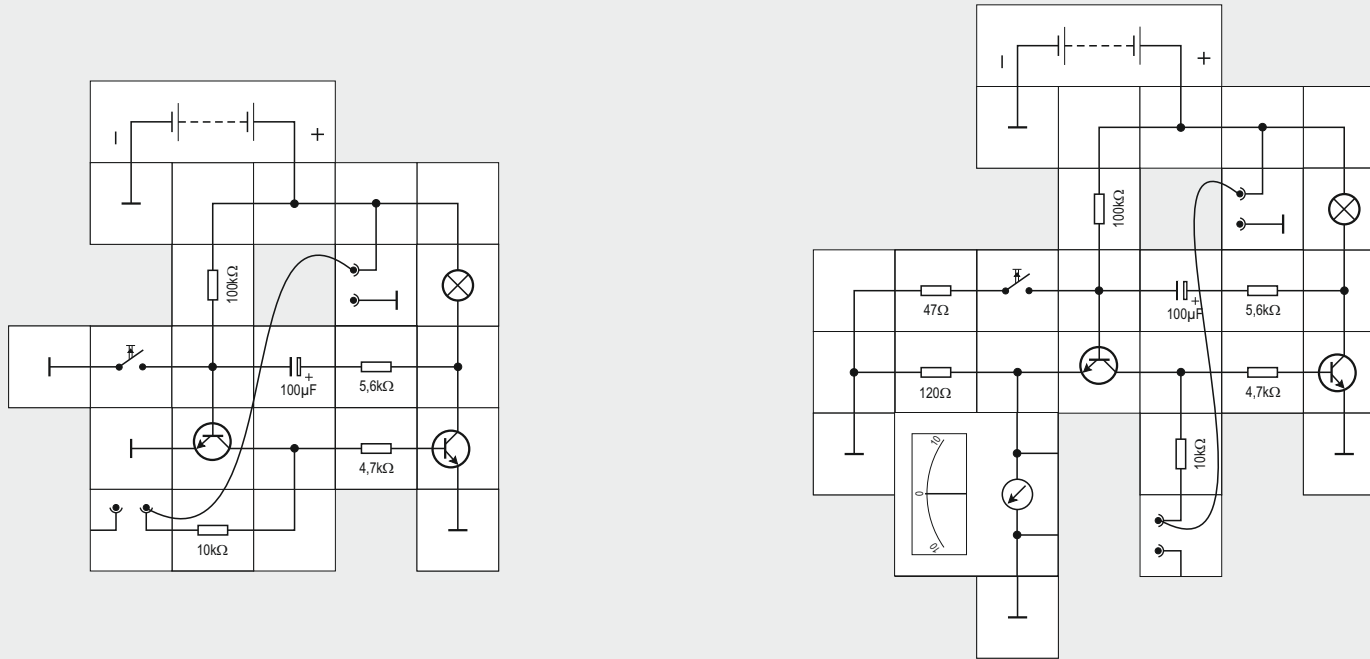
Verhalten von  $T_{\text{links}}$  mit dem Umschaltknacken im Ohrhörer und mit der Lampenhelligkeit.

10. Setze den Trennbaustein zwischen  $C_{\text{rechts}}$  und Punkt 2 in die Schaltung ein. Schließe die zwischen den beiden Ohrhörern entstandene Lücke mit dem verfügbaren T - Stück. Wann fließt Aufladestrom zum Kondensator  $C_{\text{rechts}}$ ?

11. Füge den Trennbaustein zwischen  $C_{\text{links}}$  und Punkt 1 ein. Wann fließt ein Aufladestrom nach  $C_{\text{links}}$ ?

12. Nun messen wir den Entladestrom. Wann entlädt sich  $C_{\text{links}}$ , wann  $C_{\text{rechts}}$ ? Auf welchem Weg?





## Der monostabile Multivibrator (Mono - Flop)

1. Bestandteile des Mono - Flops: Zwei Transistoren; ein Kondensator; vier Widerstände. Wie sind die Transistoren gekoppelt?

2. Nach Anlegen der Batterie leuchtet die Lampe. Warte, bis sie von selbst verlöscht. Drücke jetzt den Taster kurz nieder. Wann ist  $T_{rechts}$  leitend? Kennzeichen dafür? Ist dieser

Zustand stabil?

3. Miss den Emittterstrom von  $T_{links}$  (Parallelwiderstand des Instruments ist  $120\ \Omega$ ; Vollauschlag des Instruments ca.  $3,5\ \text{mA}$ . Der Widerstand  $47\ \Omega$  dient zum Schließen der Baulücke). Wann fließt Strom? Ist der Zustand stabil?

4. Weshalb und auf welchem Wege erhält  $T_{rechts}$  nur kurzzeitig Basisstrom?

5. Weshalb erhält  $T_{links}$  ununterbrochen Basisstrom? (Vorausgesetzt, der Taster ist nicht gedrückt). Stromweg?

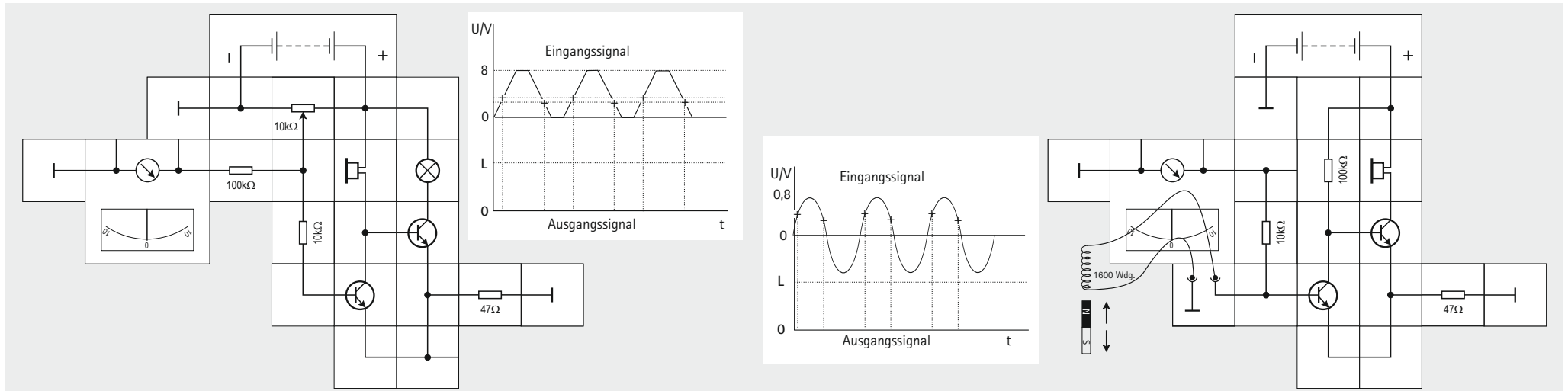
6. Wann lädt und entlädt sich C? Stromwege?

Der MONOSTABILE MULTIVIBRATOR ist eine Kippschaltung, die nach der Ansteuerung in den Betriebszustand Flip kippt und nach bestimmter Zeit von selbst in den Zustand Flop übergeht. Nur der Ruhezustand Flop

ist stabil, deswegen heißt die Schaltung monostabil.

7. Ersetze die  $100\ \mu\text{F}$  durch  $10\ \mu\text{F}$  und  $0,1\ \mu\text{F}$ . Ist eine Abhängigkeit der Leuchtdauer von der Kapazität zu erkennen? Welchen Widerstand müsste man bei beibehaltener Kapazität verändern, um die Leuchtdauer zu variieren?





## Der Schmitt - Trigger als Schwellwertschalter und Impulsformer

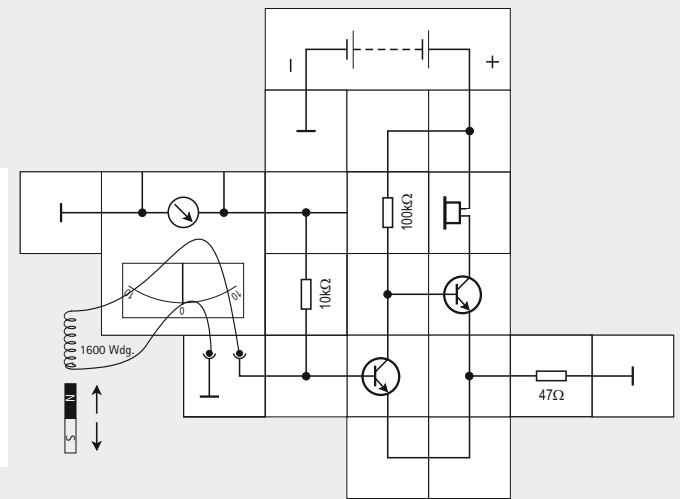
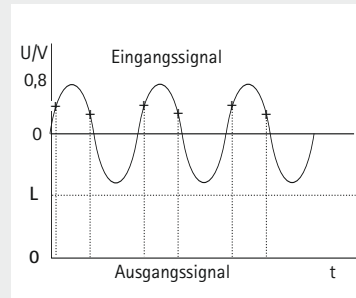
1. Wie sind die beiden Transistoren des Schmitt - Triggers gekoppelt? Schau auf die linke Schaltung; beachte die Emitteranschlüsse.
2. Bei der Schaltung ist die Basis des rechten Transistors nicht nur direkt mit dem Kollektor des linken verbunden, auch der Emitter des rechten Transistors ist mit dem Emitter des linken gekoppelt; es gibt einen gemeinsamen niederohmigen Emitterwiderstand. Diese Schaltungsstruktur nennt man SCHMITT - TRIGGER.
3. Lass durch Drehen am Potentiometerknopf die Eingangsspannung von 0 - 8 V ansteigen. Bei welchem Schwellwert verlischt

die Lampe? Knackt der Ohrhörer? Welcher Transistor leitet, welcher sperrt?

4. Bei welchem Schwellwert leuchtet die Lampe wieder auf? Was geschieht dabei?

Der Schmitt - Trigger ist eine Kippstufe aus zwei Transistoren mit **gemeinsamem Emitterwiderstand**. Wenn das Eingangssignal einen bestimmten Schwellwert **über- oder unterschreitet**, schaltet die Kippstufe **schlagartig um**. Der Schmitt - Trigger ist ein **Schwellwertschalter**.

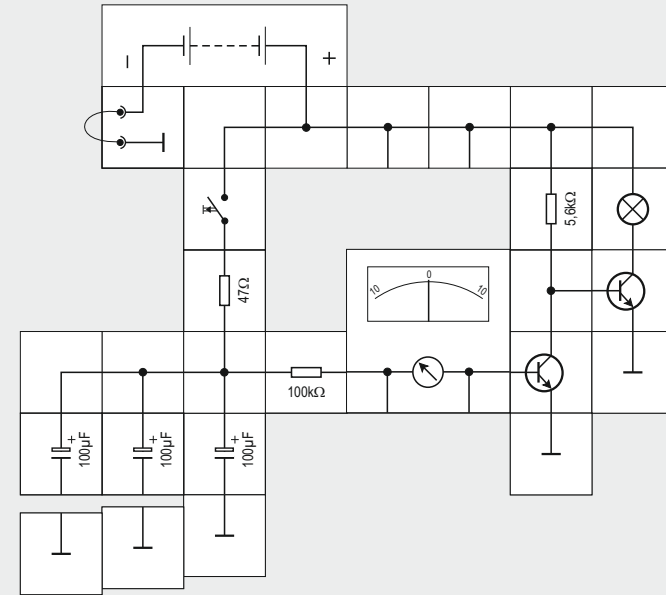
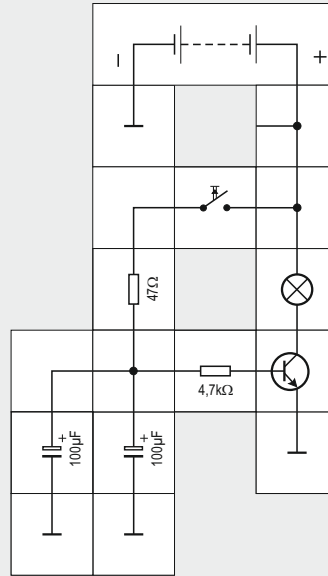
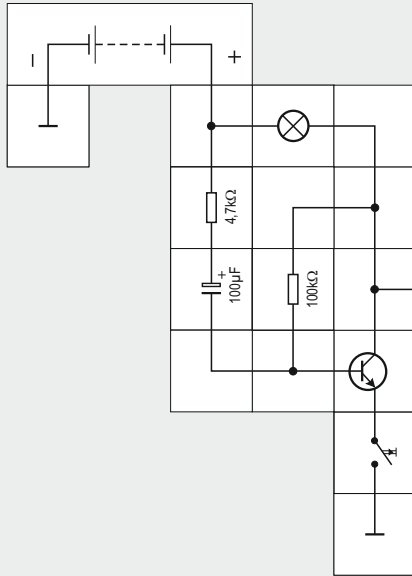
5. Wir wollen Impulse mit schrägen Flanken erzeugen und mit diesen Trapez - Impulsen den Eingang des Schmitt - Triggers ansteuern. Durch Drehen am Potentiometerknopf können wir die Eingangsspannung ansteigen oder abfallen lassen.
  - a) Spannung steigt von 0V bis - 8V (2 Sek)
  - b) keine Spannungsänderung (1 Sek)
  - c) Spannung fällt von 8V bis 0V (2 Sek)
  - d) keine Spannungsänderung (1 Sek)
  - e) wie a bis d; zweiter Trapez - Impuls
  - f) wie a bis d; dritter Trapez - Impuls



9. Inwiefern unterstützt der Emitterwiderstand 47 Ω die Kippeigenschaften des Schmitt - Triggers?

10. Ersetze den Widerstand 10 kΩ durch den Photowiderstand. Stelle das Ausgangssignal 0 ein; beschrifte den LDR. Wie arbeitet der lichtgesteuerte Schwellwertschalter? Anwendungsbeispiel?

11. Wir erzeugen mit einer Induktionsspule und einem Tauchmagneten eine Anzahl von wellenförmigen sinusähnlichen Impulsen; Spitzenspannung ca. 0,8V bis 0,9V. Nur die positive Halbwelle oberhalb der Zeitachse wird vom Messgerät angezeigt und steuert den Trigger. Durch das Knacken der Ohrhörer wird das Umschalten 0 - L - 0 - L ... hörbar. Wann gibt es L, wann 0 - Signal? Zeichne die Kurve.



## Der Aufladestrom eines Kondensators steuert einen Transistor

1. Baue die linke Schaltung auf. Drücke längere Zeit auf den Taster. Ergebnis? Weshalb leuchtet die Lampe nur kurz auf? Bedenke: Wenn kein Basisstrom fließt, sperrt der Transistor.
2. Welchen Weg nimmt der Aufladestrom des Kondensators  $C$ ? Wann fließt der Strom?
3. Auf welchem Weg entlädt sich  $C$ ? Wann?

Der Entladestrom eines Kondensators fließt zur Basis eines Transistors

4. Baue die mittlere Schaltung auf. Drücke kurz den Taster nieder. Weshalb leuchtet die Lampe nur kurze Zeit?

5. Wir unterscheiden drei Stromwege:

- a) Weg des Aufladestromes
- b) Weg des Entladestromes
- c) Weg des Kollektorstromes

6. Welchen Einfluss hat die Kapazität  $C$  auf die Leuchtdauer der Lampe? Wähle  $C = 200\mu\text{F}$ . Verändere auch  $R$ : ( $120\Omega$ ;  $10\text{k}\Omega$ )

Über ein RC - Glied mit nachgeschaltetem

Transistor kann man die Einschaltzeit einer Glühlampe beeinflussen.

Ein RC - Glied verzögert das Einschalten einer Glühlampe

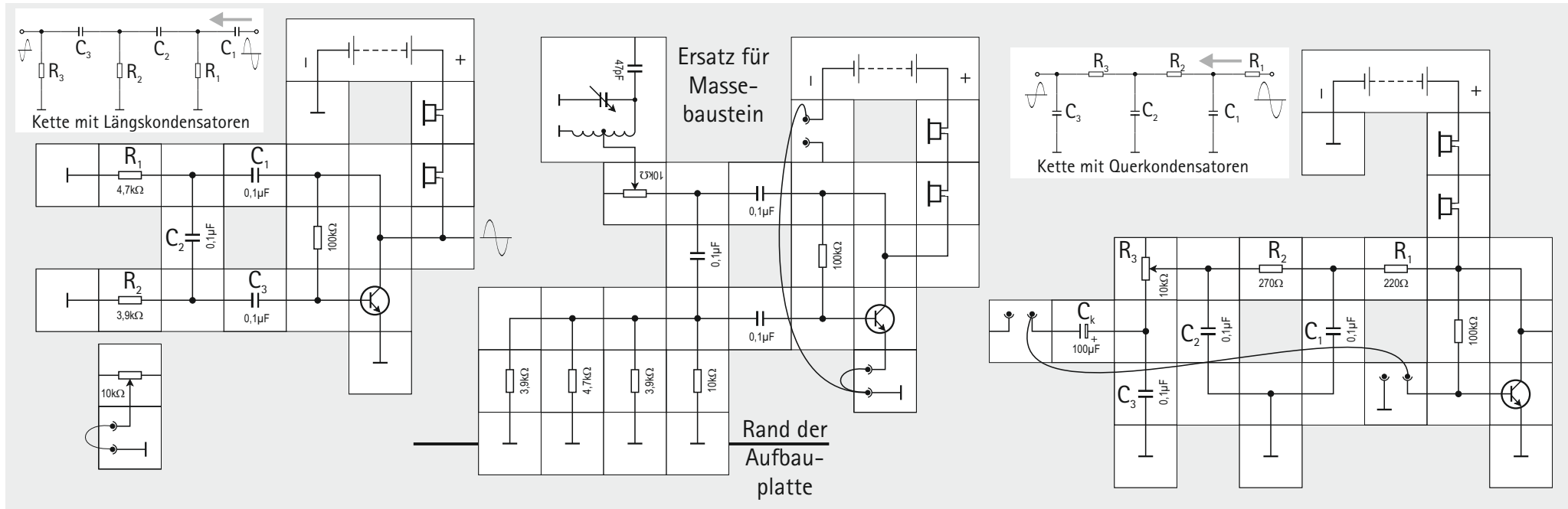
7. Bei Betätigung des Tasters in der rechten Schaltung wird der Kondensator  $C = 10\mu\text{F}$  aufgeladen.

8. Nach Loslassen des Tasters entlädt sich  $C$  über den Widerstand  $R = 100\text{k}\Omega$ . Der Entladestrom fließt durch das Messgerät zur Basis von  $T_{\text{links}}$ . Bei Stromstärken größer als  $10\mu\text{A}$  ist der linke Transistor leitend.

9. Infolge des voll leitenden  $T_{\text{links}}$  liegt die Basis von  $T_{\text{rechts}}$  auf Massepotential.  $T_{\text{rechts}}$  erhält keinen Basisstrom und befindet sich im Sperrzustand. Die Lampe leuchtet nicht.

10. Beim Absinken des Entladestromes auf weniger als  $10\mu\text{A}$  beginnt  $T_{\text{links}}$  zu sperren,  $T_{\text{rechts}}$  zu leiten. Die Lampe leuchtet erst wenig, dann mehr.

11. Ermittle die Einschaltverzögerung für  $C = 10\mu\text{F}$ ;  $C = 100\mu\text{F}$ ;  $C = 200\mu\text{F}$ . Sie beträgt jeweils 2 bis 3 Zeitkonstanten. Wie kann man die Zeitkonstante des RC - Gliedes errechnen?



## CR/RC – Phasenschieber – Generator und Wienbrücke

1. Nach dem Aufbau der Schaltung ist ein tiefer »Orgelton« zu hören; die Schaltung schwingt. Mit einem angeschlossenen Oszillographen kann man zeigen, dass es sich um sinusförmige Schwingungen handelt.
2. Die Frequenz der Schwingung wird bestimmt durch eine sogenannte PHASENSCHIEBERKETTE, ein Netzwerk aus den Kondensatoren  $C_1, C_2, C_3$  und den Widerständen  $R_1, R_2, R_3$ . ( $R_3$  ist für unsere Schaltung nicht nötig)
3. Die Phasenkette vermindert den Basis-

strom, wenn der Transistor leitet; sie verstärkt den Basisstrom, wenn der Transistor sperrt. Somit bewirkt die Kette eine Phasenverschiebung um  $180^\circ$ .

4. Wähle  $R_1 = 220 \Omega$ ;  $R_2 = 270 \Omega$  Ergebnis?
5. Wähle  $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$ ;  $R_2 =$  Potentiometer mit Massebaustein. Wird die Frequenz einstellbar?

Wenn der Kollektor eines Transistors über eine Phasenschieberkette mit der Basis gekoppelt wird, kommt es zu sinusförmigen Schwingungen von einer bestimmten Frequenz.

6. Sind die Kondensatoren und die Widerstände gleich, so schwingt die mit Längskondensatoren bestückte Phasenkette mit der Frequenz

$$f = 1 / 2\pi \cdot R \cdot C \cdot \sqrt{6}$$

## 7. Elektronische Orgel mit Phasenkette

Die Massebausteine ragen über den Rand der Aufbauplatte und können als »Orgeltasten« niedergedrückt werden. Stelle mit dem Poti möglichst tiefe Töne ein; drücke auch zwei Tasten zugleich nieder. Lichtorgel: LDR statt  $10 \text{ k}\Omega$ . Verändert man in einer RC - Phasenschieberkette die Widerstände, so ändert

sich auch die Frequenz, und man kann eine einfache elektronische Orgel bauen.

8. Baue eine Phasenkette mit Querkondensatoren auf. ( $C_k$  koppelt nur). Wähle auch  $R_3 = 120 \Omega + 47 \Omega$ .

Vergleiche mit V4. Die Schaltung schwingt mit der erheblich höheren Frequenz

$$f = \sqrt{6} / 2\pi \cdot R \cdot C$$

Zusammen mit einem Transistor kann eine RC - oder CR - Phasenschieberkette sinusförmige Schwingungen erzeugen. Die Glieder der Kette bestimmen die Frequenz. Die Phasenverschiebung beträgt  $180^\circ$ .



## Analoge und digitale Signale und Systeme

1. Drehe am Potentiometerknopf; erst im Uhrzeigersinn, dann entgegengesetzt. Je größer der Drehwinkel ist, desto weiter schlägt der Zeiger aus. Der Zeigerausschlag ist dem Drehwinkel analog; wir erhalten ein analoges Signal.

2. Beschatte und belichte den Photowiderstand. Licht und Schatten beeinflussen den durch das Messgerät fließenden Strom. Ist der Zeigerausschlag der Beleuchtungsstärke analog? Versuche, die Kurve zu zeichnen.

3. Drücke kurz auf den Taster. Der Kontakt kann nur geschlossen sein (Zustand L), oder er kann offen sein (Zustand 0). Das Messgerät zeigt nur 0 oder L an; es handelt sich um ein binär - digitales Signal. Zeichne die Kurve.

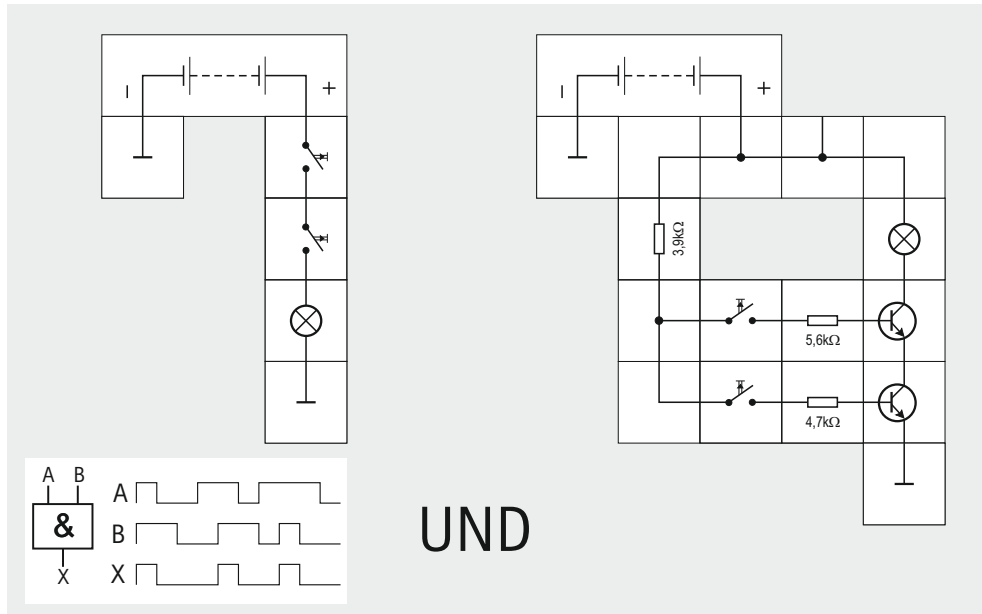
4. Die Reihenschaltung von Taster und Lampe bildet ein sehr einfaches digitales System. Der Taster am Eingang kann von uns niedergedrückt sein, wobei er den Strom leitet (L), oder er wird nicht gedrückt und leitet nicht (0). Da der Taster nur die zwei Betriebszustände 0 und L kennt, bezeichnen

wir ihn als binäres Bauelement; in der Schaltalgebra als eine binäre Variable.

5. Die Lampe am Ausgang des Systems kann in dieser Schaltung ebenfalls nur zwei Betriebszustände einnehmen; sie leuchtet (L), oder sie leuchtet nicht (0). Ist die Lampe ein binäres Bauelement? Das Modell einer binären Variablen? Bedenke: Binäre Zustände sind immer durch zwei gegensätzliche Möglichkeiten gekennzeichnet, beispielsweise Ja/Nein; Rechts/Links; Aus/Ein; 0/1; 0/L. Ist das Messgerät ein binäres Bauelement?

6. **Analoge Signalverarbeitung**  
Stelle das Potentiometer so ein, dass die Lampe fast leuchtet. Beschatte den Photowiderstand erst wenig, dann stark. Versuchsergebnis? Ist die Eingangsgröße (Beleuchtungsstärke) der Ausgangsgröße (Lampenhelligkeit) analog? Gibt es ein Kennzeichen dafür?

7. **Digitale Signalverarbeitung**  
Der Lichtfühler (LDR) am Eingang des Systems steuert einen Schwellwertschalter; die Lampe liefert das Ausgangssignal. Versuchsaufbau wie in V6. Werden Zwischenwerte angezeigt? Ist das Ausgangssignal analog oder binär - digital? Kennzeichen dafür?



## UND

### Digitale Grundschaltungen UND; ODER; NICHT

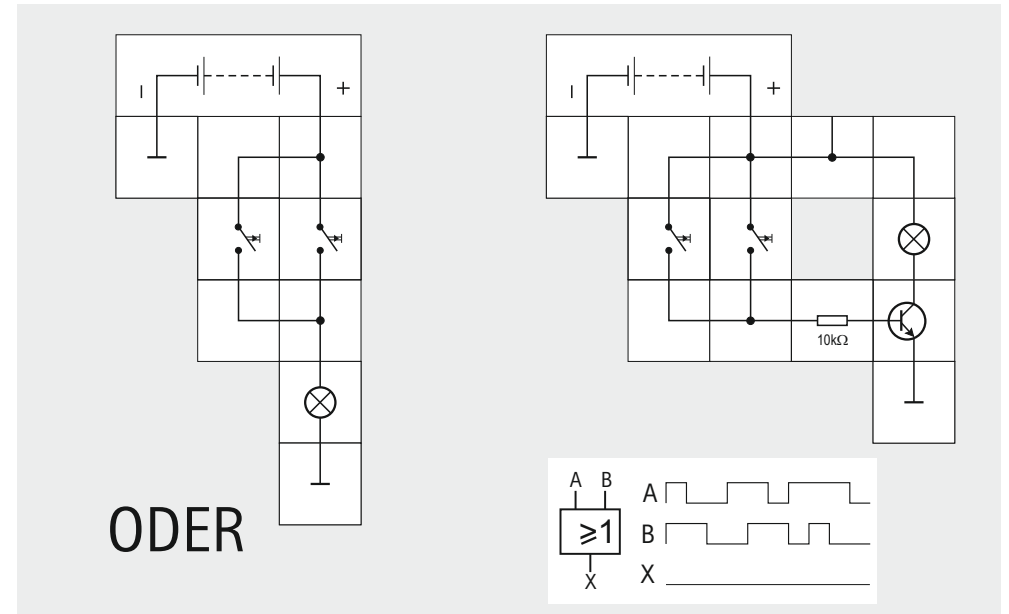
#### Die UND - Schaltung

1. Baue die linke Schaltung auf. Es gibt den Eingang A, dargestellt durch den Taster, und den Eingang B, dargestellt durch einen zweiten Taster.
2. Die Lampe am Ausgang X zeigt nur dann L - Signal, wenn Eingang A im Zustand L ist (Taster gedrückt) UND wenn Eingang B im Zustand L ist (Taster ebenfalls gedrückt).

3. Diese Verknüpfung läßt sich in einer Tabelle darstellen:

A	B	X
0	0	0
0	L	0
L	0	0
L	L	L

4. Baue nach der rechten Schaltung ein UND - Gatter auf. Es muss zur Basis des oberen UND zur Basis des unteren Transistors Strom fließen, wenn die Lampe im Kollektorkreis leuchten soll. X ist nur dann L, wenn A und B beide L sind.



## ODER

5. Schau auf den Zeitfunktionsplan UND. Zeichne das UND - Schaltsymbol ab.

#### Die ODER - Schaltung

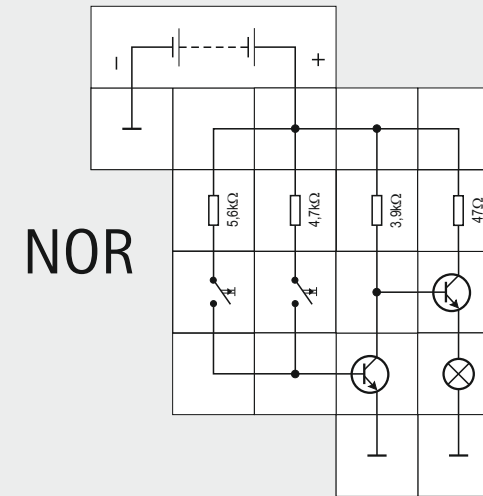
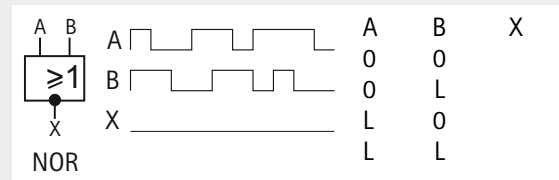
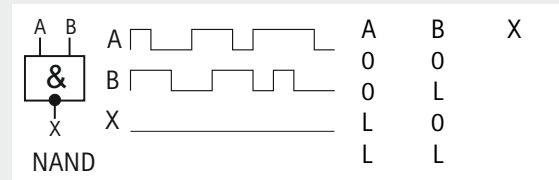
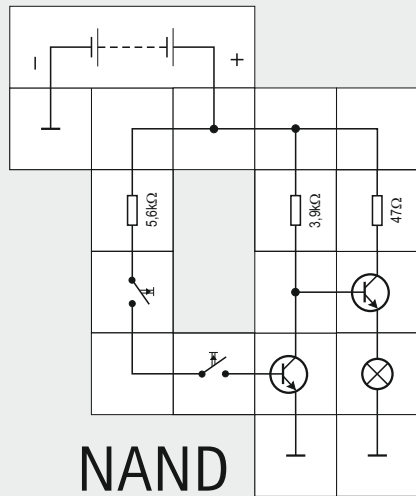
6. Baue die linke Schaltung auf. Es gibt den Eingang A (Taster), den Eingang B (Taster) und den Ausgang X (Lampe).
7. Die Lampe zeigt L - Signal (leuchtet), wenn der Eingang A im Zustand L ist (Taster gedrückt) oder wenn der Eingang B im Zustand L ist (Anderer Taster gedrückt), oder beide Eingänge L sind.

8. Zeichne diese ODER - Verknüpfungstabelle ab und fülle sie aus.

A	B	X
0	0	
0	L	
L	0	
L	L	

9. Baue nach der rechten Schaltung ein ODER - Gatter auf. Es muss über den Eingang A oder über den Eingang B Strom zur Basis fließen, wenn die Lampe leuchten soll. X ist L, wenn A gleich L ist oder B gleich L ist oder A wie B beide L sind.

10. Zeichne den Zeitfunktionsplan ODER ab; vervollständige ihn.



## Digitale Grundschaltungen: NAND; NOR

### Das NAND - Gatter (UND - NICHT)

1. Das NAND - Gatter besteht aus einer UND - Schaltung mit NICHT - Glied. Nur wenn Basisstrom über Taster A und über Taster B zum Transistor fließt, wird die Lampe durch den leitenden Transistor kurzgeschlossen und leuchtet nicht.

2. Stelle den Zeitfunktionsplan auf.

### Das NOR - Gatter (ODER - NICHT)

3. Das NOR - Gatter besteht aus einer NOR - Schaltung mit NICHT - Glied. Wenn Basisstrom über Taster A oder über Taster B fließt,

wird die Lampe durch den leitenden Transistor kurzgeschlossen und leuchtet nicht. Falls A oder B nicht L ist, leuchtet die Lampe.

4. Stelle den Zeitfunktionsplan auf.

5. Fertige für die NAND - Funktion die Wahrheitstabelle an.

6. Fertige für die NOR - Funktion die Wahrheitstabelle an.

### 7. NOR - Schaltung eines Waschautomaten mit Trockengehschutz und Türsicherung

Bei einer Waschmaschine kann die Hausfrau vergessen haben, den Wasserzulauf zu öffnen. In diesem Fall meldet der entsprechende

Fühler «zu wenig Wasser vorhanden» (L - Signal); beim Aufheizen würden die Heizelemente durchbrennen. ODER die Klappe wird fahrlässig geöffnet (L - Signal); spielende Kinder können zu Schaden kommen. Beim Eintreten des einen oder des anderen Falles wäscht der Automat nicht. Zeichne!

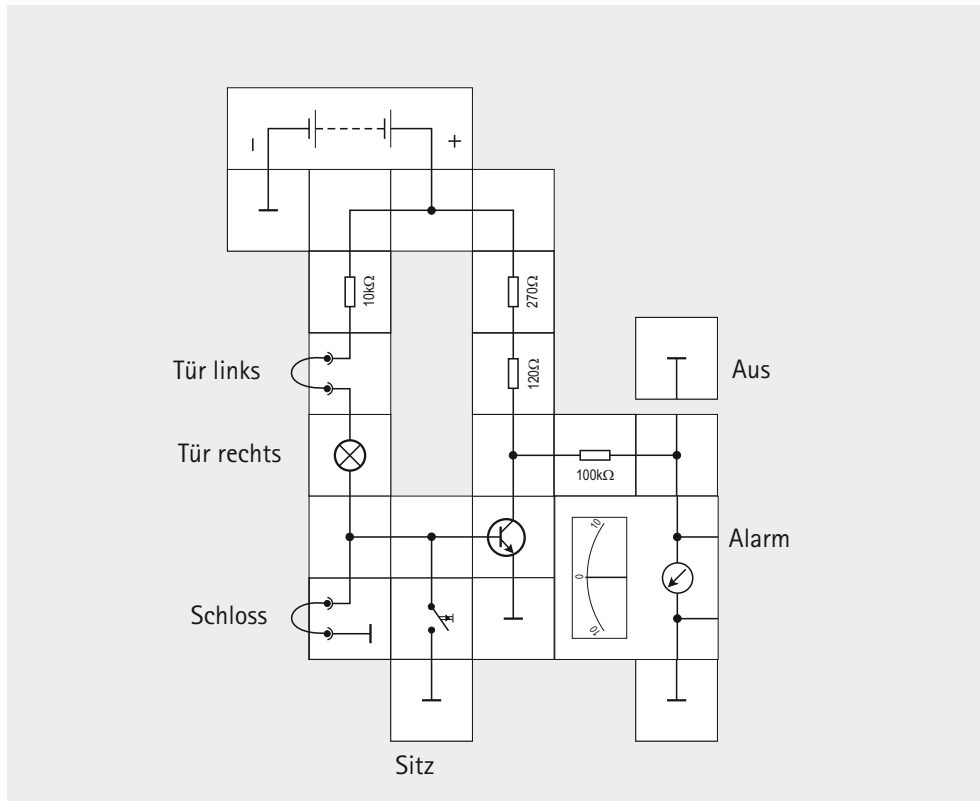
8. Natürlich kann ein Gatter auch mehr als zwei Eingänge haben. Zum besseren Verständnis wollen wir Vorgänge des täglichen Lebens nehmen und diese den digitalen Grundschaltungen zuordnen. So braucht jemand, der Autofahren möchte, ein fahrbereites Auto sowie einen dazu passenden Zündschlüssel.

9. Wir erweitern das Beispiel. Der Fahrer darf

keine Panne haben und sollte auch die Papiere nicht vergessen. Nur wenn die Absicht und ein Auto und ein Schlüssel und der Führerschein und die Wagenpapiere vorhanden sind und ein Defekt oder Benzinmangel oder eine Reifenpanne nicht eintritt, kann die Autofahrt stattfinden. Stelle dar!

10. Zur funktionierenden Taschenlampe gehören Gehäuse; Lämpchen; frische Batterie. Handelt es sich um UND? Um ODER?

11. Wenn jemand Herzklopfen hat, so kann beispielsweise eine Grippe, ein Krimi, schließlich auch Treppen steigen die Ursache sein. Stelle den Zusammenhang als digitale Grundschaltung dar.



12. Ein Fan möchte Musik hören. Ihm stehen drei betriebsbereite Geräte (Radio, Plattenspieler, Tonbandgerät) mit Platten und Band zur Verfügung. Eventuell schaltet er alle drei gleichzeitig ein. Zeichne als digitale Schaltung!

13. Wenn ein Brief geschrieben werden soll, sind Briefpapier, Füller oder Kuli, Umschlag, Briefmarke und Adresse nötig. Benutze digi-

tale Symbole. Ferner darf der Schreiber nicht gestört werden und auch nicht müde werden.

14. Sicherungsanlage gegen Autodiebstahl

Versuche zu zeichnen: (2 ODER; 1 NAND) Sowohl beim Öffnen der linken Tür (Kabel herausziehen) als auch beim Öffnen der rechten Tür (Lampe losschrauben) ertönt die

Alarmhupe (Messgerät schlägt aus). Versucht der Dieb, ein von außen zugängliches Schloss (Attrappe des Hauptschalters) mit einem Dietrich zu öffnen (Kabel einstecken) oder unter Umgehung der Türen sich auf den Fahrersitz zu setzen (Taster drücken), so gibt es Alarm. Der Besitzer betätigt rechtzeitig den Schalter Aus. (Massebaustein ansetzen; Alarm Aus).