

Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik

Josef Straßhofer

Bauen - Messen - Rechnen

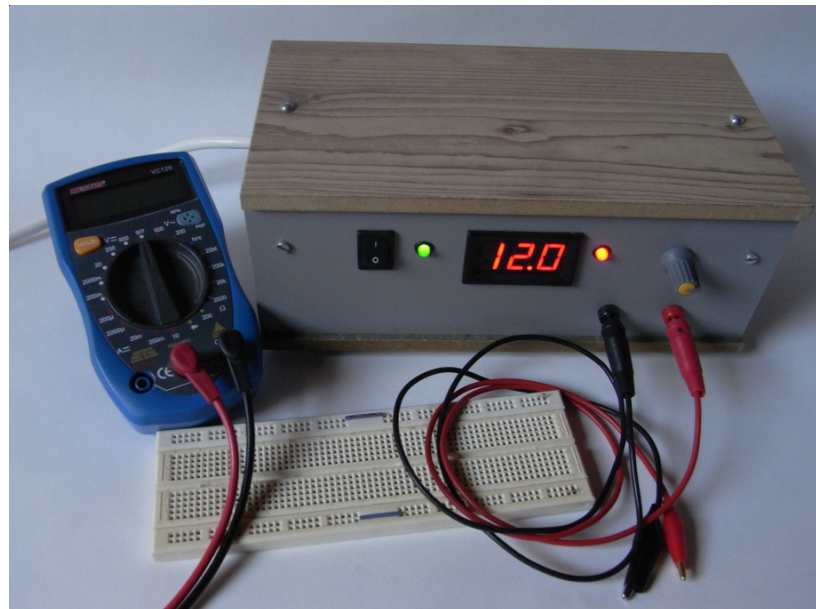
Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik in Theorie und Praxis

Arbeitsprogramm

Arbeitsblätter:

Reihenschaltung (1)	Potentiometer (2)
Parallelschaltung (1)	Diode (1)
Gemischte Schaltung (2)	Zener-Diode (1)
Ohmsches Gesetz (1)	Leuchtdiode (1)
Spannungsteiler (3)	NTC (1)
	Fototransistor (1)

Josef Straßhofer
Stelzhamer Str. 28
A-4710 Grieskirchen
josef@strasshofer.at
Copyright V-2020-4548



Das Ziel dieses Programms besteht darin, dass mit möglichst wenig Materialaufwand und mit einer vertretbaren Grundausstattung (Stromversorgung, Steckboard, Digital-Multimeter, Bauelemente) die Grundlagen der Elektrotechnik vorbereitend auf die Berufsschule und auf den Beruf behandelt werden können. Das zentrale Thema ist die Fachmathematik (Fachrechnen) in Verbindung mit der Fachkunde und der Werkstattpraxis.

Bauen - Messen - Rechnen

Mit dem Arbeitsprogramm „**Bauen - Messen - Rechnen**“ werden die Grundlagen der Elektrotechnik, in diesem Fall insbesondere das Ohmsche Gesetz, also der Kern dieses Fachbereiches, und dessen Umfeld, umfassend behandelt. Die jeweilige Problemstellung (Schaltung) wird zuerst, wie dies auch in der industriellen Praxis üblich ist, auf dem **Experimentierboard** aufgebaut. Dann werden die **Messungen** und anschließend die notwendigen **Berechnungen** durchgeführt.

Zur Durchführung des Arbeitsprogramms benötigt man ein **Experimentierboard**, eine **elektronisch stabilisierte Stromversorgung** mit maximal 12 Volt, ein **Digital-Multimeter** und einige wenige elektronische **Bauelemente**.

In den **Arbeitsblättern** sind die Bauelemente bzw. Experimentierspannungen nicht eingetragen. Dies hat den Vorteil, daß mit einem einzigen Arbeitsblatt nahezu beliebig viele Übungen durchgeführt werden können. Für die ersten Versuche werden Vorschläge für die zu verwendenden Bauelemente angegeben. Deren elektronische Größe (Widerstandswerte) kann in der Praxis nahezu beliebig variiert werden.

Vorschläge für Bauelemente in den einzelnen Arbeitsblättern

Reihenschaltung 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	R4 = 4,7 kOhm
Parallelschaltung 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	R4 = 4,7 kOhm
Gemischte Schaltung 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	R4 = 4,7 kOhm
Gemischte Schaltung 2:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	R4 = 4,7 kOhm
Ohmsches Gesetz 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	
Spannungsteiler 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	
Spannungsteiler 2:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	R4 = 4,7 kOhm
Spannungsteiler 3:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	R3 = 2,2 kOhm	R4 = 4,7 kOhm
Potentiometer 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	P = 1 kOhm	
Potentiometer 2:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	P = 1 kOhm	
Diode 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	D = 1N 4148	
Zener-Diode 1:	R1 = 470 Ohm	R2 = 1 kOhm	D = 1N 4148	ZD = 2V7
Leuchtdiode 1:	R1 = 330 Ohm	R2 = 470 Ohm	LED rot	LED grün
NTC 1:	R1 = 1 kOhm	R2 = 2,2 kOhm	NTC = 2,2 kOhm	
Fototransistor 1:	R1 = 10 kOhm	R2 = 22 kOhm	FT = BPW 42	

In der Praxis werden **Betriebsspannungen** von 6 - 12 Volt verwendet (6 V, 7,5 V, 9 V, 12 V). Beim ersten Durcharbeiten sind 9 Volt üblich. Ein Arbeitsblatt kann jedoch mit anderen Bauelementen oder einer anderen Betriebsspannung noch mehrmals durchgearbeitet werden. Höhere Betriebsspannungen als 12 Volt führen aber nicht zu mehr Erkenntnissen, sondern zu defekten Bauelementen.

Wichtig! Das Original-Arbeitsblatt sollte nicht beschriftet werden, sondern nur eine Kopie davon. Ein und dasselbe Arbeitsblatt ist somit mit verschiedenen Bauelementen beliebig oft zu verwenden.

Widerstände werden grundsätzlich aus der E12 - Reihe (ev. E6 - Reihe) ausgewählt und sollten eine Belastbarkeit von 1/4 oder 1/3 Watt besitzen. Widerstände unter 330 Ohm sind nicht notwendig, aber auch nicht sinnvoll, da sie sich bei bestimmten Experimenten zu sehr erwärmen würden.

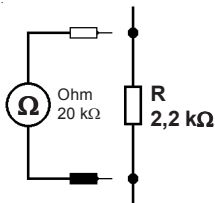
Zum Aufbau der Schaltung auf dem Experimentierboard benötigt man einen isolierten Schalt draht mit einem Durchmesser von etwa 0,5 mm. Die Isolierung an den Enden wird mit einer Abisolierzange bzw. mit einem Stanleymesser entfernt. Das Experimentierboard kann auch mit Transistoren und ICs bestückt werden. Dazu ist aber eine große Genauigkeit und etwas Übung erforderlich, da diese Bauelemente bei falscher Verdrahtung nicht selten beschädigt werden.

Richtiges Messen

Die folgenden Arbeitsblätter enthalten eine Menge Messaufgaben, die das **Verständnis** von elektronischen Schaltungen in Verbindung mit der **Mathematik** erweitern sollen. Die speziell für Anfänger in Sachen Messtechnik ausgelegten Arbeitsblätter berücksichtigen sowohl die Probleme beim Einstieg in diesen Fachbereich als auch die übliche **Labor-Messpraxis**. Die ideale Voraussetzung für das richtige Messen ist ein handelsübliches **Digital-Multimeter**.

Bei allen Arbeitsblättern, bei denen keine **Stromversorgung U_B** notwendig ist, ist die **Widerstandsmessung** vorgesehen. Bei den Arbeitsblättern mit einer **Stromversorgung U_B** ist aus praktischen Gründen **nur die Spannungsmessung** vorgesehen. Auf die Strommessung wird beim Einstieg verzichtet, besonders auch deshalb, weil in der Realität **Ströme** normalerweise **berechnet** werden, nachdem die entsprechenden Spannungsabfälle gemessen wurden.

Widerstandsmessung



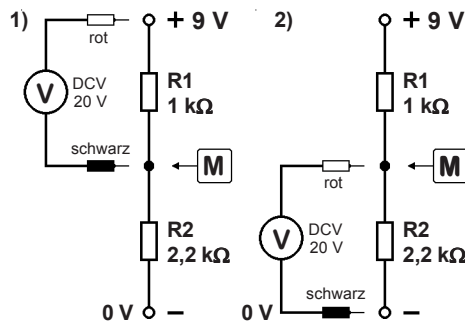
Messleitungen am Multimeter
rote Leitung **Ohm, Ω**
schwarze Leitung **COM**

Einstellung am Digitalmultimeter:

Je nach Größe der Widerstände, die gemessen werden, wird ein Messbereich von 2 k Ω , 20 k Ω , 200 k Ω , ... eingestellt. Das Messgerät zeigt an, wenn der Messbereich zu klein gewählt wurde.

Wichtig! Bei der Widerstandsmessung darf **keine Spannung** an den Bauelementen anliegen; die Stromversorgung muss also von der Schaltung abgeklemmt sein. Um ein richtiges Messergebnis zu erhalten, muss zumindest **ein Anschluss des Widerstandes offen** sein, er darf also nicht mit der restlichen Schaltung verbunden sein; z.B. bei der Parallelschaltung von Widerständen. Die Polarität der Messleitungen (rot-schwarz) spielt bei der Widerstandsmessung keine Rolle.

Spannungsmessung



Messleitungen am Multimeter
rote Leitung **V**
schwarze Leitung **COM**

Einstellung am Digital-Multimeter:

Grundsätzlich genügt bei den Messungen die Einstellung 20 Volt im Bereich DCV bzw. V $\overline{\text{DC}}$. Bei Spannungsmessungen sollte immer die schwarze Messleitung an der niedrigeren Spannung liegen, da sonst bei richtigem Messwert ein negatives Vorzeichen (-) angezeigt wird.

Beispiel 1: Spannungsabfall an einem Widerstand

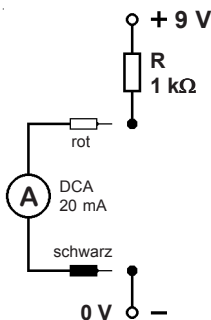
Messung des **Spannungsabfalls** am Widerstand R1.

In diesem Fall lautet das Ergebnis 2,8125 Volt.

Beispiel 2: Spannung an einem Messpunkt

Bei der Messung einer Spannung, die an einem Messpunkt anliegt - hier am **Messpunkt M** -, benötigt man immer einen **Bezugspunkt**. Das ist üblicherweise der **MINUS-Pol** der Schaltung (-) bzw. das 0 Volt - Potential. Die **schwarze Messleitung** befindet sich also bei der Messung einer Spannung an einem Messpunkt immer am **MINUS-Pol** (0 Volt). In diesem Fall misst man am Messpunkt M eine Spannung von 6,1875 Volt.

Strommessung



Messleitungen am Multimeter
rote Leitung **μA , mA, A**
schwarze Leitung **COM**

Einstellung am Digital-Multimeter:

DCA bzw. A $\overline{\text{DC}}$. Der zu erwartende Strom sollte vor der Messung zumindest geschätzt werden können. Bei der Strommessung ist **größte Konzentration** besonders wichtig. Es muss gesichert sein, dass der Strom im Messgerät durch die Schaltung begrenzt wird. Werden die Messleitungen bei der Strommessung an die Anschlüsse einer Batterie oder eines Netzgerätes gelegt, so führt das zu einer **defekten Sicherung** im Messgerät, da man auf diese Weise mit dem Messgerät einen **Kurzschluss erzeugt**. Eine Messung erfolgt daher immer **im Stromkreis**, wobei vorher mittels der Beschreibung des Multimeters geklärt werden sollte, welcher maximale Strom für das Messgerät (interne Sicherung) zulässig ist.

Um den Strom im Stromkreis messen zu können, muss man die Schaltung auflöten. In der Praxis macht man das natürlich nicht, sondern man misst den **Spannungsabfall** an einem Widerstand und **berechnet den Strom**. Daher ist die Strommessung gegenüber der Spannungsmessung kaum von Bedeutung. Beim abgebildeten Beispiel wird ein Strom von 9 mA gemessen.

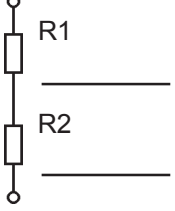
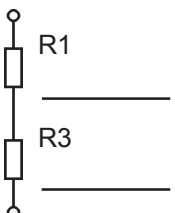
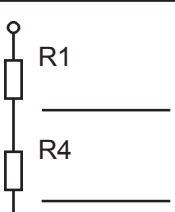
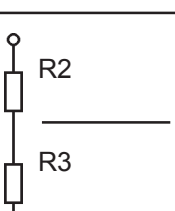
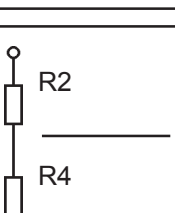
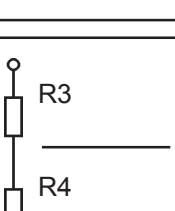
Bauen - Messen - Rechnen ... Reihenschaltung 1

R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____ R4 = _____

Schaltung

Messungen

Berechnung

<p>a</p> 	<p>R1 = _____</p> <p>R2 = _____</p> <p>R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p>b</p> 	<p>R1 = _____</p> <p>R3 = _____</p> <p>R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p>c</p> 	<p>R1 = _____</p> <p>R4 = _____</p> <p>R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p>d</p> 	<p>R2 = _____</p> <p>R3 = _____</p> <p>R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p>e</p> 	<p>R2 = _____</p> <p>R4 = _____</p> <p>R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p>f</p> 	<p>R3 = _____</p> <p>R4 = _____</p> <p>R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	

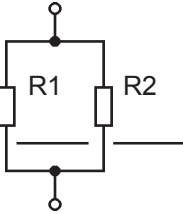
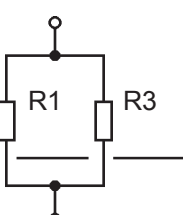
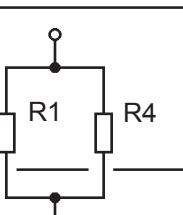
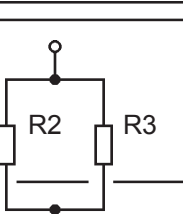
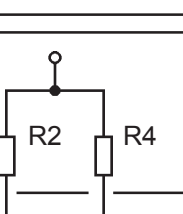
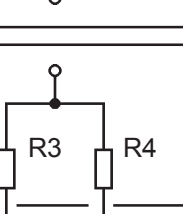
Bauen - Messen - Rechnen ... Parallelschaltung 1

R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____ R4 = _____

Schaltung

Messungen

Berechnung

<p><i>a</i></p> 	<p>R1 = _____ R2 = _____ R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p><i>b</i></p> 	<p>R1 = _____ R3 = _____ R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p><i>c</i></p> 	<p>R1 = _____ R4 = _____ R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p><i>d</i></p> 	<p>R2 = _____ R3 = _____ R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p><i>e</i></p> 	<p>R2 = _____ R4 = _____ R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	
<p><i>f</i></p> 	<p>R3 = _____ R4 = _____ R_g = _____</p>	<p>R_g = _____</p>	

Bauen - Messen - Rechnen ... Gemischte Schaltung 1

R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____ R4 = _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

a

$R1 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R3 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_{23} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{23} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$

b

$R2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R3 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R4 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_{34} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{34} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$

c

$R1 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R3 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_{12} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{12} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$

d

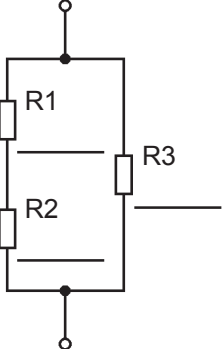
$R1 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R4 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_{24} = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_{24} = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $R_g = \underline{\hspace{2cm}}$

Bauen - Messen - Rechnen ... Gemischte Schaltung 2

R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____ R4 = _____

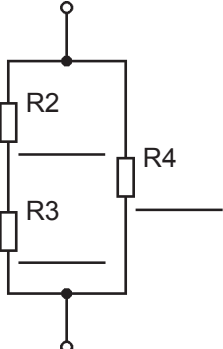
Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

a



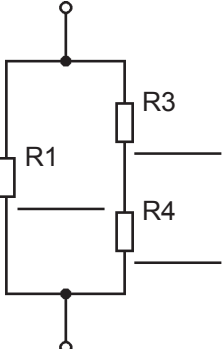
$R_1 =$ _____	$R_2 =$ _____	$R_3 =$ _____	
$R_{12} =$ _____	$R_{12} =$ _____		
$R_g =$ _____	$R_g =$ _____		

b



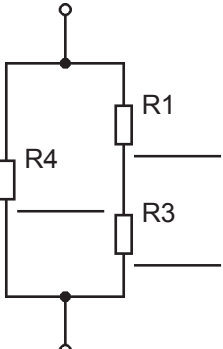
$R_2 =$ _____	$R_3 =$ _____	$R_4 =$ _____	
$R_{23} =$ _____	$R_{23} =$ _____		
$R_g =$ _____	$R_g =$ _____		

c



$R_1 =$ _____	$R_3 =$ _____	$R_4 =$ _____	
$R_{34} =$ _____	$R_{34} =$ _____		
$R_g =$ _____	$R_g =$ _____		

d



$R_1 =$ _____	$R_3 =$ _____	$R_4 =$ _____	
$R_{13} =$ _____	$R_{13} =$ _____		
$R_g =$ _____	$R_g =$ _____		

Bauen - Messen - Rechnen ... Ohmsches Gesetz 1

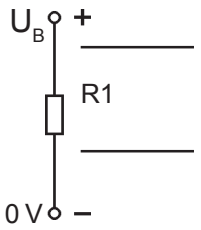
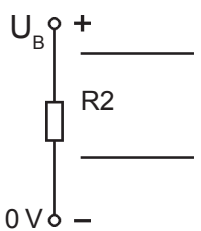
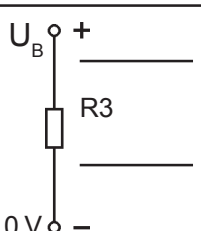
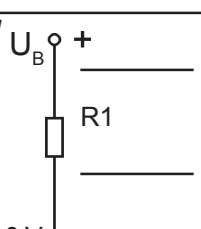
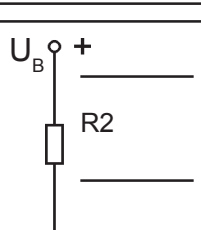
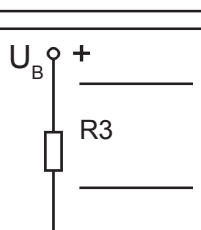
R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____

$U_B =$ _____

Schaltung

Messungen

Berechnung

<p>a</p> 	<p>$U_B =$ _____</p>	<p>$I_{R1} =$ _____</p>	
<p>b</p> 	<p>$U_B =$ _____</p>	<p>$I_{R2} =$ _____</p>	
<p>c</p> 	<p>$U_B =$ _____</p>	<p>$I_{R3} =$ _____</p>	
<p>d</p> 	<p>$U_{R1} =$ _____</p>	<p>$I_{R1} =$ _____ $P_{R1} =$ _____</p>	
<p>e</p> 	<p>$U_{R2} =$ _____</p>	<p>$I_{R2} =$ _____ $P_{R2} =$ _____</p>	
<p>f</p> 	<p>$U_{R3} =$ _____</p>	<p>$I_{R3} =$ _____ $P_{R3} =$ _____</p>	

Bauen - Messen - Rechnen ... Spannungsteiler 1

R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____

$U_B =$ _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen**

a

$U_B =$ _____
 $U_M =$ _____
 $U_{R1} =$ _____
 $U_{R2} =$ _____

$R_g =$ _____
 $I_{R1} =$ _____
 $I_{R2} =$ _____
 $I_g =$ _____
 $U_M =$ _____
 $U_{R1} =$ _____
 $U_{R2} =$ _____

b

$U_B =$ _____
 $U_M =$ _____
 $U_{R2} =$ _____
 $U_{R3} =$ _____

$R_g =$ _____
 $I_{R2} =$ _____
 $I_{R3} =$ _____
 $I_g =$ _____
 $U_M =$ _____
 $U_{R2} =$ _____
 $U_{R3} =$ _____

c

$U_B =$ _____
 $U_M =$ _____
 $U_{R1} =$ _____
 $U_{R3} =$ _____

$R_g =$ _____
 $I_{R1} =$ _____
 $I_{R3} =$ _____
 $I_g =$ _____
 $U_M =$ _____
 $U_{R1} =$ _____
 $U_{R3} =$ _____

Bauen - Messen - Rechnen ... Spannungsteiler 2

R1 = _____ R2 = _____ R3 = _____ R4 = _____ U_B = _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

a

$R_g =$ _____ $U_{M1} =$ _____ $U_{M2} =$ _____ $U_{R1} =$ _____ $U_{R2} =$ _____ $U_{R3} =$ _____ $I_g =$ _____	$U_{M1} =$ _____ $U_{M2} =$ _____ $U_{R1} =$ _____ $U_{R2} =$ _____ $U_{R3} =$ _____	
--	--	--------------------------

b

$R_g =$ _____ $U_{M1} =$ _____ $U_{M2} =$ _____ $U_{R2} =$ _____ $U_{R3} =$ _____ $U_{R4} =$ _____ $I_g =$ _____	$U_{M1} =$ _____ $U_{M2} =$ _____ $U_{R2} =$ _____ $U_{R3} =$ _____ $U_{R4} =$ _____	
--	--	--------------------------

c

$R_g =$ _____ $U_{M1} =$ _____ $U_{M2} =$ _____ $U_{R1} =$ _____ $U_{R3} =$ _____ $U_{R4} =$ _____ $I_g =$ _____	$U_{M1} =$ _____ $U_{M2} =$ _____ $U_{R1} =$ _____ $U_{R3} =$ _____ $U_{R4} =$ _____	
--	--	--------------------------

Bauen - Messen - Rechnen ... Spannungsteiler 3

$R_1 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_2 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_3 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $R_4 = \underline{\hspace{2cm}}$
 $U_B = \underline{\hspace{2cm}}$

Schaltung Messungen Berechnungen _____

<p>a</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$	$R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	---	--

<p>b</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$	$R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	---	--

<p>c</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$	$R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_g = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	--	--

<p>d</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$	$R_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_g = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	--	--

Bauen - Messen - Rechnen Potentiometer 1

R1 = _____ R2 = _____ P = _____

$U_B =$ _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

a

$U_{M1} =$ _____	$I_{R1} =$ _____
$U_{R1} =$ _____	$U_{M1} =$ _____
$U_P =$ _____	$U_{M2min} =$ _____
$U_{M2min} =$ _____	$U_{M2max} =$ _____
$U_{M2max} =$ _____	$U_{M2max} =$ _____

b

$U_{M2} =$ _____	$I_{R2} =$ _____
$U_{R2} =$ _____	$U_{M2} =$ _____
$U_P =$ _____	$U_{M1min} =$ _____
$U_{M1min} =$ _____	$U_{M1max} =$ _____
$U_{M1max} =$ _____	$U_{M1max} =$ _____

c

$U_{M1} =$ _____	$I_{R1} =$ _____
$U_{M3} =$ _____	$I_{R2} =$ _____
$U_{R1} =$ _____	$I_P =$ _____
$U_P =$ _____	$U_{M1} =$ _____
$U_{R2} =$ _____	$U_{M3} =$ _____
$U_{M2min} =$ _____	$U_{M2min} =$ _____
$U_{M2max} =$ _____	$U_{M2max} =$ _____

Bauen - Messen - Rechnen Potentiometer 2

R1 = _____ R2 = _____ P = _____

$U_B =$ _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen**

a

$R_{g\min} =$ _____
 $R_{g\max} =$ _____
 $I_{g\min} =$ _____
 $I_{g\max} =$ _____
 $U_{M\min} =$ _____
 $U_{M\max} =$ _____

b

$R_{g\min} =$ _____
 $R_{g\max} =$ _____
 $I_{g\min} =$ _____
 $I_{g\max} =$ _____
 $U_{M\min} =$ _____
 $U_{M\max} =$ _____

c

$R_{g\min} =$ _____
 $R_{g\max} =$ _____
 $I_{g\min} =$ _____
 $I_{g\max} =$ _____
 $U_{M1\min} =$ _____
 $U_{M1\max} =$ _____
 $U_{M2\min} =$ _____
 $U_{M2\max} =$ _____

Bauen - Messen - Rechnen Diode 1

R1 = _____ R2 = _____ D = 1N 4148 U_B = _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

<p>a</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_D = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_D = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	--	--

<p>b</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_D = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_D = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	--	--

<p>c</p>	$U_{M1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{M2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_D = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$	$U_{M1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{M2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_g = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	--	--	--

<p>d</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_D = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_D = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	--	--

Bauen - Messen - Rechnen Zener-Diode 1

R1 = _____ R2 = _____ ZD = _____ D = 1N 4148 U_B = _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

<p>a</p> <p>U_B +</p> <p>R1</p> <p>M</p> <p>ZD</p> <p>0 V -</p>	<p>U_M = _____</p> <p>U_{ZD} = _____</p> <p>U_{R1} = _____</p>	<p>I_{ZD} = _____</p> <p>P_{R1} = _____</p> <p>P_{ZD} = _____</p>	
--	--	---	--

<p>b</p> <p>U_B +</p> <p>ZD</p> <p>M</p> <p>R2</p> <p>0 V -</p>	<p>U_M = _____</p> <p>U_{ZD} = _____</p> <p>U_{R2} = _____</p>	<p>I_{ZD} = _____</p> <p>P_{R2} = _____</p> <p>P_{ZD} = _____</p>	
--	--	---	--

<p>c</p> <p>U_B +</p> <p>R1</p> <p>M1</p> <p>D 1N4148</p> <p>M2</p> <p>ZD</p> <p>0 V -</p>	<p>U_{M1} = _____</p> <p>U_{M2} = _____</p> <p>U_D = _____</p> <p>U_{R1} = _____</p> <p>U_{ZD} = _____</p>	<p>U_{M1} = _____</p> <p>U_{M2} = _____</p> <p>I_{ZD} = _____</p> <p>P_{R1} = _____</p> <p>P_{ZD} = _____</p>	
---	--	---	--

<p>d</p> <p>U_B +</p> <p>R1</p> <p>M</p> <p>ZD</p> <p>R2</p> <p>0 V -</p>	<p>U_M = _____</p> <p>U_{ZD} = _____</p> <p>U_{R1} = _____</p> <p>U_{R2} = _____</p>	<p>I_{R1} = _____</p> <p>I_{R2} = _____</p> <p>I_{ZD} = _____</p> <p>P_{R1} = _____</p> <p>P_{ZD} = _____</p>	
--	--	---	--

Bauen - Messen - Rechnen Leuchtdiode 1

R1 = _____ R2 = _____ LED rot LED grün U_B = _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

<p>a</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{LED} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{LED} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	---	--

<p>b</p>	$U_M = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{LED} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{LED} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	---	--

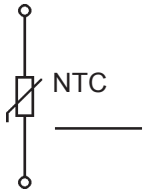
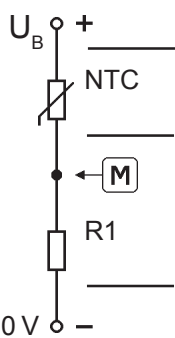
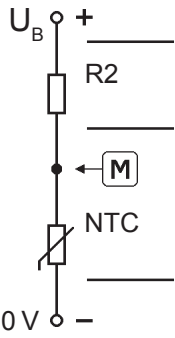
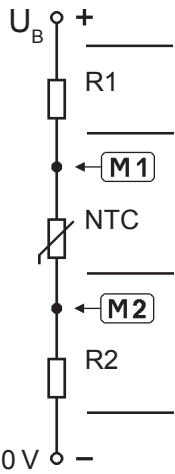
<p>c</p>	$U_{M1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{M2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{LED1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{LED2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{LED1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{LED2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	---	--

<p>d</p>	$U_{M1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{M2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{LED1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{LED2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $U_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$	$I_{LED1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $I_{LED2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $P_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$	
-----------------	---	---	--

Bauen - Messen - Rechnen NTC 1

R1 = _____ R2 = _____ NTC = _____ N = Normaltemperatur
 E = Erwärmung $U_B =$ _____

Schaltung **Messungen** **Berechnungen**

<p>a</p> 	$R_{NTCN} =$ _____ $R_{NTCE} =$ _____		
<p>b</p> 	$U_{MN} =$ _____ $U_{ME} =$ _____ $U_{NTCN} =$ _____ $U_{NTCE} =$ _____	$I_{NTCN} =$ _____ $I_{NTCE} =$ _____ $R_{NTCN} =$ _____ $R_{NTCE} =$ _____	
<p>c</p> 	$U_{MN} =$ _____ $U_{ME} =$ _____ $U_{R2N} =$ _____ $U_{R2E} =$ _____	$I_{NTCN} =$ _____ $I_{NTCE} =$ _____ $R_{NTCN} =$ _____ $R_{NTCE} =$ _____	
<p>d</p> 	$U_{M1N} =$ _____ $U_{M2N} =$ _____ $U_{M1E} =$ _____ $U_{M2E} =$ _____	$I_{NTCN} =$ _____ $I_{NTCE} =$ _____ $R_{NTCN} =$ _____ $R_{NTCE} =$ _____ $P_{NTCN} =$ _____ $P_{NTCE} =$ _____	

Bauen - Messen - Rechnen Fototransistor 1

R1 = _____ R2 = _____ FT = BPW 42 U_B = _____

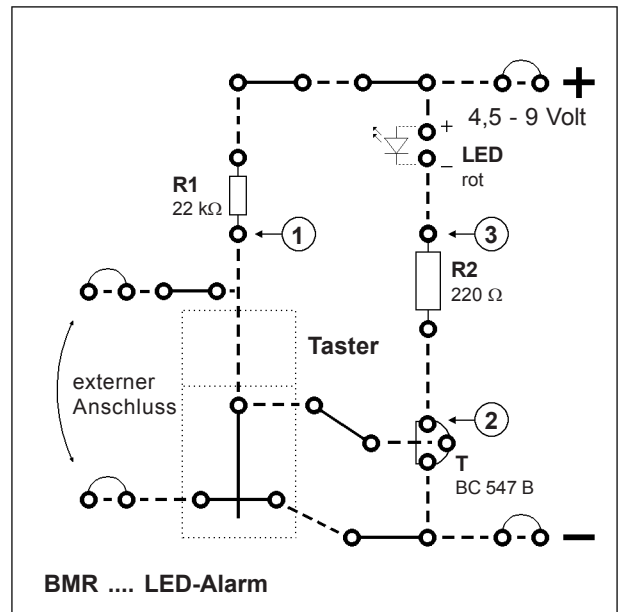
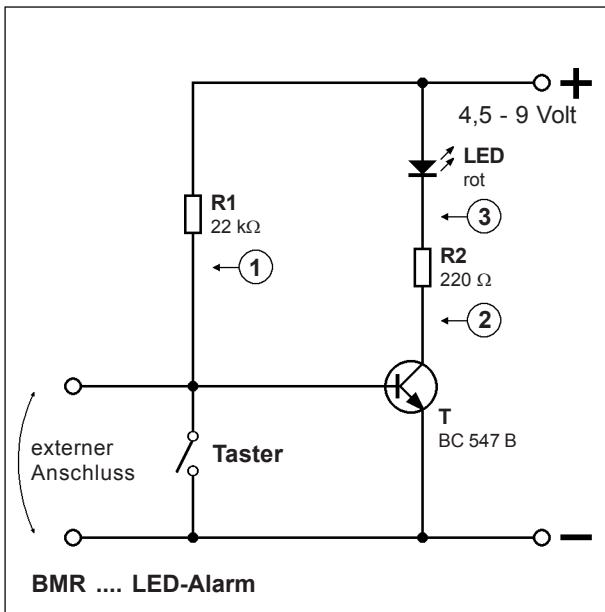
Schaltung **Messungen** **Berechnungen** _____

<p>a</p> <p style="text-align: center;">0 V -</p>	<p>U_{Mmin} = _____</p> <p>U_{Mmax} = _____</p>	<p>I_{R1min} = _____</p> <p>I_{R1max} = _____</p>	
--	---	---	--

<p>b</p> <p style="text-align: center;">0 V -</p>	<p>U_{Mmin} = _____</p> <p>U_{Mmax} = _____</p>	<p>I_{R2min} = _____</p> <p>I_{R2max} = _____</p>	
--	---	---	--

<p>c</p> <p style="text-align: center;">0 V -</p>	<p>U_{Mmin} = _____</p> <p>U_{Mmax} = _____</p>	<p>I_{R1min} = _____</p> <p>I_{R1max} = _____</p> <p>I_{FTmin} = _____</p> <p>I_{FTmax} = _____</p>	
--	---	---	--

<p>d</p> <p style="text-align: center;">0 V -</p>	<p>U_{Mmin} = _____</p> <p>U_{Mmax} = _____</p>	<p>I_{R2min} = _____</p> <p>I_{R2max} = _____</p> <p>I_{FTmin} = _____</p> <p>I_{FTmax} = _____</p>	
--	---	---	--



Schaltungsbeschreibung:

Diese Experimentierschaltung wird nach den Regeln der Karton-Schaltung aufgebaut. Es handelt sich um eine einfache Transistor-Grundschialtung, wobei über den Taster die Leucht-diode ein- und ausgeschaltet werden kann. Der externe Anschluß ist für das Experimentieren nicht notwendig, er ist zum Anschluss eines externen Kontaktes für eine mögliche praktische Anwendung vorgesehen.

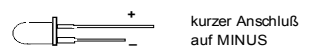
Messen und Berechnen:

Zuerst wird die Schaltung an eine elektronisch stabilisierte Betriebsspannung von 4,5 - 9 Volt angeschlossen. Dann wird diese an die Schaltung angelegte **Betriebsspannung U** gemessen und eingetragen. Bei offenem Taster werden sodann die Spannungsmessungen (U₁, U₂, U₃) an den Messpunkten 1, 2 und 3 durchgeführt, wobei der Bezugspunkt immer der MINUS-Pol der Betriebsspannung ist. Die jeweiligen Messergebnisse werden in die Tabelle eingetragen. Dann werden alle Messungen auch bei gedrücktem Taster durchgeführt. Ob die Leuchtdiode bei der jeweiligen Tasterstellung leuchtet oder nicht, wird angekreuzt. Danach können die Berechnungen durchgeführt werden. Bei Bedarf können die Messungen und Berechnungen auch mit verschiedenen Betriebsspannungen erfolgen.

Bauelemente-Stückliste

- R1 22 kOhm
- R2 220 Ohm
- LD LED rot
- T BC 547B
- Karton l = 8,5 cm
b = 8,5 cm
- Schaltdraht 40 cm

Leuchtdiode LED (LD)



Zustand 1 ... Taster offen

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U ₁	U ₂	U ₃	I _{R1}	I _{R2}	I _{LED}	P _{R1}	P _{R2}

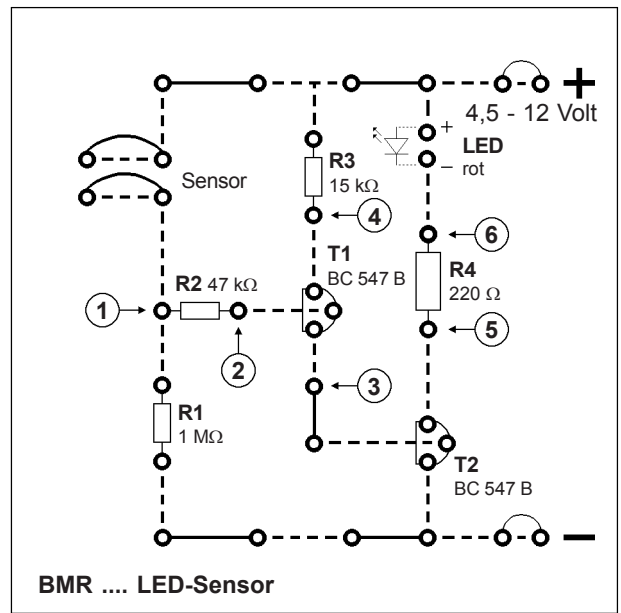
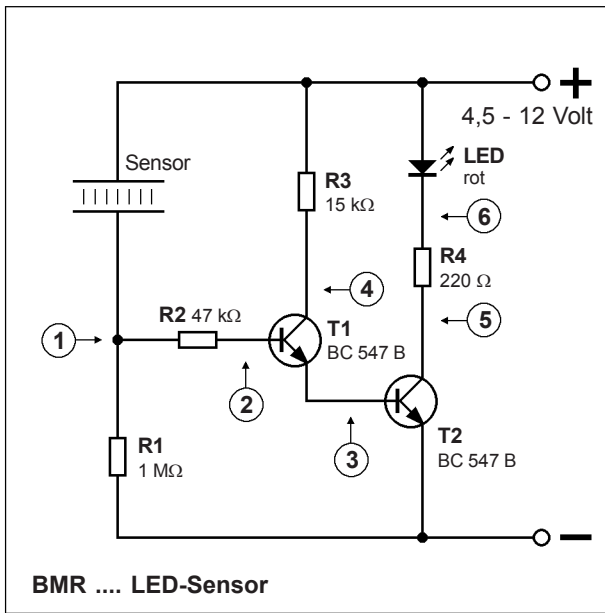
Zustand 2 ... Taster geschlossen

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U ₁	U ₂	U ₃	I _{R1}	I _{R2}	I _{LED}	P _{R1}	P _{R2}



Schaltungsbeschreibung:

Diese Experimentierschaltung wird nach den Regeln der Karton-Schaltung aufgebaut. Man bedient sich bei dieser Schaltung der Leitfähigkeit eines Fingers. Durch ihn fließt bei Berührung des Sensor-Kontaktes ein Strom von einigen Mikro-Ampere. Dieser äußerst geringe Strom wird durch die Transistoren T1 und T2 so weit verstärkt, dass die LED leuchtet. Beim Messen sollte der Sensorkontakt mit einem Stück Draht kurzgeschlossen werden, damit die Spannung am Messpunkt 1 stabil bleibt. Wird mit dem Finger kurzgeschlossen, schwankt die Spannung am Messpunkt 1 je nach der Stärke des ausgeübten Drucks.

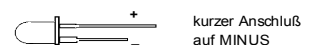
Messen und Berechnen:

Zuerst wird die Schaltung an eine elektronisch stabilisierte Betriebsspannung von 4,5 - 9 Volt angeschlossen. Im ersten Fall ist der Sensor-Kontakt offen, im zweiten Fall geschlossen. Dann wird die an die Schaltung angelegte Betriebsspannung U gemessen und eingetragen. Danach werden die weiteren Spannungen gemessen, wobei der gemeinsame Bezugspunkt immer der MINUS-Pol der Schaltung ist. Danach können die Berechnungen durchgeführt werden. Bei Bedarf können die Messungen und Berechnungen auch mit verschiedenen Betriebsspannungen erfolgen.

Bauelemente-Stückliste

- R1 1 MOhm
- R2 47 kOhm
- R3 15 kOhm
- R4 220 Ohm
- LD LED rot
- T1, T2 BC 547 B
- Karton l = 8,5 cm
b = 8,5 cm
- Schaltdraht 40 cm

Leuchtdiode LED (LD)



Zustand 1 ... Sensor-Kontakt offen

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	I _{R1}	I _{R2}	I _{R3}	I _{R4}	P _{R4}

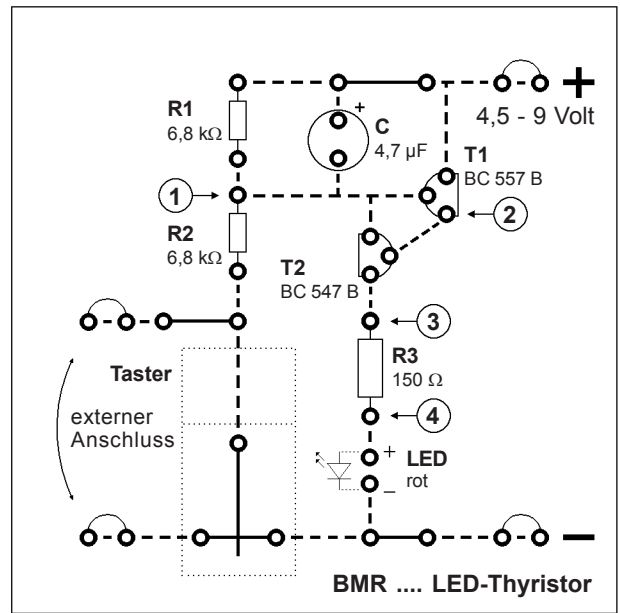
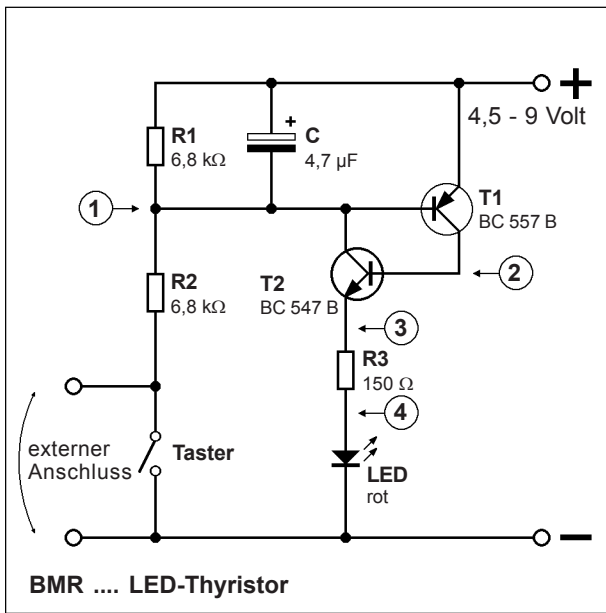
Zustand 2 ... Sensor-Kontakt geschlossen

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	I _{R1}	I _{R2}	I _{R3}	I _{R4}	P _{R4}



Schaltungsbeschreibung:

Diese Experimentierschaltung wird nach den Regeln der Karton-Schaltung aufgebaut. Sie simuliert einen Thyristor, der durch kurzzeitiges Drücken des Tasters „gezündet“ werden kann. Durch die LED fließt bei offenem Taster (bzw. Kontakt) auch weiterhin Strom. Nur bei Unterbrechung der Stromzufuhr wird die Schaltung wieder in den Bereitschaftszustand zurückversetzt. Der Kondensator C dient zum Verhindern von ungewolltem Zünden. Diese Schaltung ist also ein einfacher Speicher. Die externen Anschlüsse (Kontakt) sind für eine mögliche praktische Anwendung - z.B. als Raumüberwachung - vorgesehen.

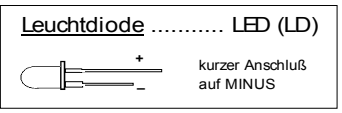
Hinweis: Der Kondensator C ist gepolt einzubauen!

Messen und Berechnen:

Zuerst wird die Schaltung an eine elektronisch stabilisierte Betriebsspannung von 4,5 - 9 Volt angeschlossen. Dann wird die an die Schaltung angelegte Betriebsspannung U gemessen und eingetragen. Zuerst wird die Schaltung in beiden Zuständen - 1. LED dunkel, 2. LED leuchtet - durchgemessen. Wichtig! Im gezündeten Zustand wird bei offenem Taster gemessen. Danach werden die Berechnungen auf Grund der Meßsergebnisse durchgeführt. (Hinweis zur Berechnung: Bei offenem Taster fließt durch R2 natürlich kein Strom!) Weitere Messungen und Berechnungen können auch mit verschiedenen Betriebsspannungen erfolgen.

- Bauelemente-Stückliste**
- R1, R2 6,8 kOhm
 - R3 150 Ohm
 - C 4,7 µF
 - LD LED rot
 - T1 BC 557 B
 - T2 BC 547 B
 - Karton 8,5 x 8,5 cm
 - Schaltdraht..... 40 cm

Die Tasterabdeckung kann aus einem Stück Karton angefertigt werden. Sie ist aber für die Funktion nicht unbedingt notwendig.



Zustand 1 ... vor der Zündung

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U₁	U₂	U₃	U₄	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	P_{R3}

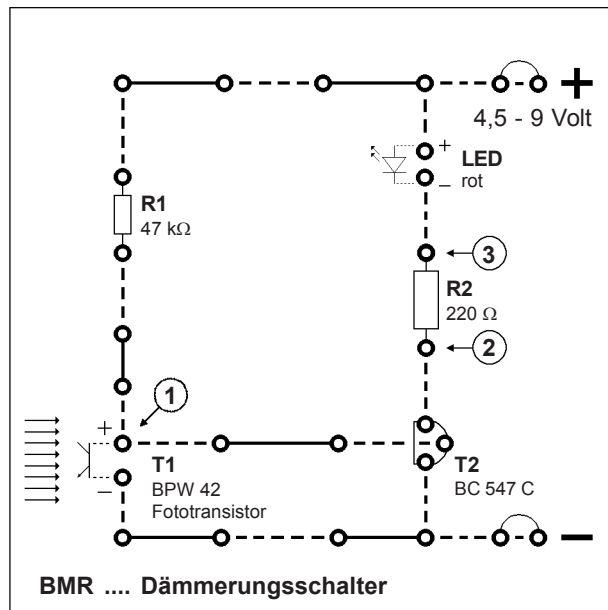
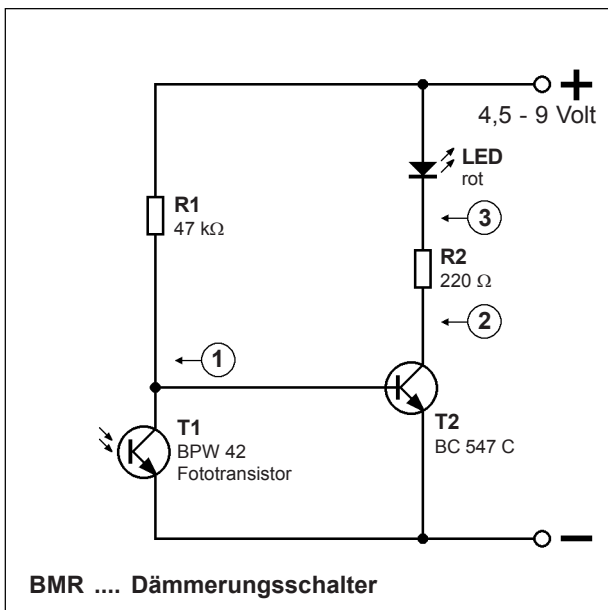
Zustand 2 ... nach der Zündung

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U₁	U₂	U₃	U₄	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	P_{R3}



Schaltungsbeschreibung:

Diese Experimentierschaltung wird nach den Regeln der Karton-Schaltung aufgebaut. Es handelt sich um eine einfache Transistor-Grundschiung mit einem Fototransistor (BPW 42) als Steuerelement. Dieses lichtempfindliche Bauelement schließt bei ausreichender Beleuchtung die Basis-Emitter-Strecke des Transistor T2 kurz. Wird der Fototransistor entsprechend abgedunkelt, sperrt er den Strom. Am Messpunkt 1 können die Spannungsschwankungen im Verhältnis zur Beleuchtungsstärke gemessen werden.

Hinweis: Der BPW42 (T1) sollte vom Karton einen Mindestabstand von 1 cm haben.

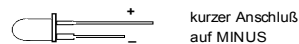
Messen und Berechnen:

Zuerst wird die Schaltung an eine elektronisch stabilisierte Betriebsspannung von 4,5 - 9 Volt angeschlossen. Dann wird die an die Schaltung angelegte Betriebsspannung U gemessen und eingetragen. Für die Messung bei Beleuchtung muß der Fototransistor ausreichend stark beleuchtet werden (Sonne, Taschenlampe,), damit die LED nicht mehr leuchtet! Für den Zustand 2 (Abdunkeln) wird der Fototransistor gut abgedunkelt (Finger, Schatten,). Dann werden die Berechnungen durchgeführt. Bei Bedarf können die Messungen und Berechnungen auch bei verschiedenen Betriebsspannungen erfolgen.

Bauelemente-Stückliste

- R1 47 kOhm
- R2 220 Ohm
- LD LED rot
- T1 BPW 42
- T2 BC 547C
- Karton 8,5x8,5 cm
- Schaltdraht 40 cm

Leuchtdiode LED (LD)



Fototransistor (FT) BPW 42



Zustand 1 ... Beleuchten

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U ₁	U ₂	U ₃	U _{R1}	U _{R2}	I _{R1}	I _{R2}	P _{R2}

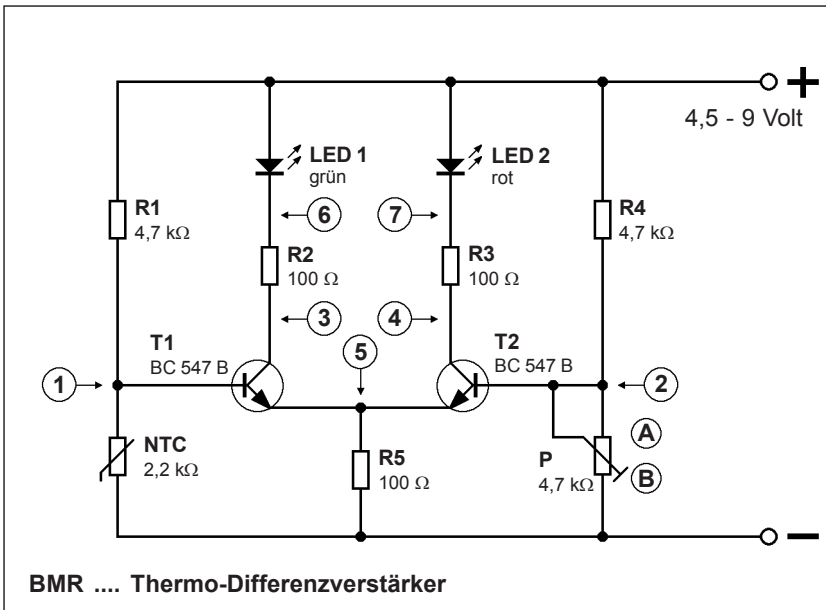
Zustand 2 ... Abdunkeln

LED leuchtet LED dunkel

Messungen

Berechnungen

U	U ₁	U ₂	U ₃	U _{R1}	U _{R2}	I _{R1}	I _{R2}	P _{R2}



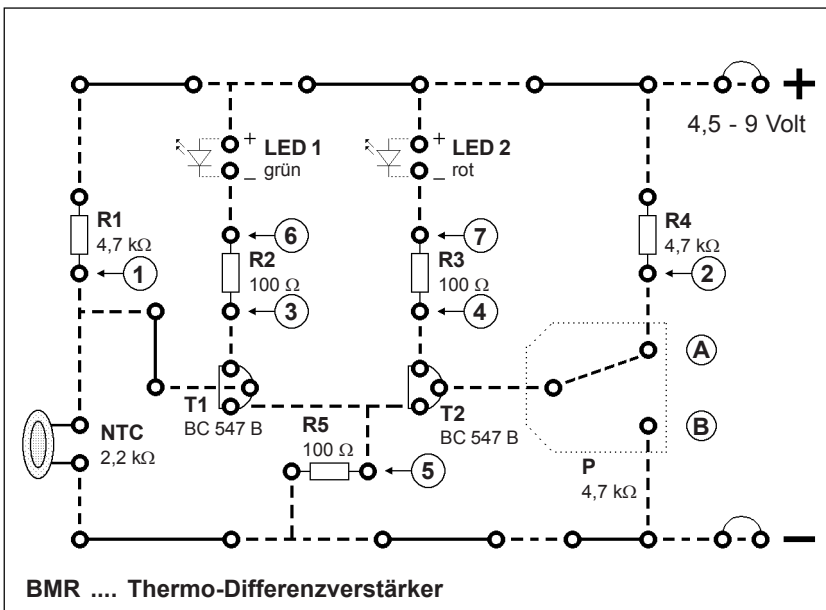
Schaltungsbeschreibung:

Differenzverstärker bestehen grundsätzlich aus zwei Verstärkerstufen (T1 und T2), die in Emitterschaltung mit einem gemeinsamen Emittterwiderstand (R5) geschaltet sind. Durch diesen Widerstand bleibt der Strom - unabhängig vom Betriebszustand - immer gleich (Spannung am Messpunkt 5). In Verbindung mit einem NTC, dessen Widerstand bei Erwärmung kleiner wird, ergibt sich eine Temperaturzustandsanzeige.

Das Trimpotentiometer wird so eingestellt, dass beide LED etwa gleich hell leuchten. Jede Temperaturänderung am NTC wird nun angezeigt, indem eine LED mehr und die andere LED weniger leuchtet. So kann mit dieser elektronischen Grundschaltung z.B. festgestellt werden, ob eine eingestellte Temperatur steigt oder fällt. An den Messpunkten (3-6, 4-7, ...) kann der sich ändernde Stromfluss bei Erwärmung des NTC durch Spannungsmessung nachkontrolliert und so der jeweilige Strom im Bauelement berechnet werden.

Schaltungsaufbau:

Diese Experimentierschaltung wird nach den Regeln der Karton-Schaltung aufgebaut. Der NTC sollte dabei von der Kartonoberfläche einen Mindestabstand von etwa 1 cm haben. LED 1 und LED 2 sind gepolt einzubauen. Siehe Abbildung! Als Stromversorgung eignet sich eine Batterie oder ein elektronisch stabilisiertes Netzgerät.

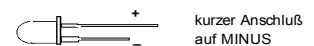


Bauelemente-Stückliste

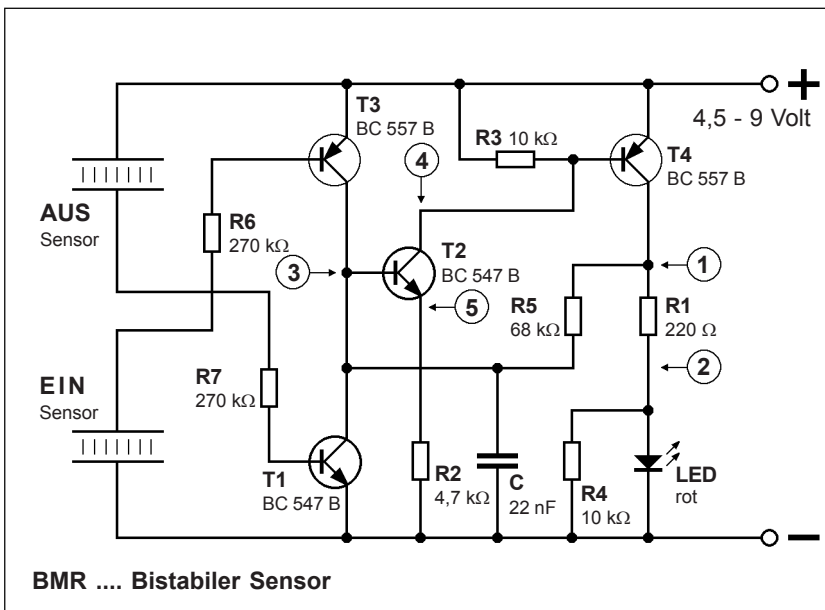
R1, R4	4,7 kOhm
R2, R3, R5	100 Ohm
P (Trimpotentiometer)	4,7 kOhm
NTC	2,2 kOhm
LED1, LED2	grün, rot
T1, T2	BC 547B
Karton	11,5 x 8,5 cm
Schaltdraht	60 cm

Messen: Im Schalt- und Bestückungsplan sind insgesamt 7 Messpunkte angegeben. Die Spannung am jeweiligen Messpunkt wird immer in bezug auf den MINUS-Pol der Schaltung, der dem 0 Volt - Potential entspricht, gesetzt. Das Trimpotentiometer wird so eingestellt, dass beide LED etwa gleich hell leuchten. Zuerst wird mit U die an der Schaltung (+ und -) anliegende Betriebsspannung U gemessen, dann folgen die weiteren Messungen.

Leuchtdiode LED (LD)



Messungen	U	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇
Beide LED leuchten gleich hell!								
Berechnungen Auswahl								
Es können natürlich noch weitere Berechnungen, die auf Grund der obigen Messungen möglich sind, durchgeführt werden.	I _{R1}	I _{R2}	I _{R3}	I _{R4}	I _{R5}	P _{R5}		



Schaltungsbeschreibung:

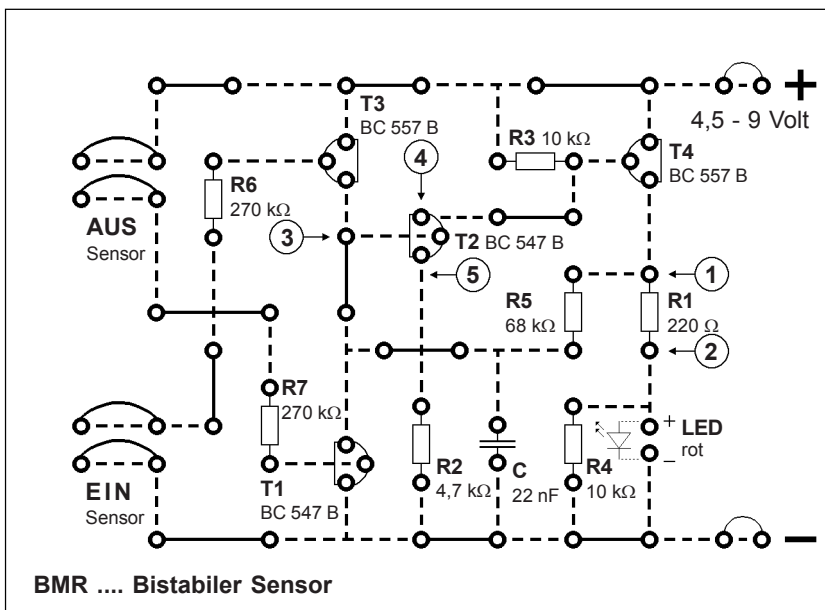
Der Bistabile Sensor hat zwei stabile Zustände. Mit dem Sensor EIN wird die LED eingeschaltet, mit dem Sensor AUS wieder ausgeschaltet. Geschaltet wird über die Transistoren T1 und T3, deren jeweilige Basis offen ist und daher so empfindlich, daß schon eine Berührung mit dem Finger eine Ansteuerung bewirkt. Der Kondensator C dämpft diese Empfindlichkeit ein wenig. Über T1 bzw. T3 wird der Transistor T2 gesteuert. Vom Kollektor C des Transistors T4 wird über R5 der Ausgangspegel (Messpunkt 1) auf die Basis von T2 zurückgekoppelt, sodass der jeweilige Zustand stabil bleibt. R4 ist notwendig, damit der Ausgang der Schaltung im gesperrten Zustand eindeutig auf MINUS liegt. Durch Spannungsmessung an den Messpunkten kann das bistabile Verhalten der Schaltung untersucht und erklärt werden.

Schaltungsaufbau:

Diese Experimentierschaltung wird nach den Regeln der Karton-Schaltung aufgebaut. Als Stromversorgung eignet sich eine Batterie oder ein elektronisch stabilisiertes Netzgerät.

Messungen und Berechnungen:

Zuerst werden die Spannungsmessungen U, U₁, ... in beiden stabilen Zuständen durchgeführt, danach die Berechnungen.



Bauelemente-Stückliste

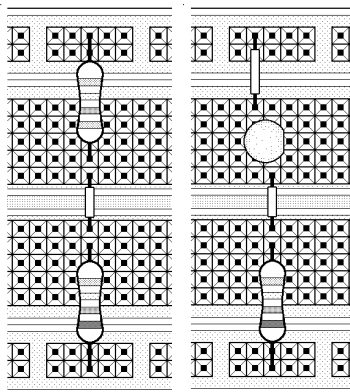
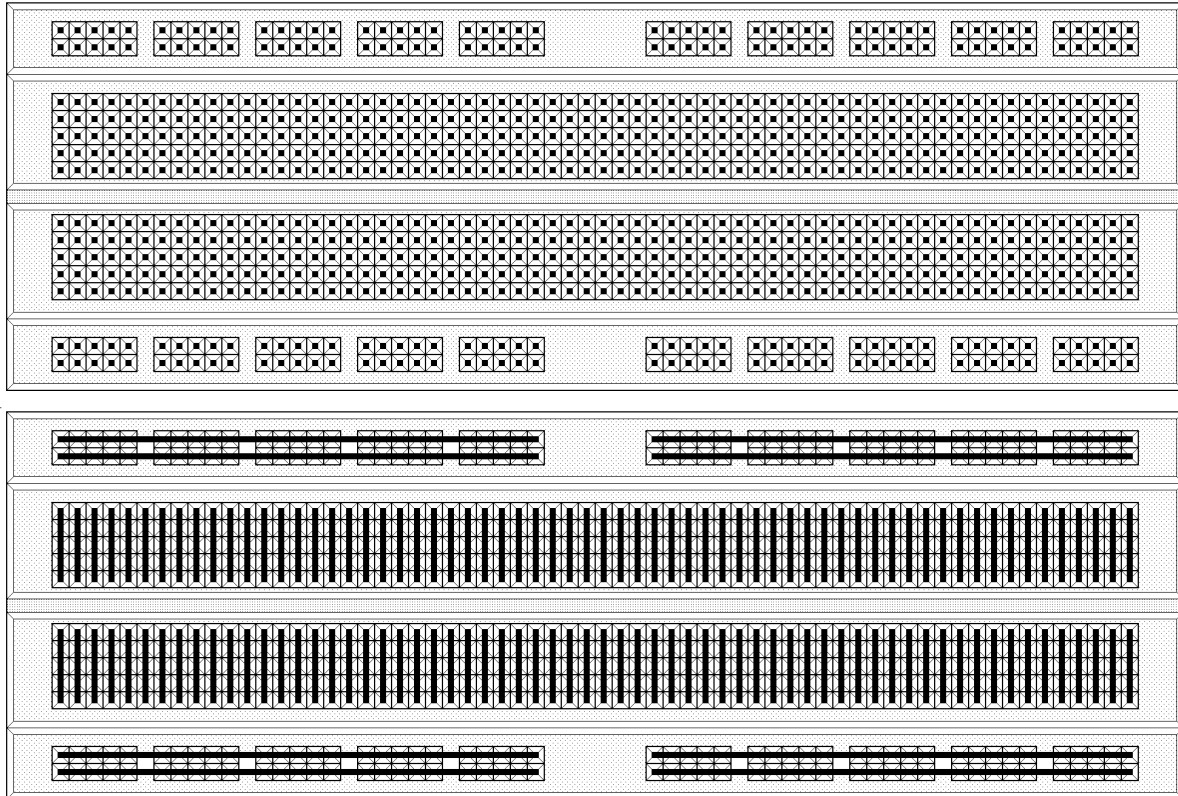
R1	.....	220 Ohm
R2	.....	4,7 kOhm
R3, R4	.....	10 kOhm
R5	.....	68 kOhm
R6, R7	.....	270 kOhm
C	.....	22 nF
LED	.....	rot
T1, T2	.....	BC 547B
T3, T4	.....	BC 557B
Karton	.....	11,5 x 8,5 cm
Schaltdraht	.....	60 cm

Messungen	U	U₁	U₂	U₃	U₄	U₅
LED leuchtet						
Berechnungen	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	I_{R4}	I_{LED}	P_{R1}
LED leuchtet						
Messungen	U	U₁	U₂	U₃	U₄	U₅
LED dunkel						
Berechnungen	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}	I_{R4}	I_{LED}	P_{R1}
LED dunkel						

Das Experimentierboard und seine Anwendung

In der **industriellen Praxis** werden üblicherweise Experimentierboards zum **experimentellen Aufbau** und zum Testen von elektronischen Schaltungen verwendet. Deren Vorteil besteht darin, dass die Originalbauelemente **ohne zusätzliches Trägermaterial** sofort in das Board eingesetzt werden können.

Die Verbindungen zwischen den Anschlüssen bestehen bereits auf dem Board, sodass die Bauelemente nur mehr richtig gesteckt werden müssen. Auf diese Weise ist es möglich, dass bereits mit einem Board wie mit dem hier abgebildeten umfangreiche Schaltungen - auch mit ICs - aufgebaut werden können.



Anwendungsbeispiele 2 Widerstände in Reihe LED mit Vorwiderstand

Bei diesen beiden Beispielen werden als **PLUS-** bzw. **MINUS-Bahn** jeweils die **beiden Außenbahnen** benutzt.

Reichen die Anschlüsse der Bauelemente nicht aus, werden zusätzlich Drahtbrücken eingesetzt.

Aufbau von Schaltungen auf dem Experimentierboard

Grundsätzlich sind alle derartigen Experimentierboards ähnlich aufgebaut. Zur besseren Übersicht sind in der obigen Abbildung die Punkte, die **auf der Rückseite des Boards miteinander verbunden** sind, durch **breite Striche** gekennzeichnet. Die **beiden oberen Bahnen** (4 x 25 Anschlüsse) werden als **PLUS-Leitungen** verwendet, die beiden unteren als **MINUS-Leitungen**. Wird auf der linken Seite des Boards gearbeitet, so müssen zwischen dem rechten und dem linken Teil des Boards in der Mitte jeweils die notwendigen Brücken gesteckt werden. **Vertikal sind je 5 Anschlüsse miteinander verbunden**. (Abbildung: Vorder- und Rückseite eines Boards)

Die **Abbildung links** zeigt eine **Reihenschaltung von 2 Widerständen** und eine **Leuchtdiode mit Vorwiderstand**. Jeweils in der Mitte erfolgt die Verbindung mit einer Drahtbrücke. Oben und unten erfolgt die Verbindung mit der PLUS- bzw. MINUS-Bahn.

Drahtbrücken bestehen aus einem **isolierten Schaltdraht** mit einer Stärke von etwa **0,5 mm**, der am Ende jeweils auf eine Länge von **ca. 5 mm abisoliert** wird. Bei kürzeren Brücken muss kein isolierter Schaltdraht verwendet werden. Die Brücken sollen wegen der besseren Übersicht bei umfangreicheren Schaltungen **so kurz wie möglich** sein und **nahe am Board aufliegen**. Bei Bauelementen mit längeren Anschlüssen (Widerstände, Kondensatoren, ...) werden diese so weit gekürzt, dass sich die Bauelemente unterseite **nicht mehr als 10 mm vom Board entfernt** befindet.

Die **Anschlüsse** für die **PLUS-** und die **MINUS-Bahn** werden zum Anschließen von Krokoklemmen **mit kurzen unisolierten Brücken** gebildet.

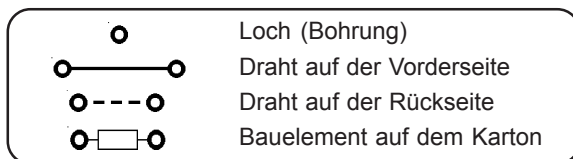
Karton-System ... Hinweise zum Aufbau von Karton-Schaltungen

Karton-Schaltungen sind übersichtlich und klar aufgebaut. Die Anordnung der Bauelemente und die Leitungsführung entsprechen so weit wie möglich der im **Schaltplan**, wo-

durch ein **Verständnis der Funktion** erleichtert wird. Damit die Schaltung einwandfrei funktioniert, ist es unbedingt erforderlich, sich an die folgende Aufbauanleitung zu halten.

Aufbauanleitung für Karton-Schaltungen

Zuerst wird der **Bestückungsplan** entlang der Umrandung mit einer Schere oder einem Stanley-Messer sorgfältig **ausgeschnitten**. Danach wird der **Bestückungsplan** auf der **Rückseite** gleichmäßig und auf der gesamten Fläche mit Klebstoff bestrichen und **auf den Karton (Stärke ca. 2 mm) geklebt**. Der Karton ist 5 mm größer vorgesehen; es bleibt also ein Rand von etwa 2,5 mm.

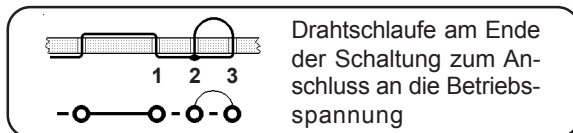


Dann werden die **Löcher** mit einer Mini-Bohrmaschine (1 mm - Bohrer) gebohrt. Auch ein Drillbohrer oder ein Spitzbohrer können verwendet werden; nur im Notfall ein dünner Nagel, der mit dem Hammer durchgeschlagen wird.

Nun wird der **verzinnnte Schaltdraht** (etwa **0,5 mm Durchmesser**) in die **Hauptbahnen** (PLUS - und MINUS - Bahnen) eingeflochten.

Wichtig! Keinen verbogenden Draht verwenden! Der Draht muss vorher - z.B. über die Tischkante - glatt gestreift werden. Außerdem ist es sinnvoll, ihn auf etwas mehr als die benötigte Leitungslänge (ca. 5 - 10 cm) zu verkürzen. Das Einflechten ist dann einfacher. Mit dem Flechten sollte nicht bei den Anschlüssen begonnen werden, sondern eher in der Mitte der Bahnen. Der Draht soll dabei flach auf den Karton gedrückt werden.

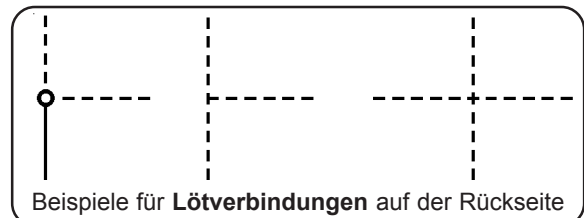
Achtung! Durch die **Löcher**, die für die **Bauelementeanschlüsse** gedacht sind, wird der Schaltdraht **nicht durchgezogen**, sondern beim Loch an der Kartonrückseite (= Bauelementeanschluß an der Rückseite des Kartons) abgezwickelt. An dieser Stelle wird später gelötet.



Herstellung der **Drahtschleife zum Anschluss an die Betriebsspannung**: Der Draht wird von **Loch 1** ausgehend von unten durch **Loch 3** gezogen, dann wird die Schleife gebildet (ca. 5 mm hoch), indem der Draht von oben durch **Loch 2** gezogen wird. An der Rückseite etwa 3 mm überstehen lassen, jetzt den Draht umbiegen und verlöten!

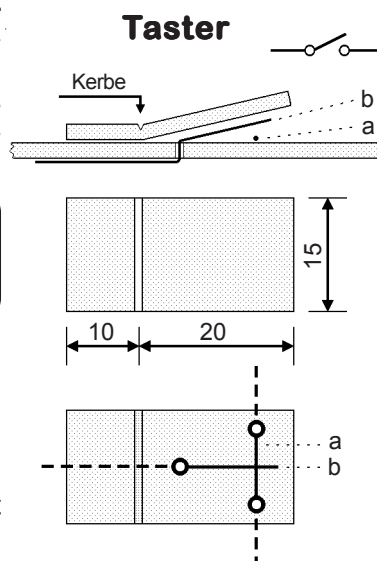
Beim **Aufbau einer Karton-Schaltung** wird systematisch **von links** begonnen. **Niemals alle Bauelemente sofort einsetzen!** Die Übersicht geht dabei völlig verloren!

Wie wird gebaut? Die Anschlüsse eines Bauelementes werden - falls nötig - auf die erforderliche Länge gebogen und an der entsprechenden Stelle durch den Karton gesteckt. Die Anschlüsse des Bauelementes werden an der Rückseite so abgelängt (mit einem kleinen Seitenschneider), dass Schaltdraht-Ende und Bauelemente-Anschluss mindestens **5 mm in engem Kontakt** miteinander liegen. Das Verlöten ist dann kein Problem.



Wird in einer Schaltung ein **Taster** verwendet, so ist dieser wie folgt aufzubauen:

Grundsätzlich dient der Karton-Taster zur **Isolation des Fingers vom Schaltdraht**. Zuerst wird der querliegende **Kontakt draht a** eingeflochten und - wenn der Draht nicht weitergeführt wird - an der Rückseite verlötet. Dann wird der **Kontakt draht b** eingeflochten und entsprechend abgelängt. **Draht a und b** dürfen sich im Ruhezustand nicht berühren (Abstand ca. 2 - 3 mm).



Die **Karton-Auflage** (Taster) wird entsprechend den angegebenen Maßen (30 mm x 15 mm) **zugeschnitten**. Dann wird der Taster 10 mm vom Rand entfernt bis zur Hälfte der Kartonstärke an der Oberseite mit einem Messer eingeschnitten und die Kerbe mit einem Nagel erweitert. Die kleinere Fläche wird an der in der Schaltung vorgesehenen Stelle aufgeklebt.