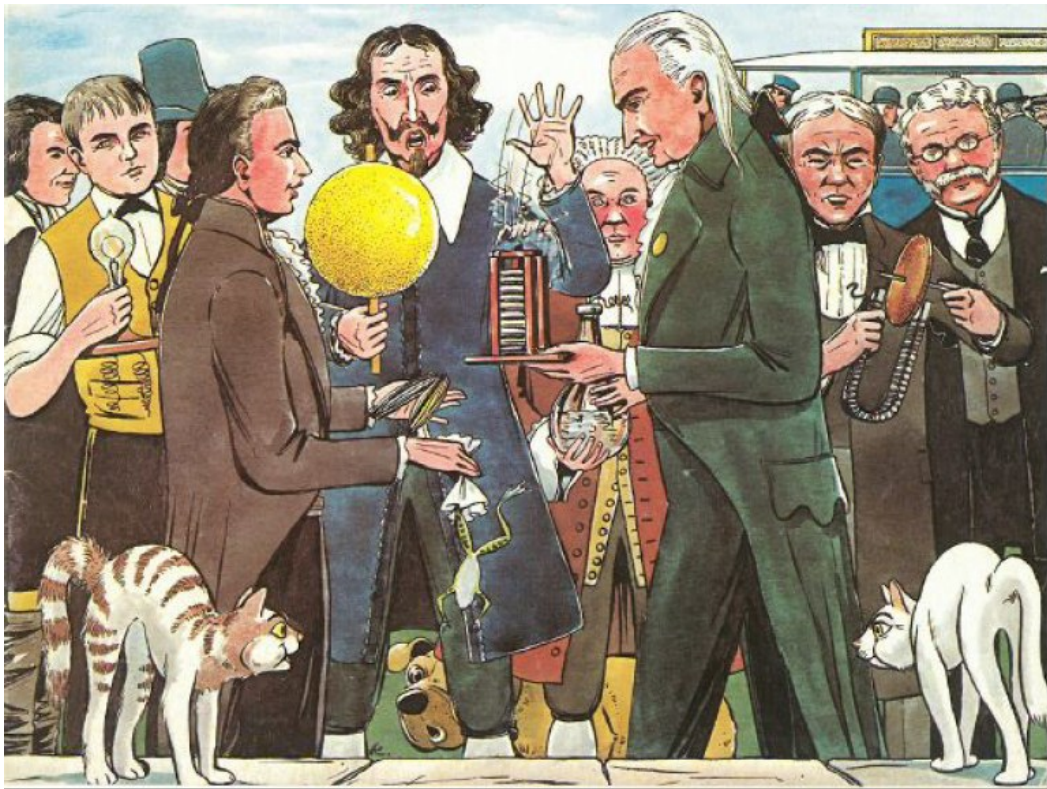


Grundlagenversuche

Labor Grundlagen mit Messschaltungen

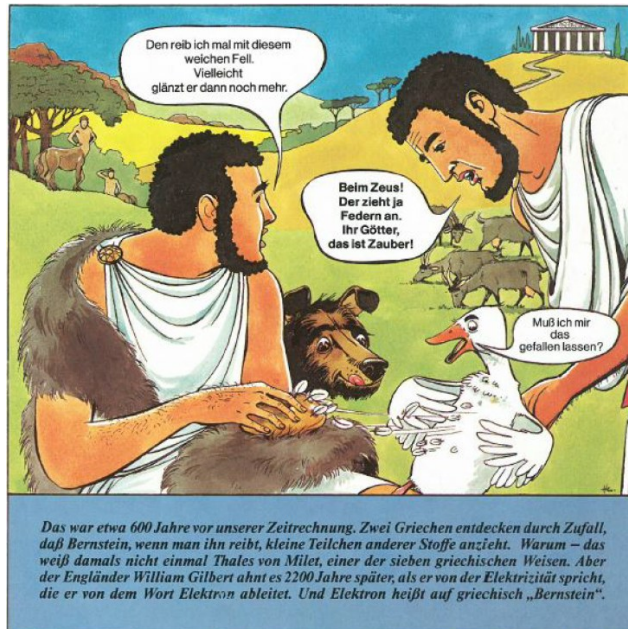


Zusammenstellung von Harald Gorbach

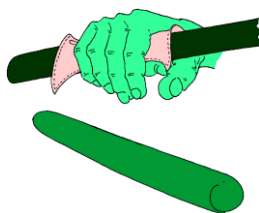
GV1.1 Das Wesen der Elektrizität

1. Spannungserzeugung durch Reibung

Die Kraft des Bernstein ('LEKTRON)



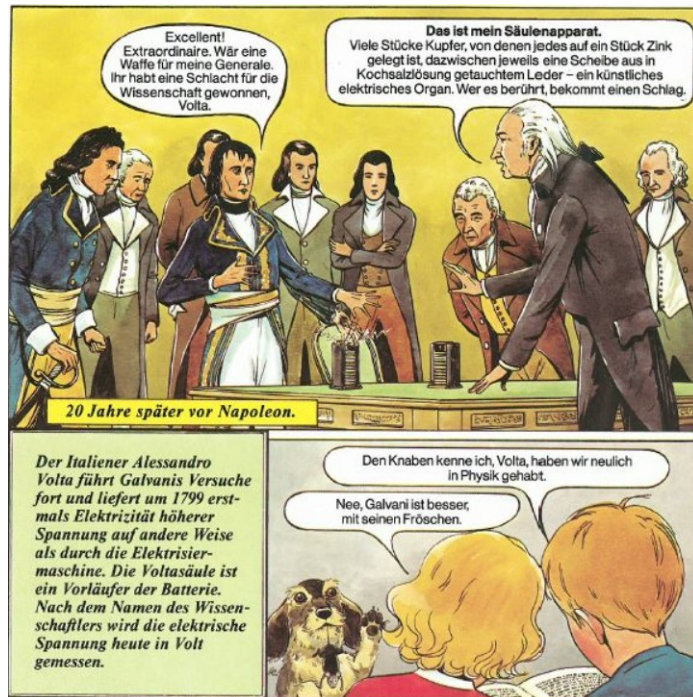
Versuch



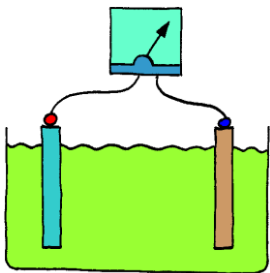
Reiben von
Glas oder Harz
(Bernstein)

Ursache:	Elektronenmangel durch Abreiben
Quelle:	Statische Elektrizität (Ladungsträger in einem Isolator)
Anwendung:	meistens unerwünscht (kann durch Erden verhindert werden)

2. Spannungserzeugung durch chemische Wirkung



Versuch



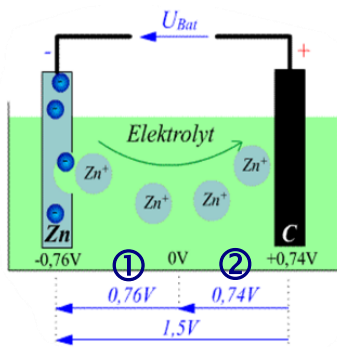
Zink ① - Kupfer ②
 (Kohle)
 Braunstein oder
 Essig (-Fruchtsäure)
 als Elektrolyt ③

Ursache:	Lösungsdruck des Elektrolyten
Quelle:	Galvanische Zelle
Anwendung:	Batterien oder Akkumulatoren (Akkus)

Häufigstes Primärelement

– „Elektrochemische Spannungsreihe“

(Zink-Kohle-Element)



Elektrodenmaterial	Elementkürzel (Links)	U in V gegen Wasserstoffelektrode
Platin	Pt	+ 1,60
Gold	Au	+ 1,38
Silber	Ag	+ 0,81
Quecksilber	Hg	+ 0,79
Kohle	C	+ 0,74
Kupfer	Cu	+ 0,34
Wasserstoff	H	0,00
Blei	Pb	- 0,13
Zinn	Sn	- 0,16
Nickel	Ni	- 0,25
Kobalt	Co	- 0,29
Cadmium	Cd	- 0,40
Eisen	Fe	- 0,44
Chrom	Cr	- 0,51
Zink	Zn	- 0,76
Mangan	Mn	- 1,18
Aluminium	Al	- 1,67
Magnesium	Mg	- 2,37
Natrium	Na	- 2,71
Calcium	Ca	- 2,76
Kalium	K	- 2,92
Lithium	Li	- 3,02



Gerechnet wird mit dem Potential (der Spannung) gegen eine Wasserstoffelektrode (das sogenannte Normalelement)

① Zn gegen H => - 0,76V

② C gegen H => + 0,74V

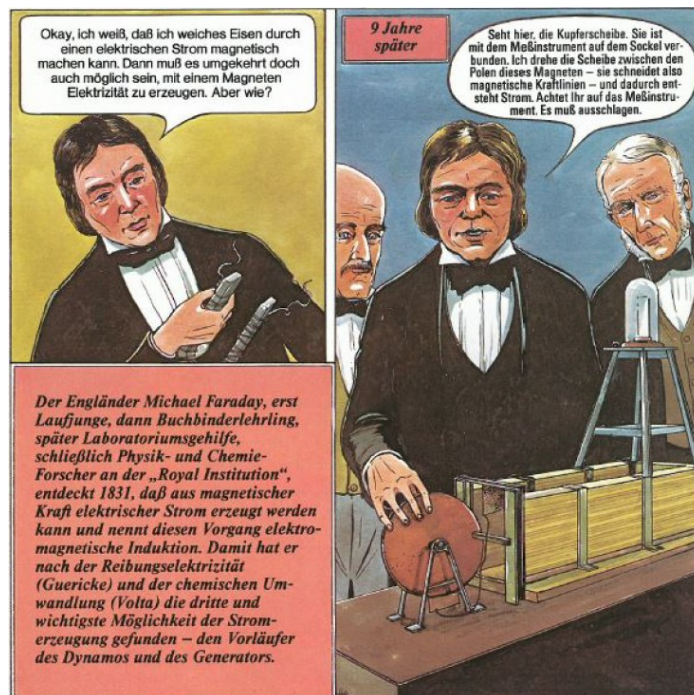
Cu gegen H => + 0,34V

Zn gegen H => - 0,76V

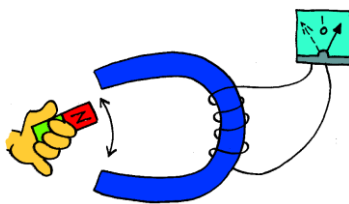
Elemente mit negativer Spannung heißen „unedel“ ③

Die positiven sind die „edlen“ ④

3. Spannungserzeugung durch „INDUKTION“



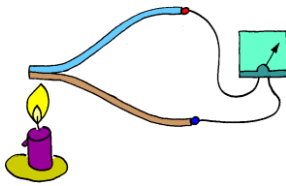
Versuch



Im gleichen Takt, wie sich der Magnet bewegt, ändert sich die erzeugte Wechselspannung

Ursache:	Veränderung (auch Umpolung) des Magnetismus
Quelle:	Elektromagnetische Induktion (Dynamoprinzip)
Anwendung:	Dynamomaschine oder Generator

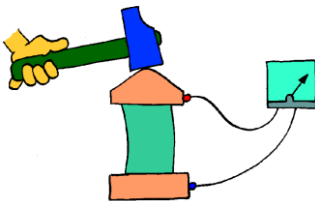
4. Spannungserzeugung durch Wärme



An der Kontaktstelle zweier verschiedener Metalle wird eine „Thermospannung“ entsprechend der Temperatur erzeugt

Ursache:	Temperatur der Kontaktstelle
Quelle:	Thermoelement
Anwendung:	Thermostat zur Messung und/oder Regelung der Temperatur

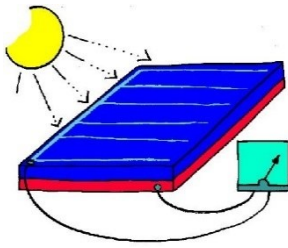
5. Spannungserzeugung durch Druck



Druck verschiebt die Atomkerne im Kristallgefüge, obwohl die Verschiebung winzig ist, wird ein ordentliches Potential erzeugt, weil so unglaublich viele Atome

Ursache:	Ladungsverschiebung durch Verformung eines Kristalles
Quelle:	Piezokristall (Quarz)
Anwendung:	Waagen oder Kraftaufnehmer

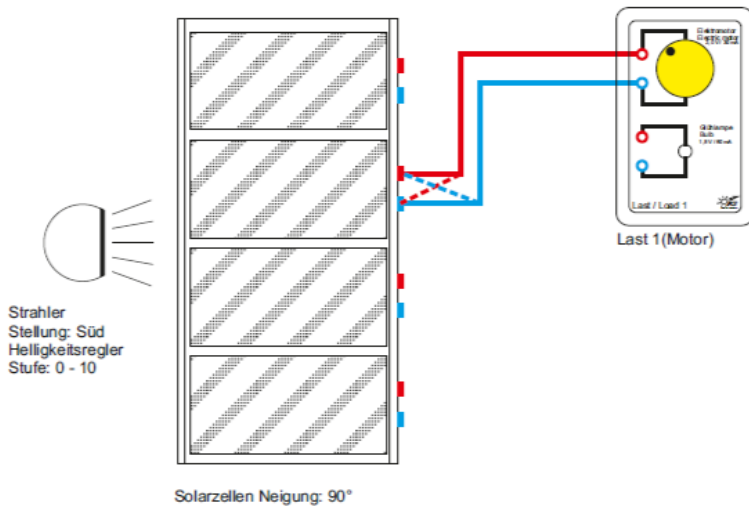
6. Spannungserzeugung durch Licht



Eine Solarzelle besteht eigentlich aus zwei el. verschieden geladenen Halbleiterschichten, damit sich die Ladungen darin bewegen, braucht es den „Stups“ der Photonen

Ursache:	Kinetische Energie der Photonen (Lichtteilchen)
Quelle:	Lichtstrahler (Lichtquellen)
Anwendung:	Fotovoltaik

Die Solarzelle als Energiewandler



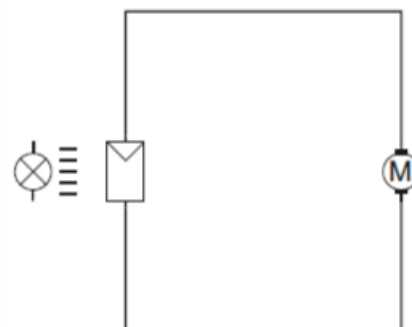
eine Fotozelle erzeugt el. Energie aus Licht, das reicht zum Antrieb eines kleinen Motors

Experiment 1:

Bauen Sie das Experiment entsprechend der links gezeigten Darstellung auf.

Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf Stufe **10**.

Schaltung (symbolische Darstellung):

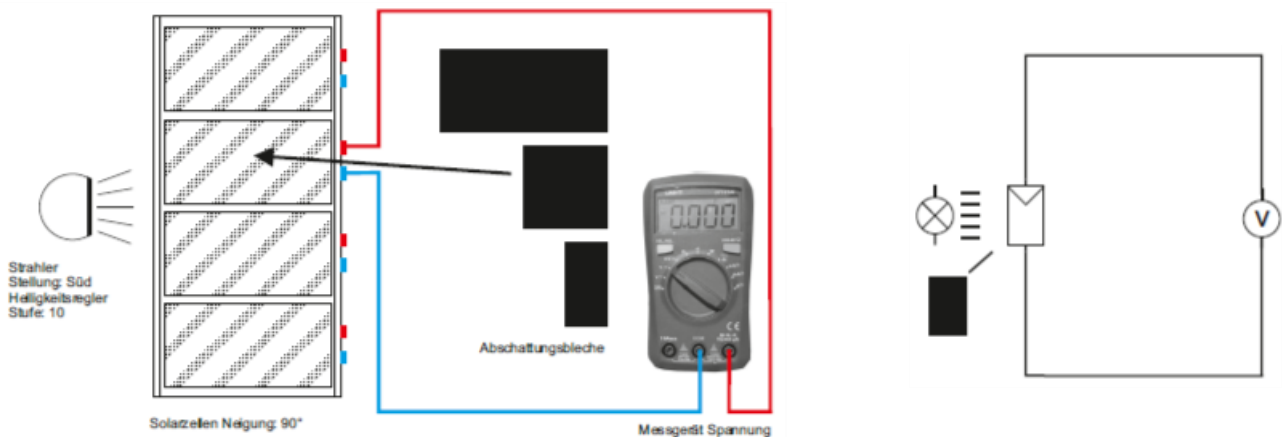


<p>A: Was geschieht, wenn die Verbindungskabel an der Solarzelle umgepolt werden?</p>	<p>Der Motor ändert die Drehrichtung, er läuft anders herum</p>
<p>B: Stellen Sie am Helligkeitsregler verschiedene Bestrahlungsstärken ein und beobachten Sie dabei den Elektromotor.</p>	<p>er bekommt auch mit weniger Licht genug Strom zum laufen</p>
<p>C: Geben Sie die Energiewandlungen an, die in der Solarzelle und in dem Elektromotor ablaufen.</p>	<p>Die Solarzelle wandelt Licht in elektrische Energie um, der Elektromotor wandelt elektrische Energie in Bewegung um.</p>

Messen an einer Solarzelle

Experiment 2:




Bauen Sie das Experiment entsprechend der unten gezeigten Darstellung auf. Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf Stufe **10**. Der Bereichswahlschalter des Multimeters als Voltmeter ist auf die Position **V (DC)** einzustellen (**1 V = 1000 mV**).

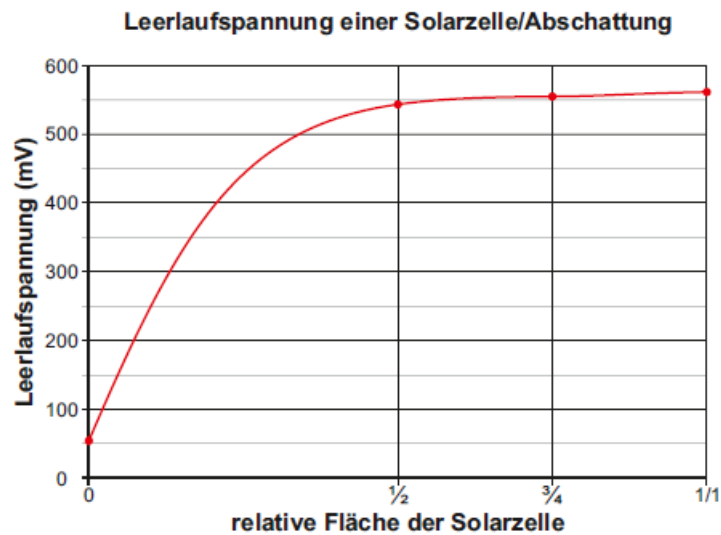


Decken Sie die Solarzelle mit dem **1/1** Abschattungsblech (vorübergehend für diese Abschattung den Regler auf **0** stellen) voll ab, messen Sie die Leerlaufspannung und tragen Sie den Wert in die Tabelle ein.

Fahren Sie mit Reglerstellung **10** fort, mit **1/2** Abdeckung, mit **1/4** Abdeckung und ohne Abdeckung und messen Sie jeweils die Spannung. Die gemessenen Werte bitte in die Tabelle eintragen und die Messpunkte mit Linien verbinden.

<p>A: Welche Erkenntnis lässt sich aus der Messung gewinnen?</p>	<p>Außer wenn die Zelle vollkommen abgedunkelt ist, kommt immer eine ähnlich hohe Spannung heraus. Wenn die Spannung abfällt ist nur ungefähr</p>
---	---

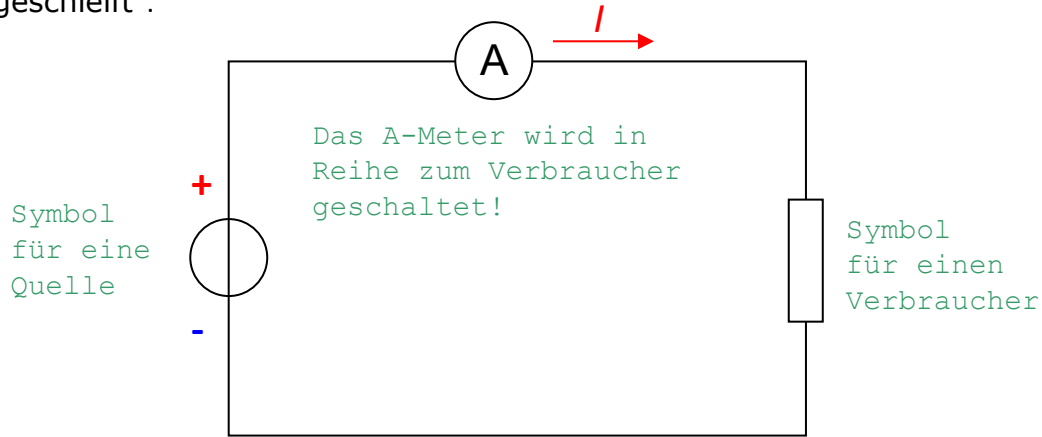
Bestrahlte Fläche der Solarzelle	0			
Leerlaufspannung [mV]				



GV1.2 Messen von Strom und Spannung

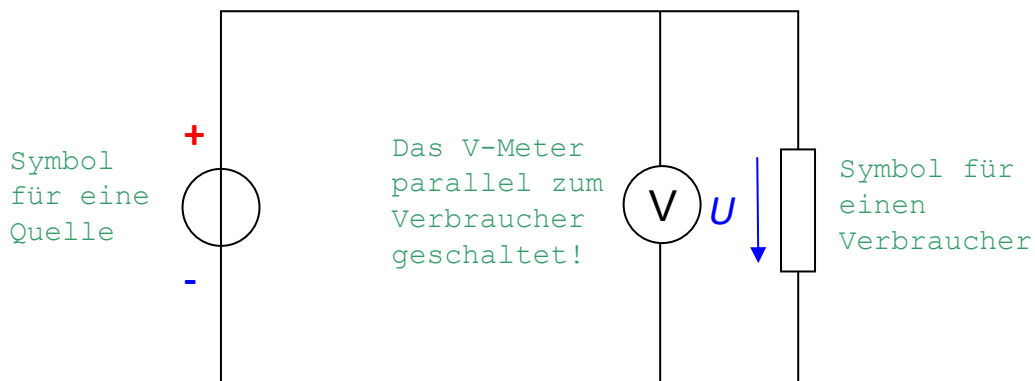
1. Der Strom wird mit einem Amperemeter gemessen.

Das A-Meter zeigt uns die Stromstärke und wird immer in den Stromkreis „eingeschleift“.

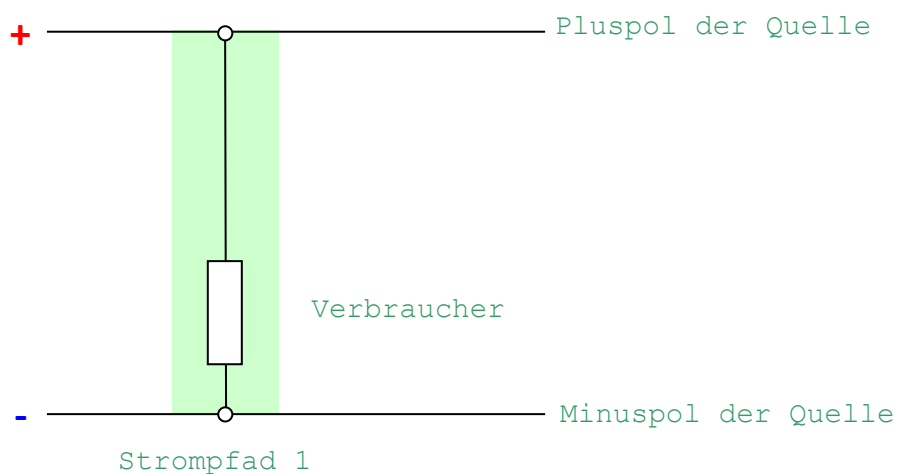


2. Die Spannung wird mit einem Voltmeter gemessen.

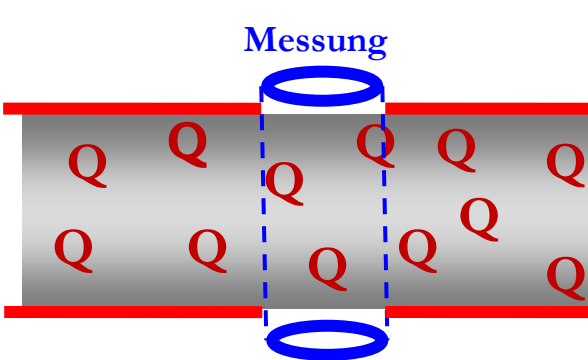
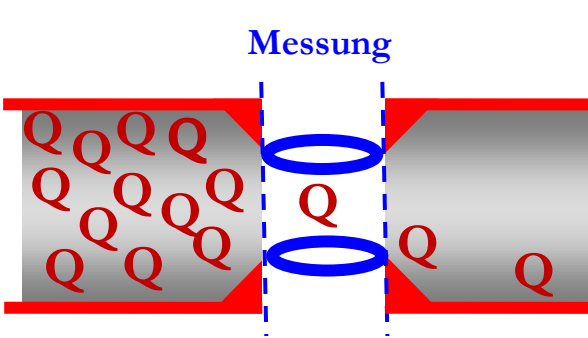
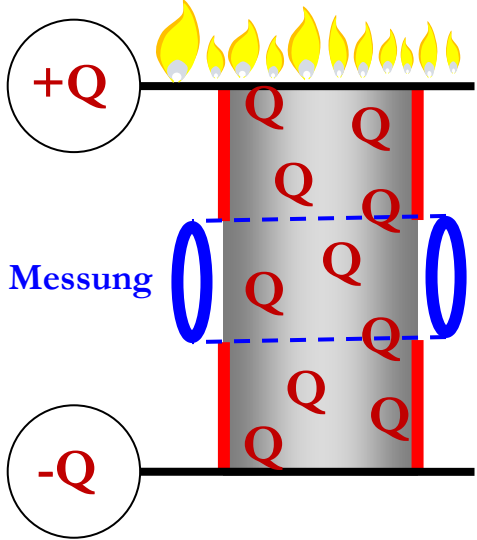
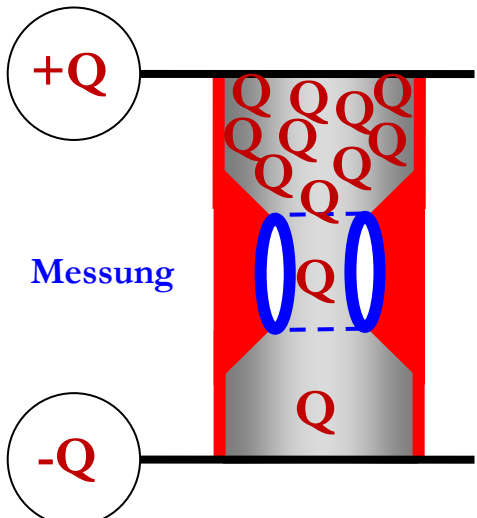
Das V-Meter zeigt uns die Spannung und wird immer zwischen zwei Punkten mit unterschiedlichem Potenzial angeschlossen.



Darstellung des Stromkreises als Stromfad:

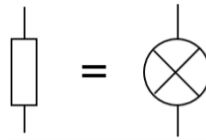


Verhalten der Messgeräte:

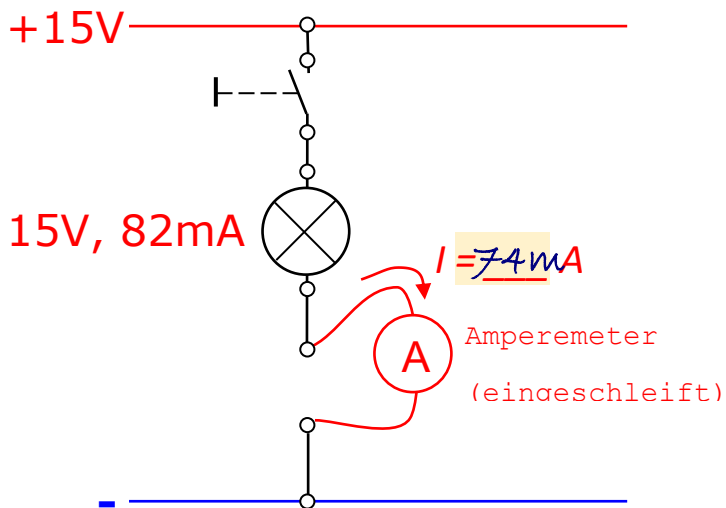
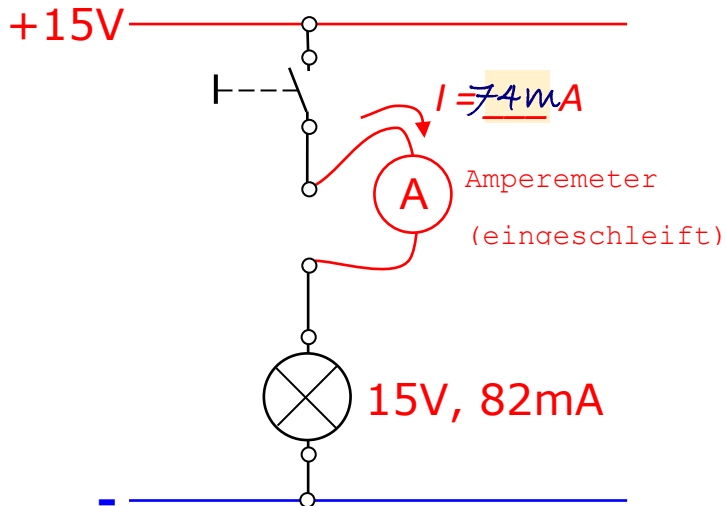
<p style="text-align: center;">Stromstärke $I = \frac{Q}{t}$</p> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; min-height: 100px;"> <p>I ... Strom</p> <p>Q ... Ladungsmenge</p> <p>t ... 1s</p> </div>	<p style="text-align: center;">Spannung $U = \frac{E}{Q}$</p> <div style="border: 1px dashed gray; padding: 5px; min-height: 100px;"> <p>E ... Energie oder Arbeit</p> <p>Q ... Ladungsmenge</p> <p>U ... Spannung</p> </div>
<div style="text-align: center;">  <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">richtig!</p> <p>KEINE Behinderung der Ladungsbewegung durch das Messgerät (Innenwiderstand mini)</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">falsch!</p> <p>Behinderung der Ladungsbewegung durch das Messgerät (Innenwiderstand maxi)</p> </div>	<div style="text-align: center;">  <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">falsch!</p> <p>offene Schleife ist KURZSCHLUSS (Innenwiderstand mini)</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p style="color: green; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">richtig!</p> <p>Verhinderung einer Ladungslawine (Innenwiderstand maxi)</p> </div>

Aufgabe 1: Bestimme den Strom vor und nach der Lampe.

1. Der Verbraucher ist eine Glühlampe.



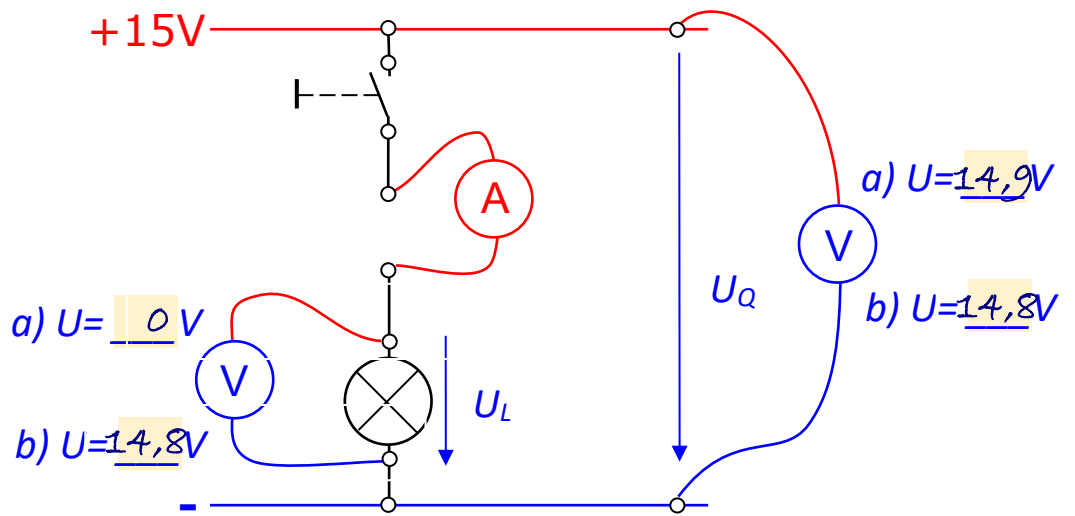
2. Der Stromkreis wird über einen Schalter ein- und ausgeschaltet.



Aufgabe 2: Bestimme die Spannung am Verbraucher und an der Quelle:

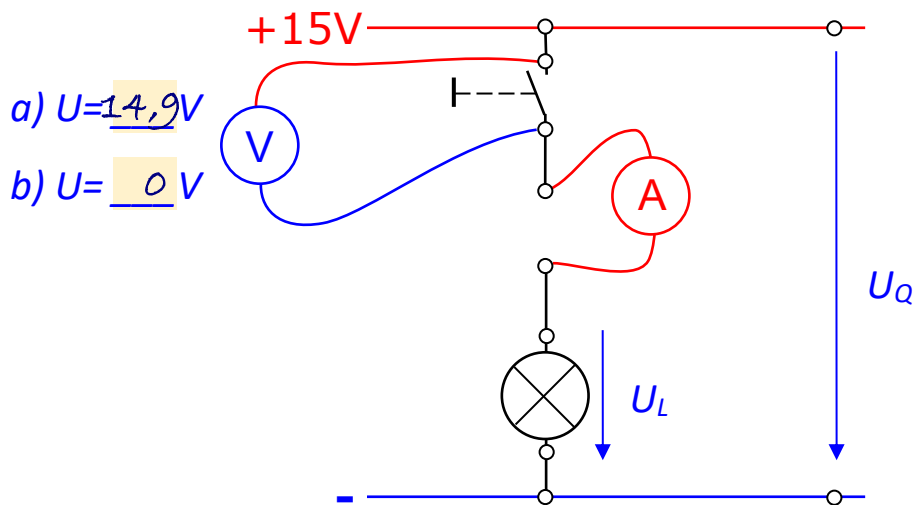
- a) bei offenem Schalter
- b) bei geschlossenem Schalter

Das V-Meter wird parallel zum Verbraucher geschaltet!

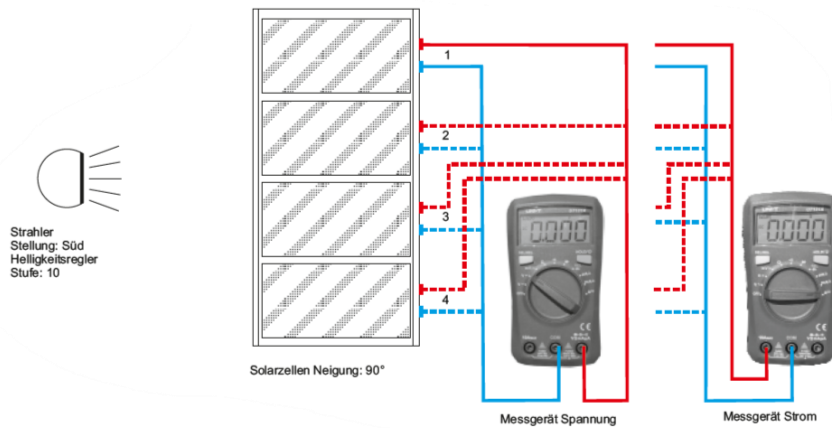


Aufgabe 3: Bestimme die Spannung am Schalter:

- a) bei offenem Schalter
- b) bei geschlossenem Schalter

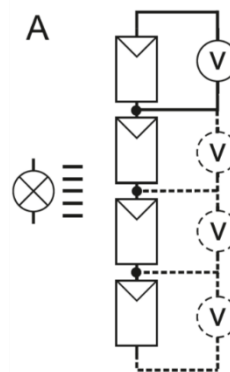


Experiment 3:



Bauen Sie das Experiment entsprechend der oben gezeigten Darstellung auf. Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf der Stufe **10**.

A: Ein Multimeter als Voltmeter nach Darstellung anschließen, den Bereichswahlschalter auf die Position **V (DC)** einstellen. Bei den Solarzellen **1-4** die Leerlaufspannungen messen und in die Tabelle **1** eintragen.



B: Das zweite Multimeter als Amperemeter nach Darstellung anschließen, der Bereichswahlschalter ist auf die Position **A (DC)** einzustellen, bei den einzelnen Solarzellen **1-4** den Kurzschlussstrom messen und in die Tabelle **1** eintragen.

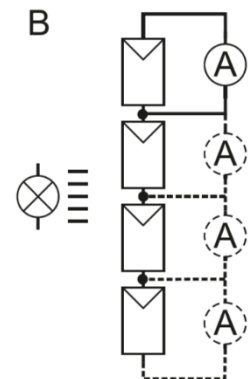


Tabelle 1

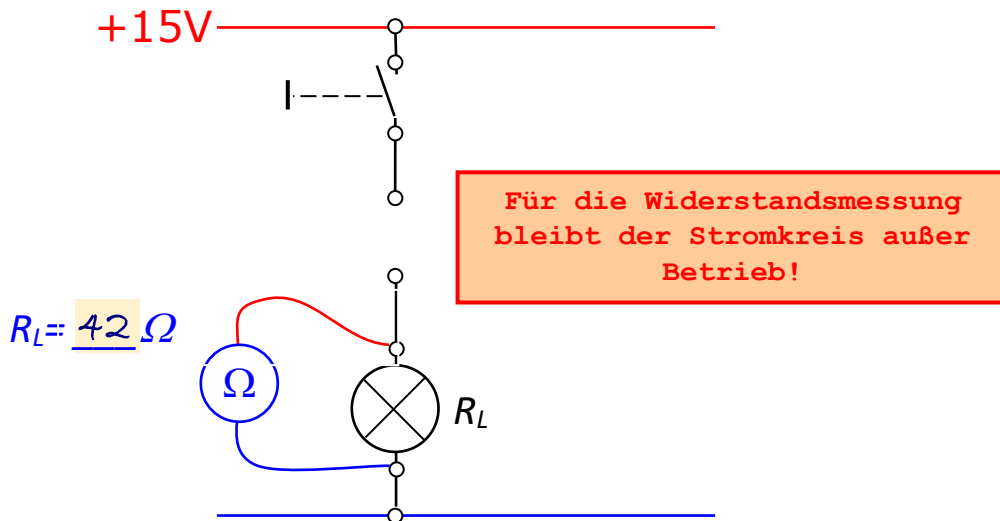
	Solarzelle 1	Solarzelle 2	Solarzelle 3	Solarzelle 4
Leerlaufspannung (V)	0,56	0,56	0,55	0,56
Kurzschlussstrom (mA)	217	284	279	215

GV1.3 Messungen zum „Ohmschen Gesetz“

1. Bestimmung des Widerstandes der Lampe

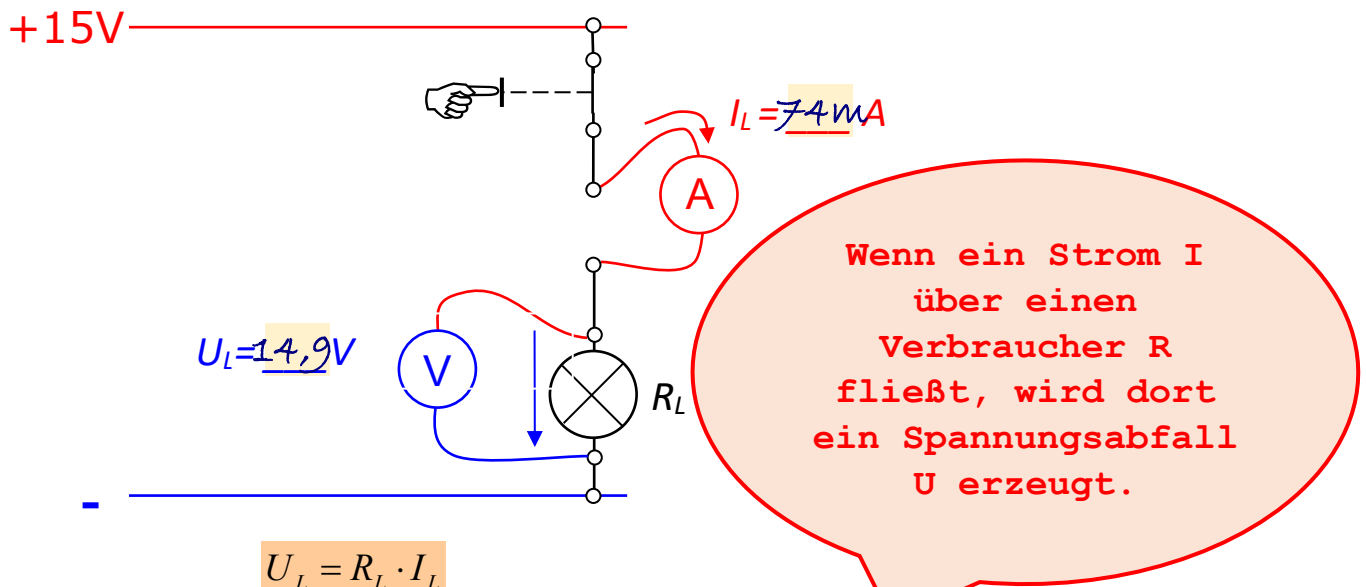
1.1 Messen des Kaltwiderstandes

durch **Direkte Messung** mit dem **Ohm-Meter**



1.2 Messen des Warmwiderstandes

durch **Indirekte Messung** mit **V- und A-Meter**



$$U_L = R_L \cdot I_L$$

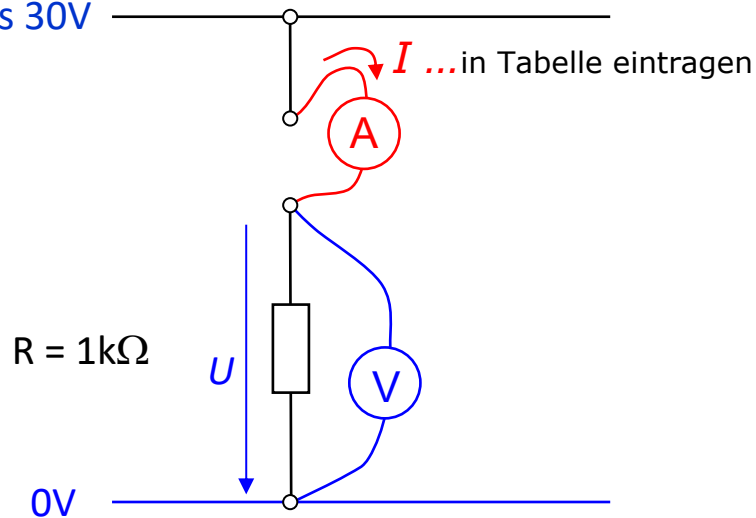
$$R_L = \frac{U_L}{I_L} = \frac{14,9 \text{ V}}{0,074 \text{ A}} = 201 \Omega$$



Frage 1: Wie hängt der Strom von der Spannung ab?

Messung

U ...nach Tabelle einstellen
0 bis 30V



Messtabelle

U in V	0	5	10	15	20	25	30
I in mA	0	5	9,95	14,99	19,98	24,95	29,94

Auswertung

Erstelle ein Diagramm

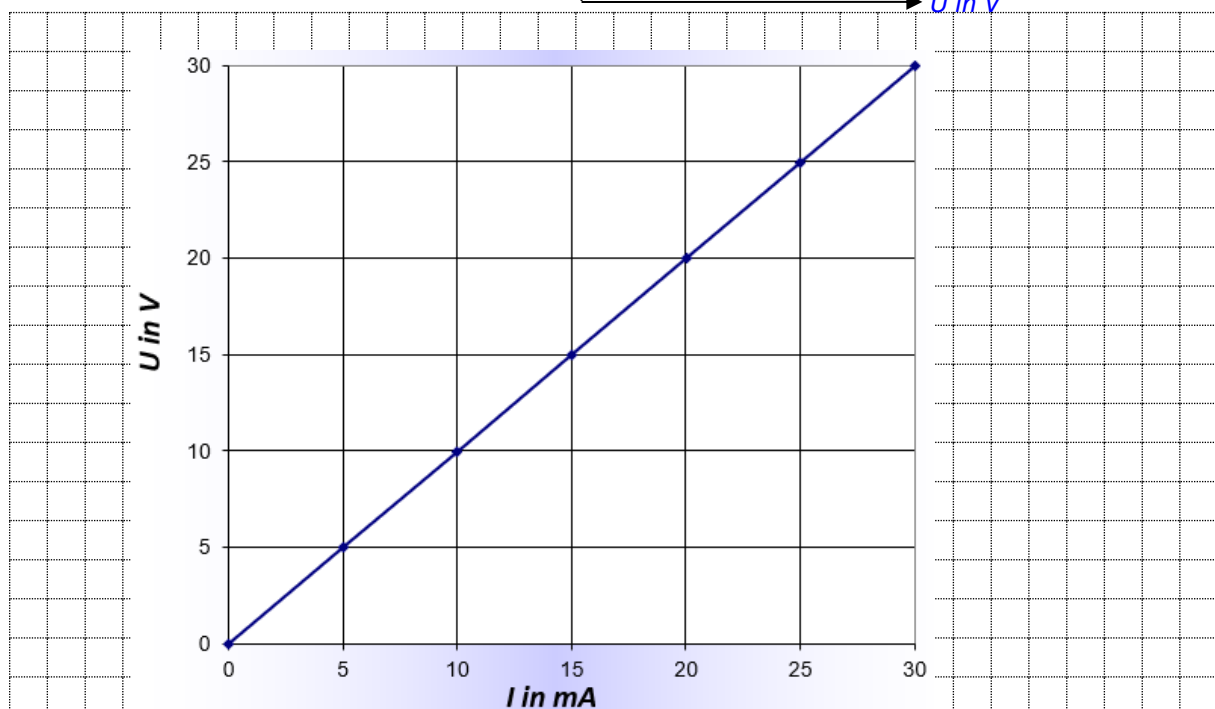
(eine Kennlinie) zu dieser Messung.

I in mA

$I = f(U)$
Parameter = R

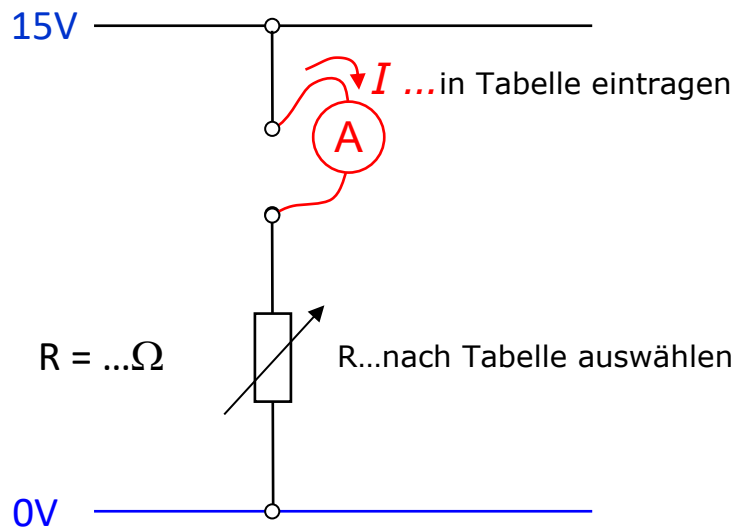
I ist eine Funktion von U

U in V



Frage 2: Wie hängt der Strom vom Verbraucher ab?

Messung



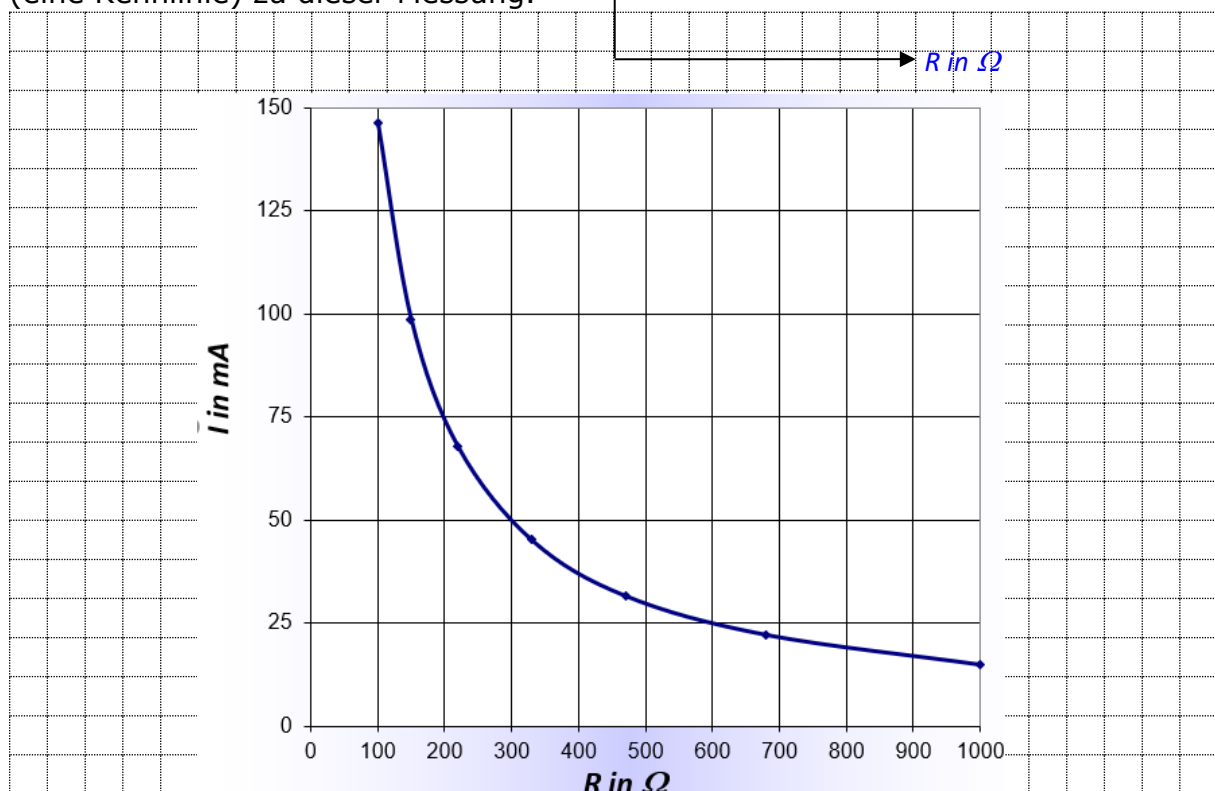
Messtabelle

<i>R in Ω</i>	1000	680	470	330	220	150	100
<i>I in mA</i>	15	22,23	31,66	45,21	67,81	98,66	146,43

Auswertung

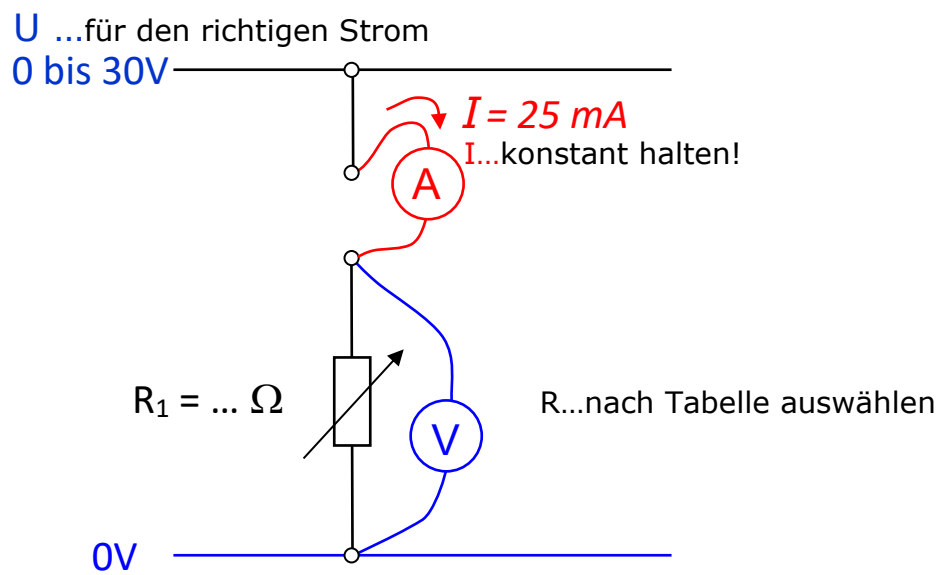
Erstelle ein Diagramm (eine Kennlinie) zu dieser Messung.

$I = f(R)$
Parameter = U
I ist eine Funktion von R



Frage 3: Wie hängt die Spannung vom Verbraucher ab?

Messung



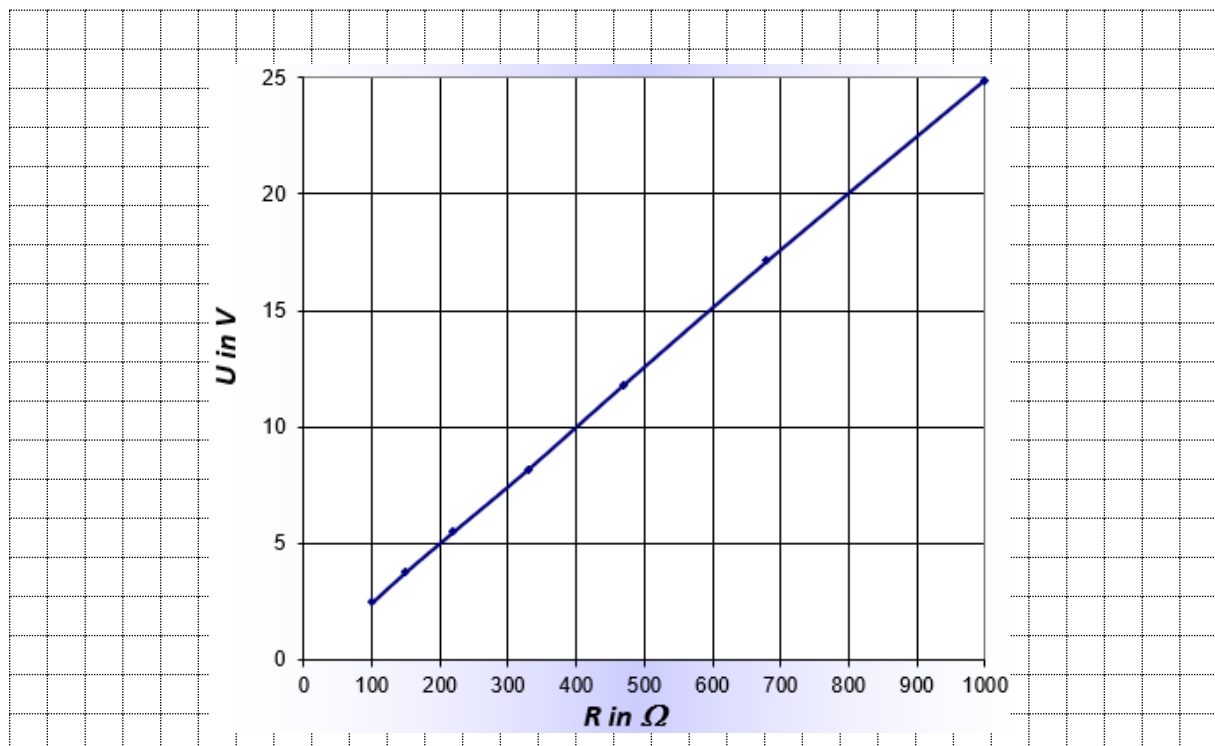
Messtabelle

R in Ω	1000	680	470	330	220	150	100
U in V	24,9	17,12	11,82	8,2	5,51	3,78	2,46

Auswertung

Erstelle ein Diagramm

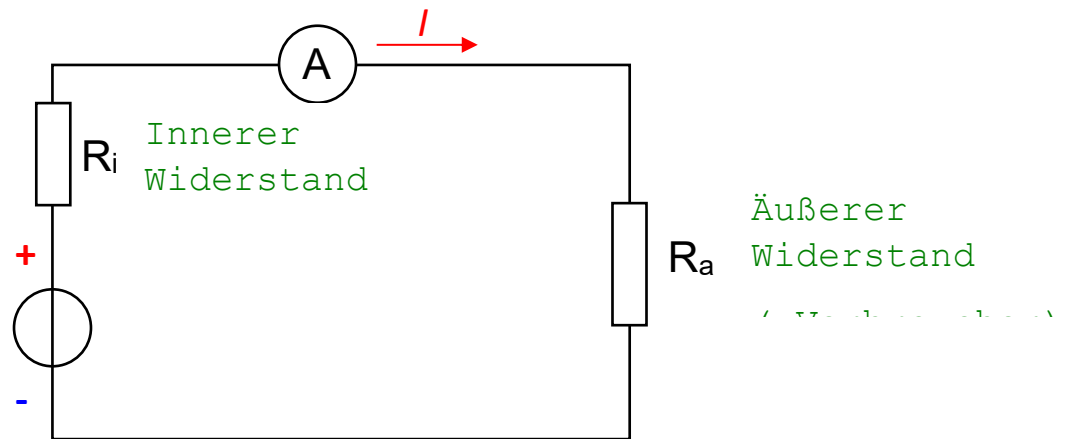
(eine Kennlinie) zu dieser Messung.



GV1.4

Innenwiderstand von Quellen („Der Kurzschluss“)

Alle im Stromkreis liegenden Leiter besitzen im Normalfall einen elektrischen Widerstand. So auch die Quelle, durch die der Strom auch fließt. So fällt an jedem Widerstand eine Spannung ab. Im inneren der Quelle ist das der **Innere Spannungsabfall**.

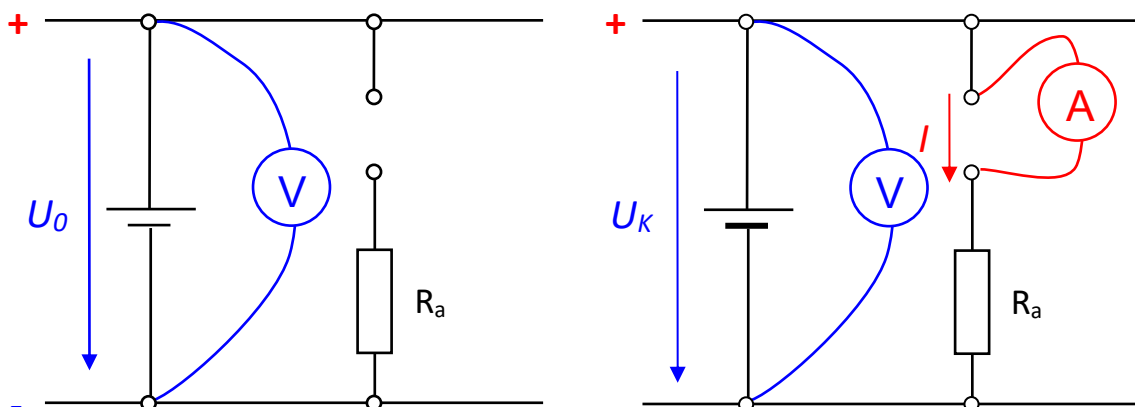


1. Messung an einer Batterie

Zuerst wird die Batterie- oder Leerlaufspannung ohne Strom gemessen. In diesem Fall gibt es keine Verluste bzw. Spannungsabfälle. Danach soll der innere Spannungsabfall bei verschiedenen Lastströmen bestimmt werden.

Der **Innere Spannungsabfall** ist die Differenz der Leerlaufspannung zur Klemmenspannung bei Belastung.

$$U_i = U_0 - U_K$$



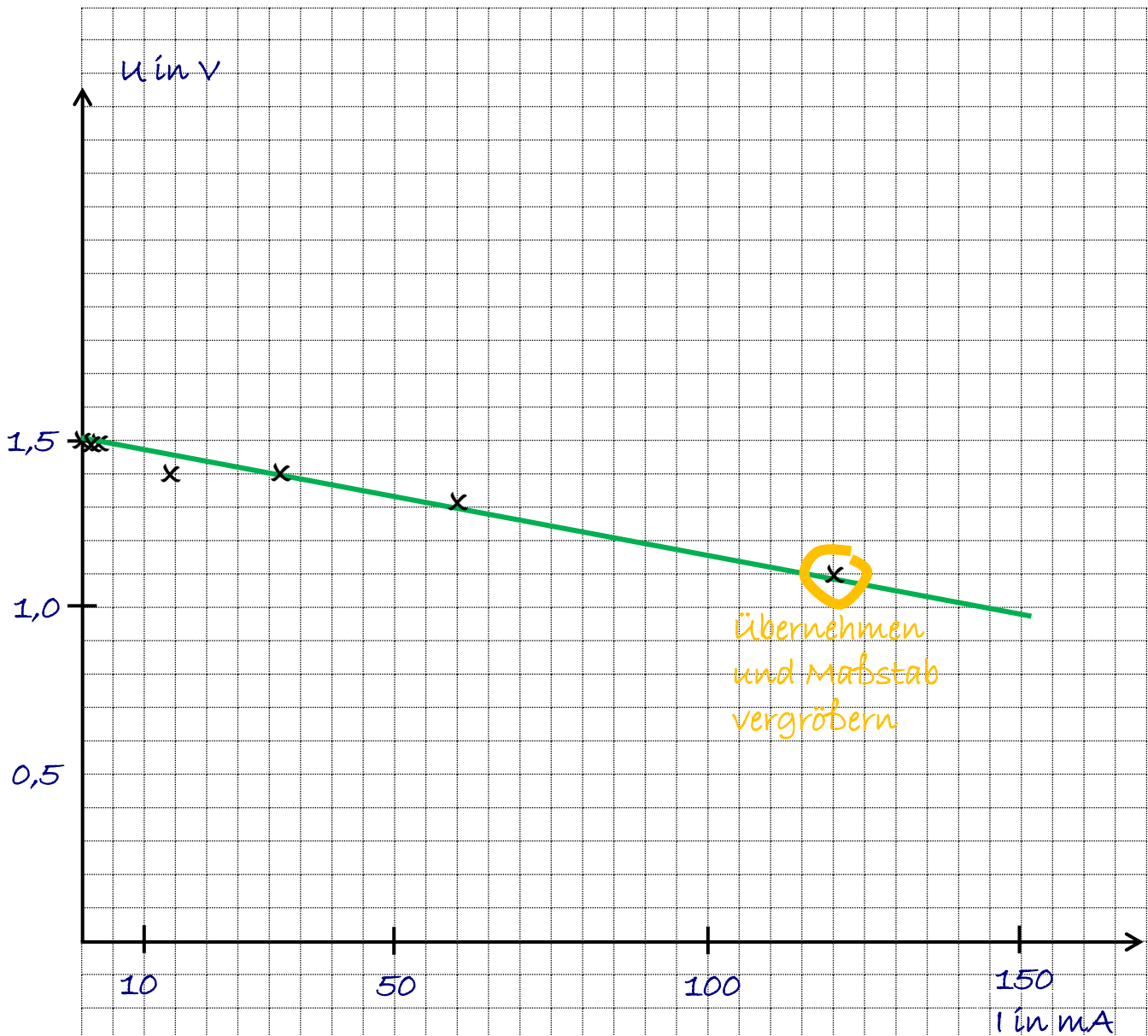
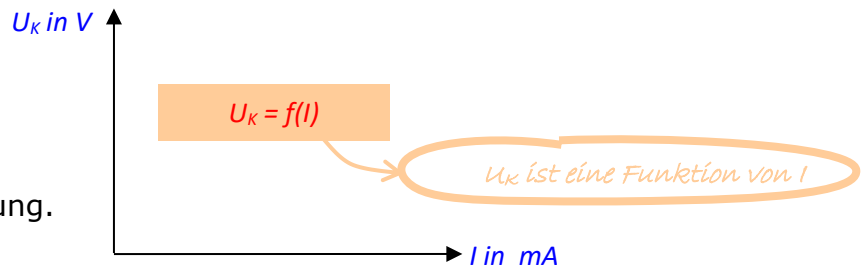
Messtabelle

$U_0 = 1,5 \text{ V}$

$R_a \text{ in } \Omega$	1000	470	220	100	47	22	10
$I \text{ in mA}$	1,53	3,18	6,75	14,55	32,11	61,05	121,5
$U_k \text{ in V}$	1,494	1,485	1,468	1,436	1,398	1,332	1,186

Auswertung

Erstelle ein Diagramm
(eine Kennlinie) zu dieser Messung.



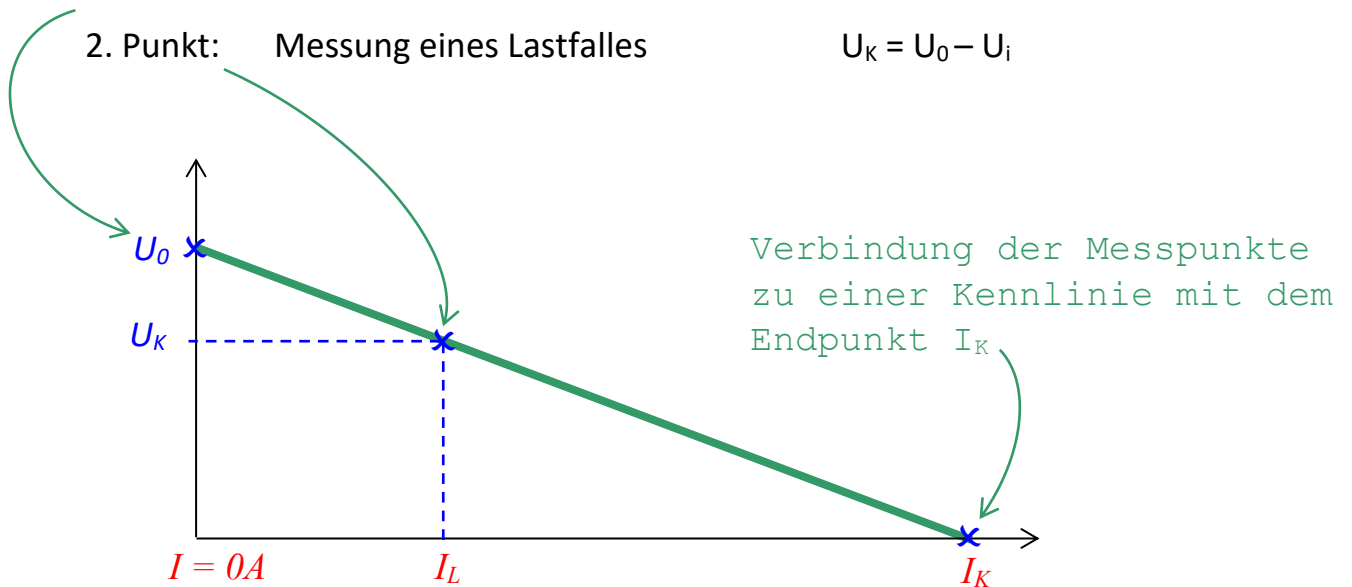
Das Diagramm stellt die Belastungskennlinie (oder die äußere Kennlinie) einer Quelle dar. (Lösung: Sie ist eine Gerade !)

Bestimmung des Kurzschlussstromes I_K und des Innenwiderstandes R_i

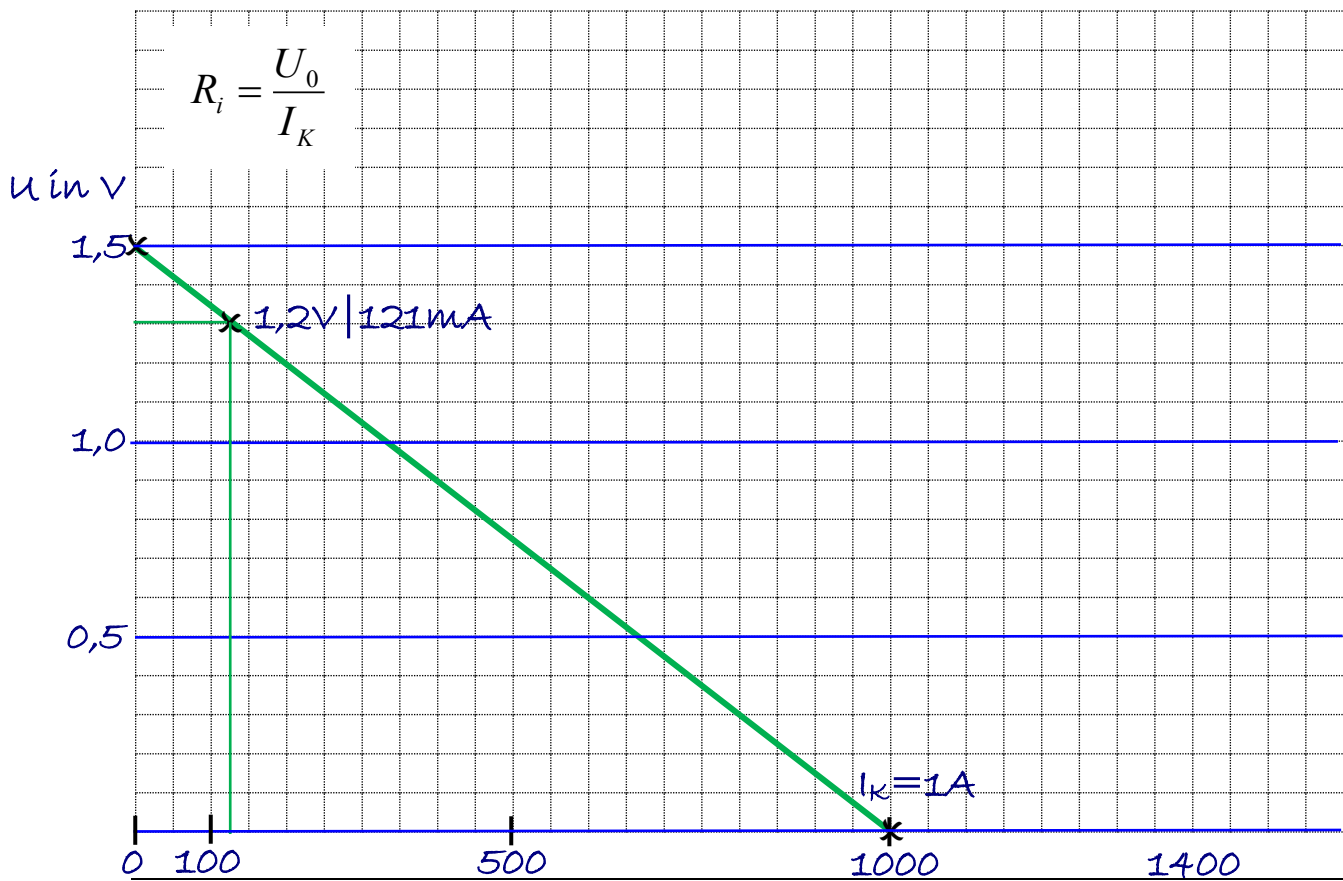
Durch die Messung von zwei Punkten kann eine Gerade also die Belastungskennlinie vollständig konstruiert werden.

1. Punkt: Messung der Leerlaufspannung $U_0 = U_{Bat}$

2. Punkt: Messung eines Lastfalles $U_K = U_0 - U_i$



Durch den zeichnerisch gefundenen Kurzschlussstrom kann mit dem Ohmschen Gesetz der Innenwiderstand der Quelle berechnet werden:



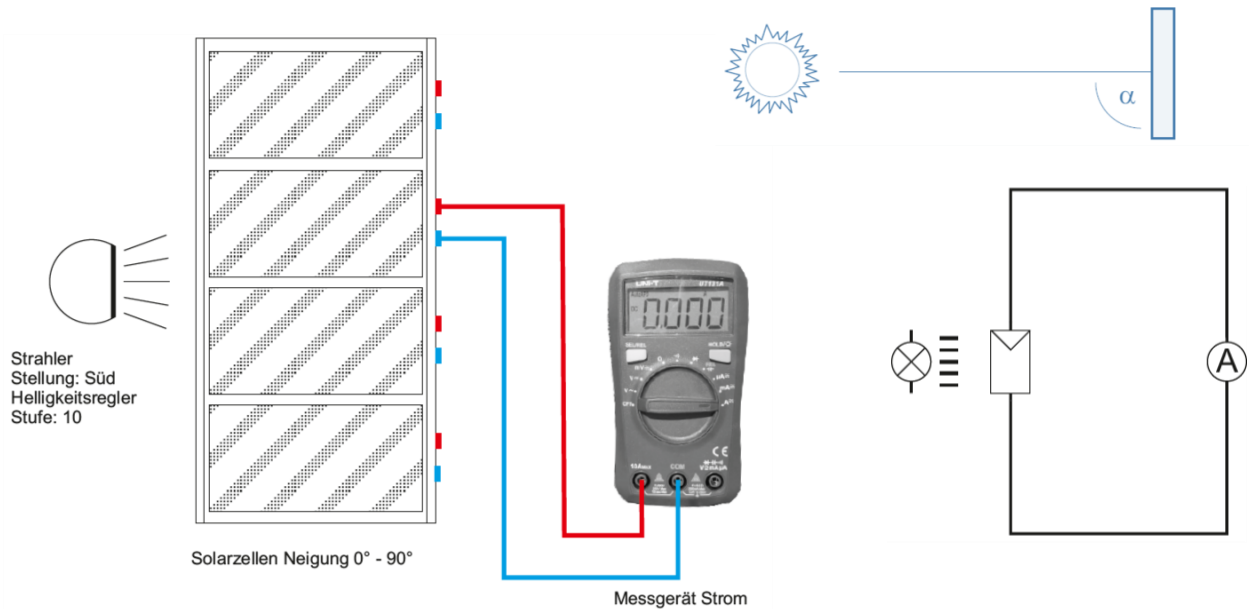
GV1.5 Belastung einer Solarzelle

1. Kurzschlussstrom einer Solarzelle

Information

Der Einfallswinkel des Sonnenlichtes in Bezug auf die Erde ändert sich mit der Tages- und Jahreszeit. So treffen zum Beispiel die Sonnenstrahlen auf eine feststehende Solarzelle am Morgen in einem anderen Winkel auf als am Mittag.

Welche Beziehung besteht zwischen dem Einfallswinkel des Lichtes auf die Solarzelle und der Kurzschlussstromstärke?



Experiment 4:

Bauen Sie das Experiment entsprechend der oben gezeigten Darstellung auf.

Das Multimeter als Amperemeter nach Darstellung anschließen, der Bereichswahlschalter ist auf die Position **A (DC)** einzustellen.

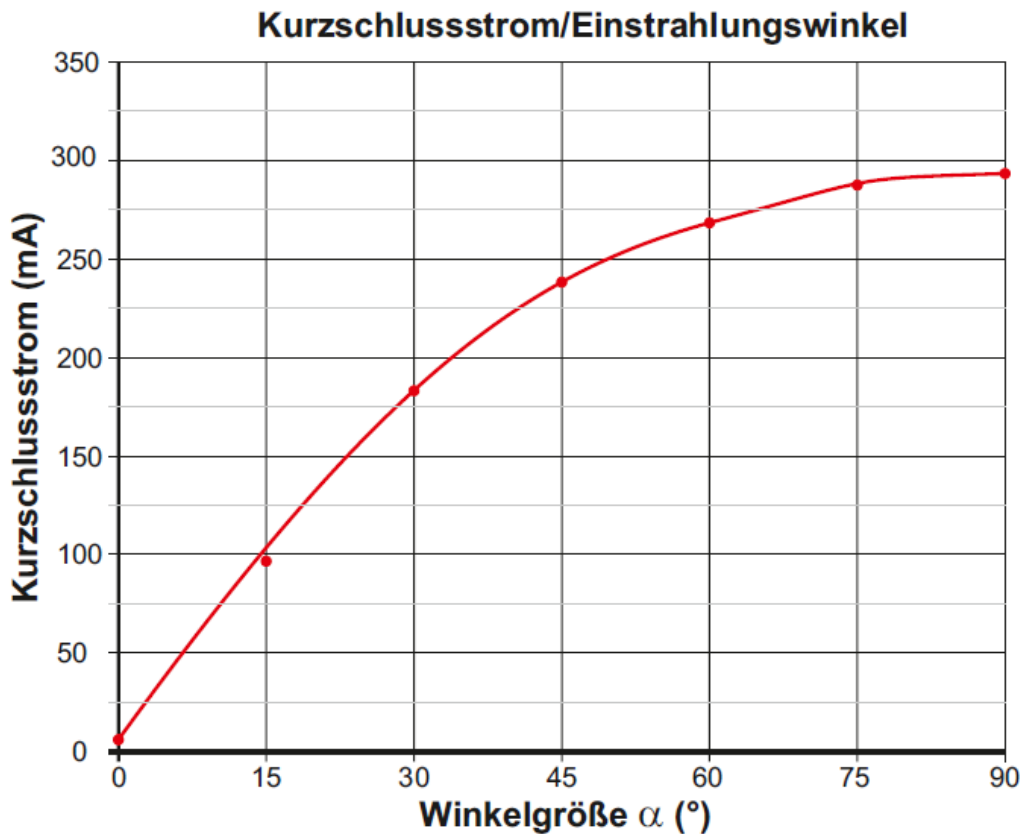
Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf der Stufe **10**.

Das Solarzellengehäuse zunächst auf die Position **90°** einstellen, den Kurzschlussstrom messen und die Werte in die Tabelle eintragen.

Nun in **15°**-Schritten das Solarzellengehäuse bis zur Stellung **0°** drehen und jeweils die Werte in der Tabelle festhalten.

Bitte die Tabellenwerte in das Diagramm eintragen und die Messpunkte mit Linien verbinden.

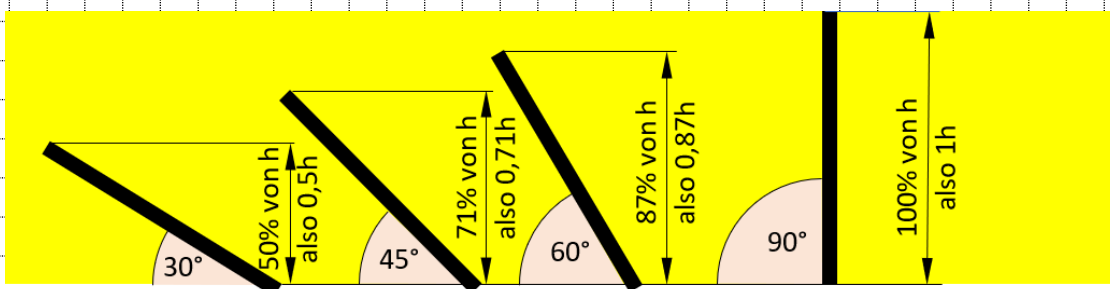
Winkelgröße α (°)	90	75	60	45	30	15	0
Kurzschlussstrom (mA)	286	281	267	238	182	93	9



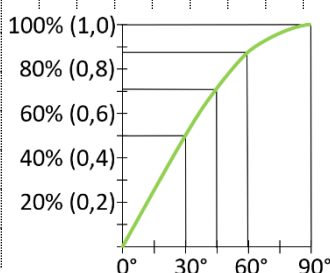
A: Welche Zusammenhänge zwischen Einstrahlwinkel des Lichtes auf die Solarzelle und der Kurzschlussstromstärke lassen sich daraus ableiten?

Der Kurzschlussstrom nimmt mit sinkender Bestrahlungsfläche ab. Die Abnahme ist nicht linear (nicht gerade).

Erklären lässt sich das mit einer Zeichnung.



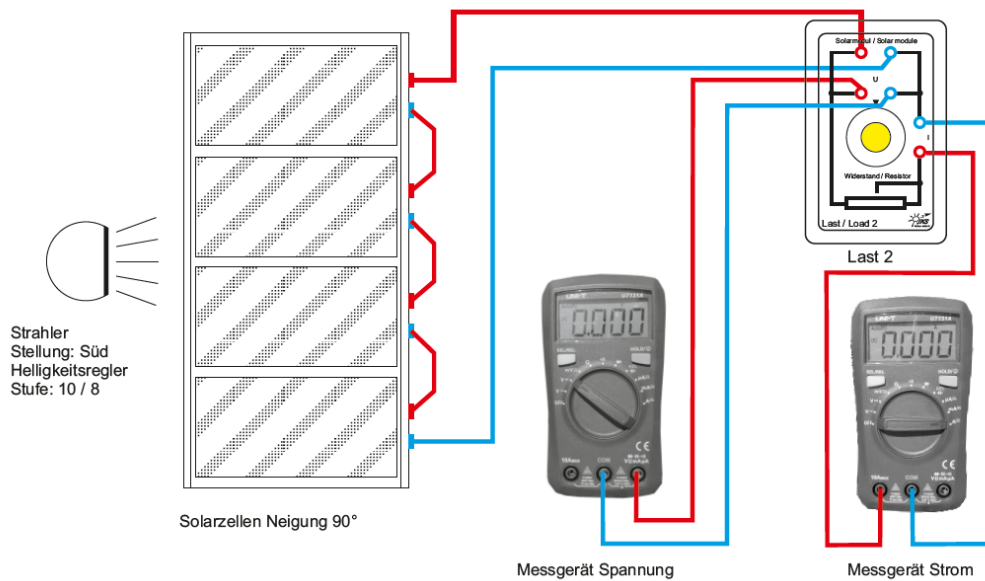
Die bestrahlte Fläche nimmt auch nicht linear ab.



In einem Diagramm (links: Winkel zu prozentueller Höhe) kann man sofort die Ähnlichkeit der Kurve zu unserer Messung erkennen. Überprüft mal die Prozentwerte.

2. U-I-Kennlinie (Lastkennlinie)

Wird an eine Solarzelle ein Verbraucher (Lastwiderstand) angeschlossen, nehmen Spannung und Strom ganz bestimmte Werte an. Wie ändern sich die Spannung und die Stromstärke bei unterschiedlichem Lastwiderstand (Verbraucher)?



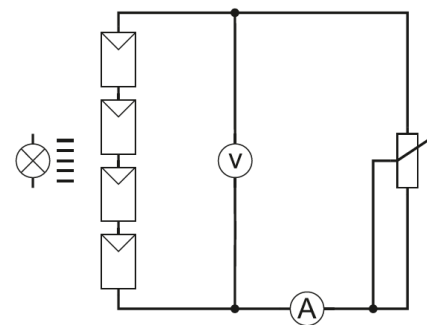
Experiment 8:

Bauen Sie das Experiment entsprechend der oben gezeigten Darstellung auf. Die Messung erfolgt wegen der besseren Auflösung an einer Reihenschaltung. Der Kurvenverlauf im Diagramm zeigt aber im Prinzip den gleichen Verlauf wie bei der Messung an einer Einzelzelle.

Ein Multimeter als Voltmeter nach Darstellung an die Last **2** anschließen, den Bereichswahlschalter auf die Position **V (DC)** einstellen.

Das andere Multimeter als Amperemeter nach Darstellung anschließen, den Bereichswahlschalter auf die Position **A (DC)** einstellen.

Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, die Solarzellen auf der Position **90°**. Es werden zwei Messreihen aufgenommen.



1. Helligkeitsregler auf Stufe **10** Den Drehknopf vom Verbraucher (Last 2) ganz nach rechts drehen (größter Widerstand). Mit dem Drehknopf den ersten Stromwert in **Tabelle 1** einstellen und den fehlenden Spannungswert eintragen.

Nun den nächsten vorgegebenen Wert einstellen und den fehlenden Wert in die Tabelle eintragen. Fortfahren, bis alle Werte eingetragen sind.

Tabelle 1 hohe Bestrahlungsstärke

Spannung (V)	2,20	2,19	2,17	2,11	2,06	2,01	1,97	1,90	1,60	1,00	0,50	0,20
Strom (mA)	20	40	60	100	120	140	150	170	199	204	204	205

2. Helligkeitsregler auf Stufe **8**

Den Drehknopf vom Verbraucher (Last 2) ganz nach rechts drehen (größter Widerstand).

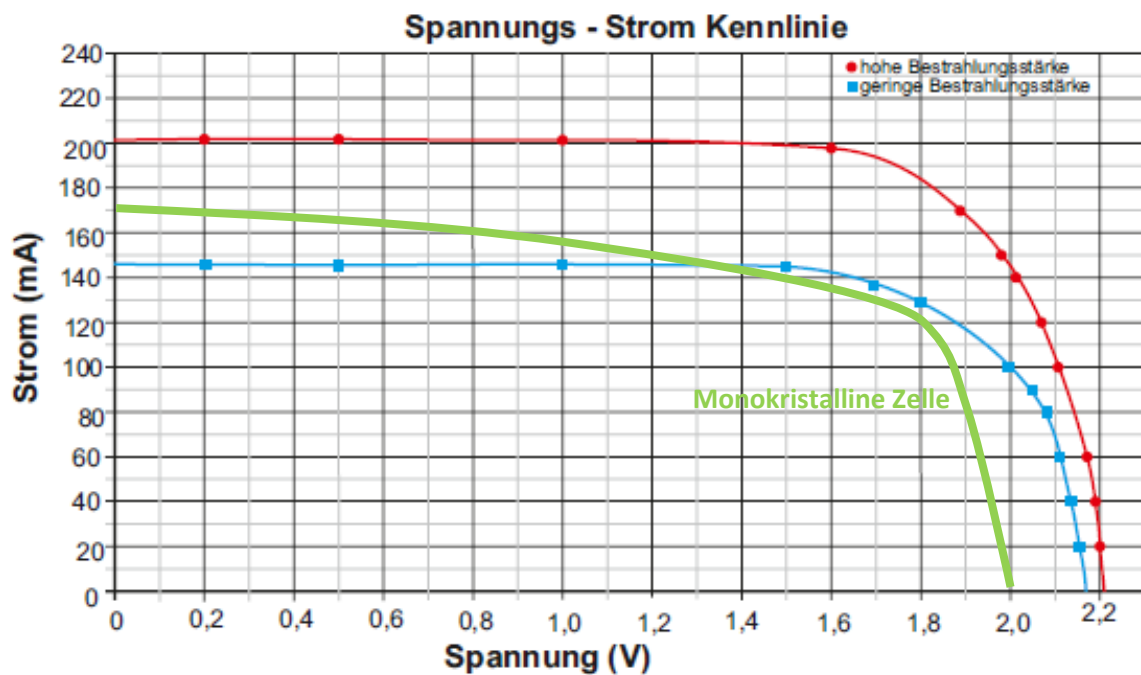
Mit dem Drehknopf den ersten Stromwert in **Tabelle 2** einstellen und den fehlenden Spannungswert eintragen.

Nun den nächsten vorgegebenen Wert einstellen und den fehlenden Wert in die Tabelle eintragen. Fortfahren, bis alle Werte eingetragen sind.

Tabelle 2 geringere Bestrahlungsstärke

Spannung (V)	2,15	2,13	2,11	2,06	2,04	1,99	1,80	1,70	1,50	1,00	0,50	0,20
Strom (mA)	20	40	60	80	90	100	129	137	145	146	147	147

A: Die Tabellenwerte von Tabelle 1 und 2 nun in das Diagramm eintragen und die zugehörigen Messpunkte verbinden.



B: Was zeigt uns das Diagramm?

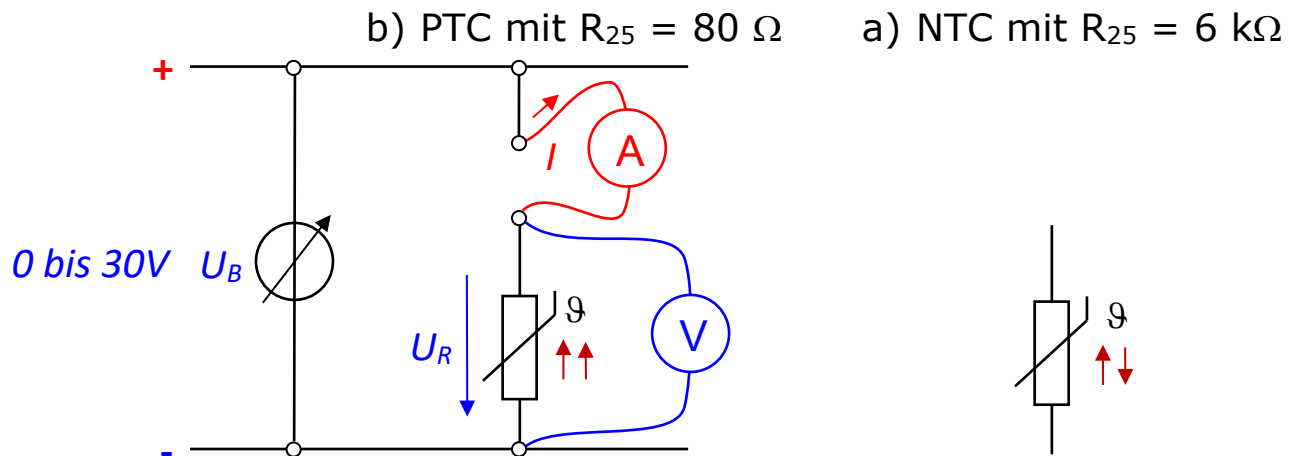
unterschiedliche Bestrahlungsstärken ergeben sich verschiedene Kennlinien.

Von 0 bis 1,6 V ist der Strom relativ konstant, darüber sinkt er stark ab.

Welche Leistung gibt eine Solarzelle ab?

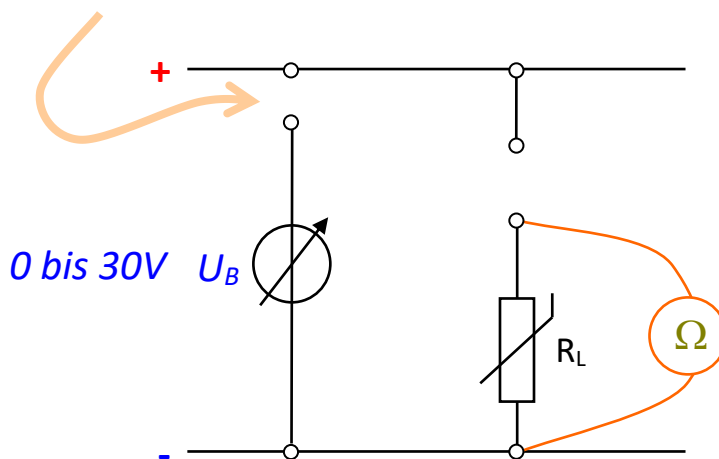
GV1.6 Temperaturabhängige Widerstände

Messung



Zuerst wird der **Kaltwiderstand** von R_L mit einem Ohmmeter bestimmt (siehe direkte Widerstandsmessung). **Dazu muss die Spannungsquelle ausgeschaltet bleiben!**

Also Brücke entfernen!



Der **Kaltwiderstand** kann auch durch die Messung einer sehr kleinen Spannung bestimmt werden. Der Strom ist so klein, dass keine Erwärmung des Widerstandes stattfindet.

Dann wird durch die Stromwärme (= Eigenerwärmung) der Widerstand auf eine bestimmte Temperatur gebracht, indem die Spannung und damit der Strom langsam erhöht wird.

(Geduld! Wir müssen das Erreichen der Temperatur abwarten!)

Messtabelle

a) für PTC- Widerstand

$R_K = \underline{80} \Omega$

U_K in V	1	2	4	6	8	10	12	16	20	24	28	1
I in mA	11,7	23,7	48,2	69	77,7	74,2	69,2	57,5	49	42,6	39,2	11,7
R_W in Ω	85,5	84,4	83	87	103	135	173	278	408	563	714	85

b) für NTC- Widerstand

$R_K = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$

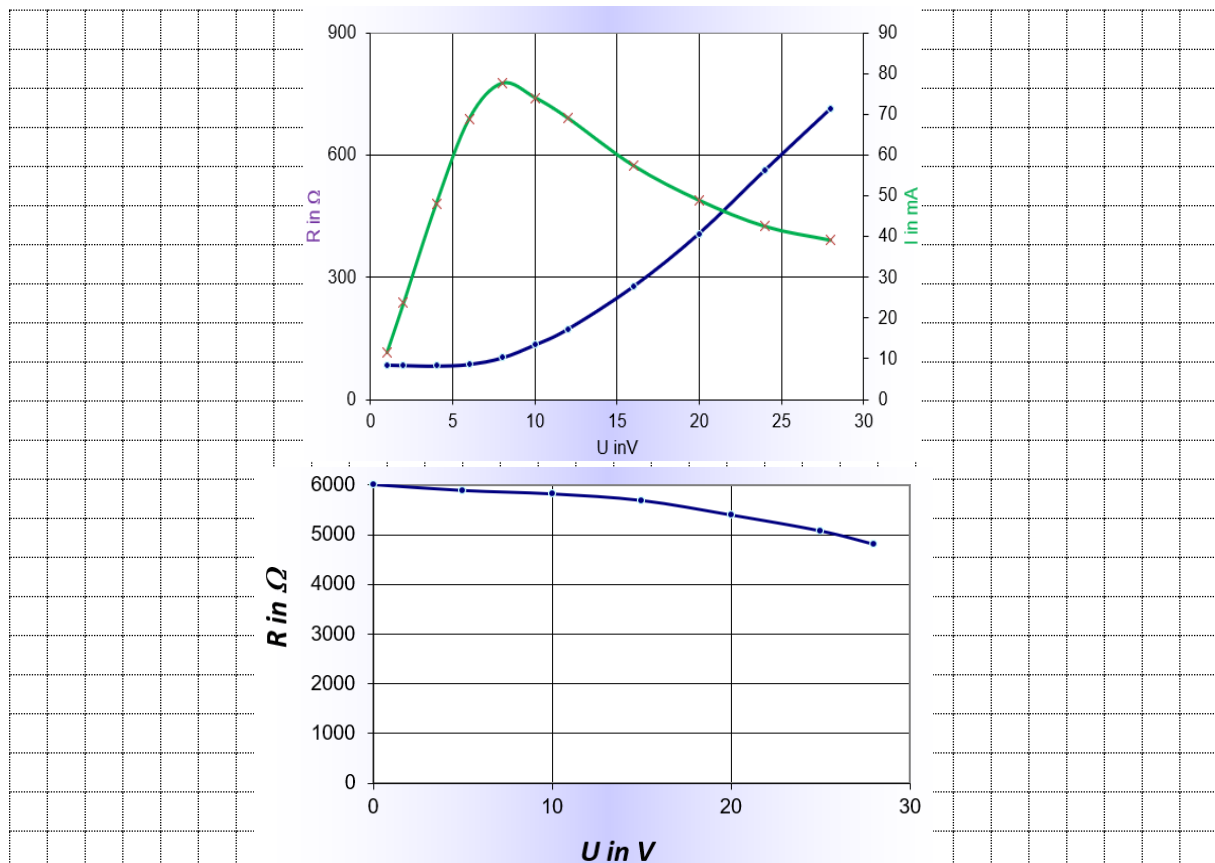
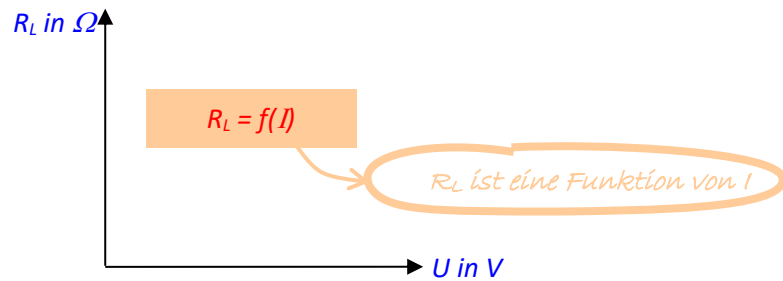
U_K in V	0	5	10	15	20	25
I in mA	0	0,85	1,72	2,64	3,71	4,93
R_W in Ω	6000	5882,4	5814	5681,8	5390,8	5071

Für die jeweilige Messung ergibt sich der Warmwiderstand mit: $R_W = \frac{U_K}{I}$

Auswertung

Erstelle ein Diagramm (eine Kennlinie) zu diesen Messungen.

In diesem Diagramm ist die Spannungsachse als Ersatz für die Temperatur zu sehen. Die Widerstände hängen direkt von der Temperatur und indirekt vom fließenden Strom ab. (*Der Strom erzeugt die Wärme!*)

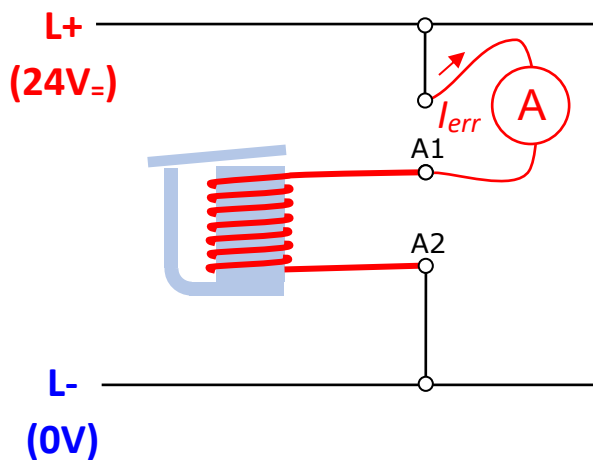


GV1.7 Temperaturbestimmung an einer Magnetspule

Aus der Widerstandszunahme ΔR kann die Temperaturzunahme $\Delta \vartheta$ und damit auch die momentane Temperatur ϑ einer Wicklung berechnet werden.

Die Messung von **Strom und Spannung in bestimmten Zeitabständen** führt uns zum rechnerischen Ergebnis der Temperatur. Diese Methode bezeichnen wir als **indirekte Temperaturmessung**.

Messung an einer Relaisspule



Messtabelle:

a) Erwärmung

$R_K = 530 \Omega$

t in min	U in V	I in A	R_w in Ω	ΔR in Ω	$\Delta \vartheta$ in K	ϑ in $^{\circ}C$
0	25	-	530	0	0	20
4	24,66	45,6	540,8	8,8	4,1	24,1
10	24,62	44,81	549,4	17,4	8,2	28,2
18	24,6	44,26	555,8	23,8	11,2	31,2
27	24,59	44,06	558,1	26,1	12,3	32,3
35	24,52	43,85	559,2	27,2	12,8	32,8

b) Abkühlung

$R_K = \text{ } \Omega$

t in min	U in V	I in A	R_W in Ω	ΔR in Ω	$\Delta \vartheta$ in K	ϑ in $^{\circ}\text{C}$
0	Direkte Ohmmessung		715			
5			684			

Auswertung

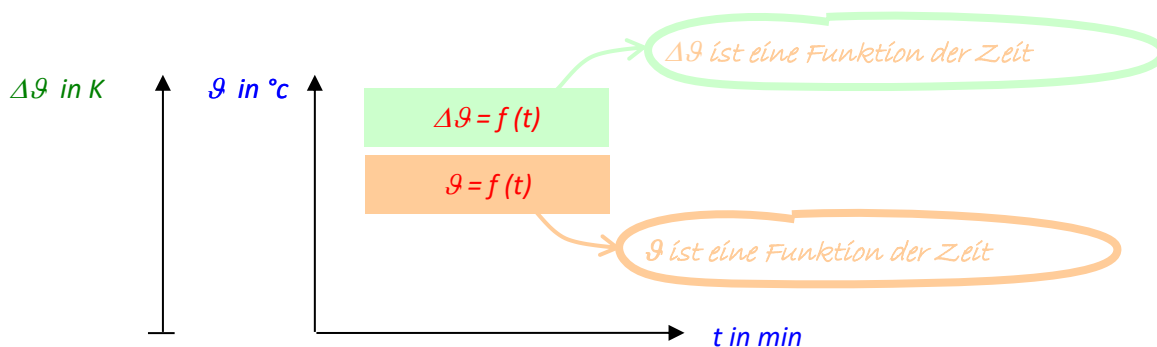
Jede Messung ergibt einen aktuellen Warmwiderstand. Durch folgende Berechnung kann die aktuelle Wicklungstemperatur (Zeile für Zeile) bestimmt werden:

$$\Delta R = R_W - R_K$$

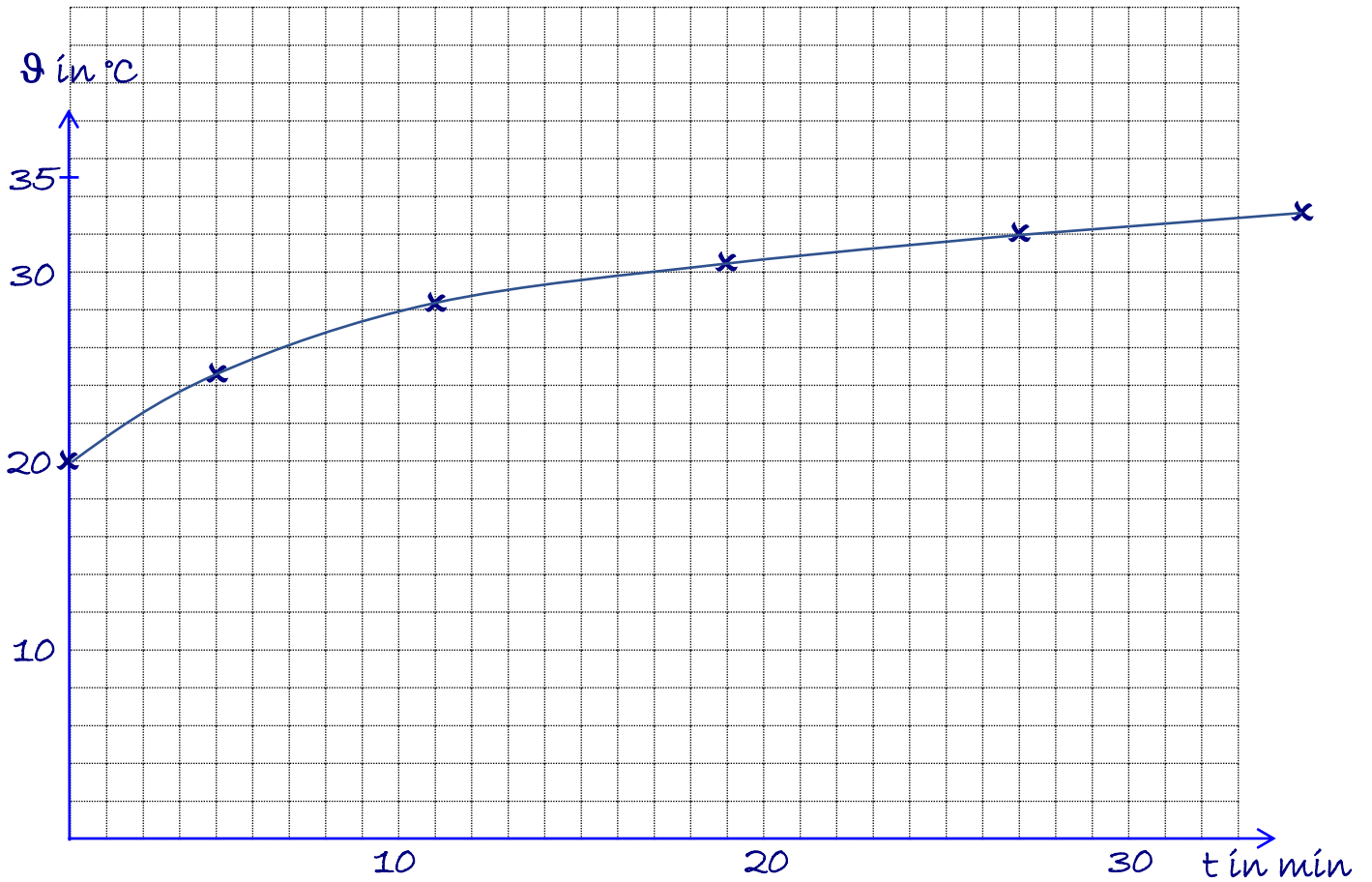
$$\Delta R = R_K \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta \quad \Rightarrow \quad \Delta \vartheta = \frac{\Delta R}{\alpha \cdot R_K}$$

$$\vartheta = 20^{\circ}\text{C} + \Delta \vartheta$$

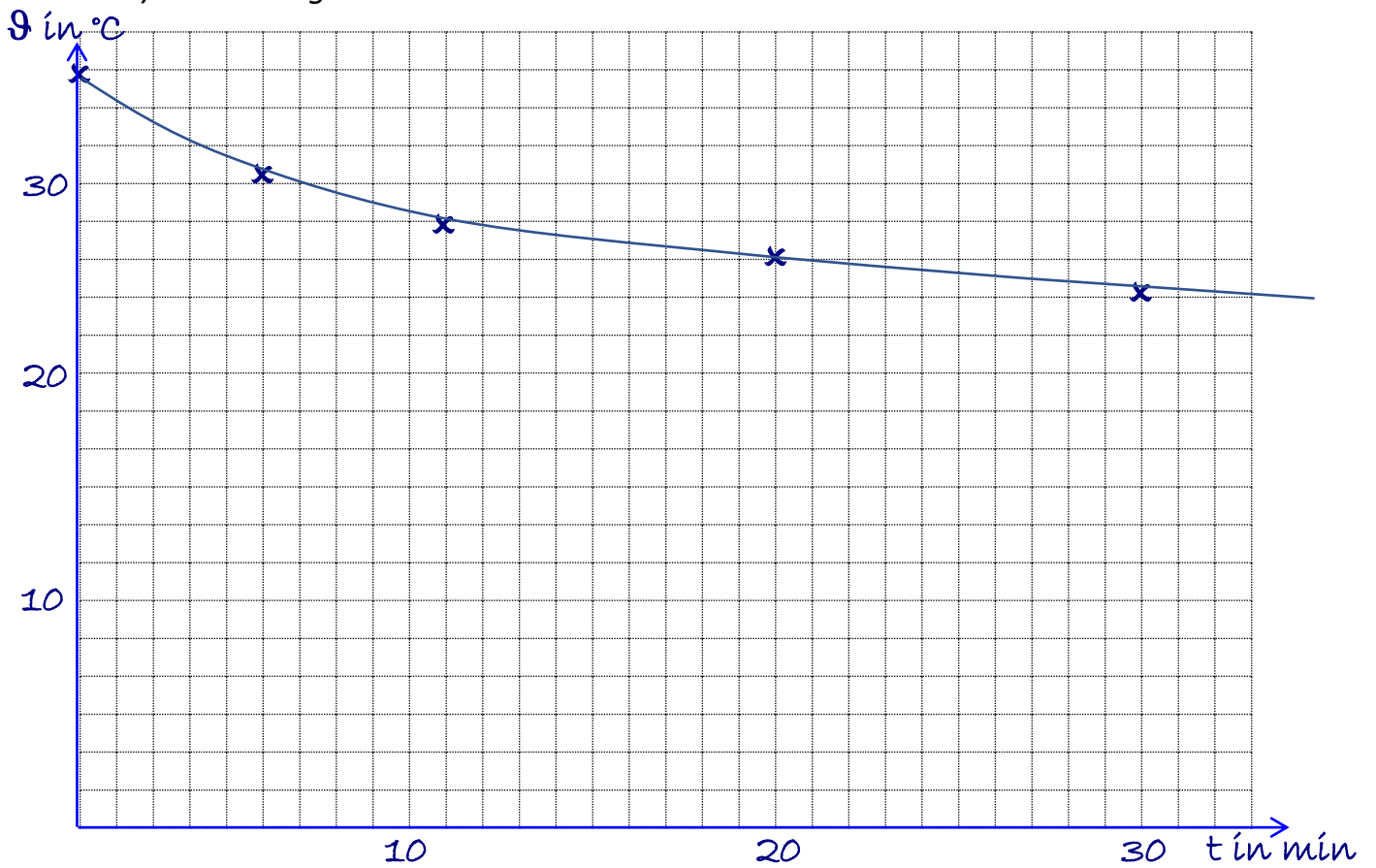
Erstelle folgendes Diagramm (zwei Kennlinien) zu dieser Messung.



Zu a) Erwärmung

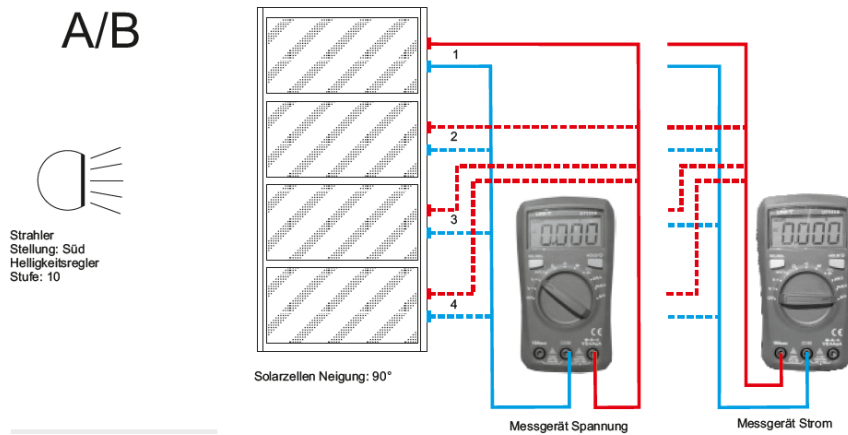


Zu b) Abkühlung



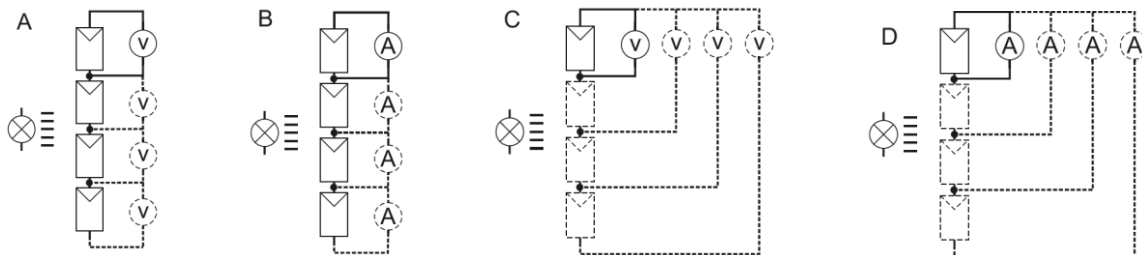
GV1.8 Die „Solarbatterie“

1. Reihenschaltung von Solarzellen



Experiment 6:

Bauen Sie das Experiment entsprechend der oben gezeigten Darstellung auf. Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf der Stufe **10**.



A: Ein Multimeter als Voltmeter nach Darstellung anschließen, der Bereichswahlschalter ist auf die Position **V (DC)** einzustellen. Bei den Solarzellen **1-4** die Leerlaufspannungen messen und in die Tabelle **1** eintragen.

B: Das zweite Multimeter als Amperemeter nach Darstellung anschließen, der Bereichswahlschalter ist auf die Position **A (DC)** einzustellen. Bei den Solarzellen **1-4** den Kurzschlussstrom messen und in die Tabelle **1** eintragen.

Tabelle 1

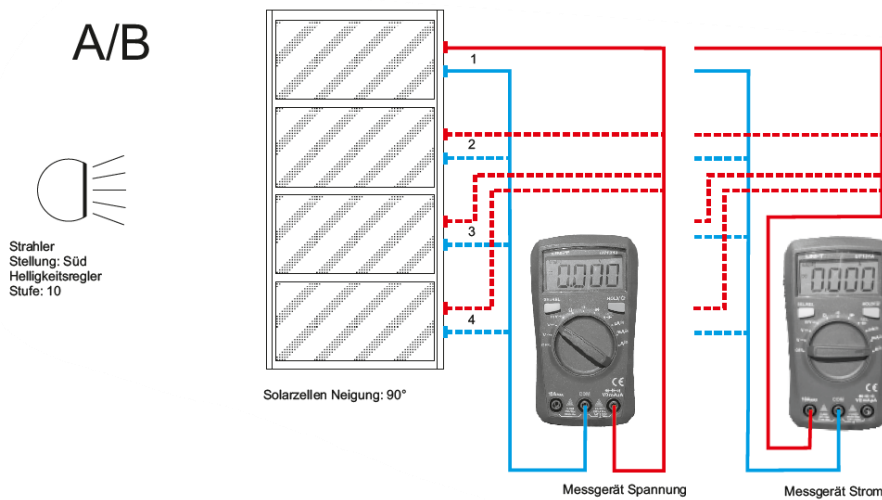
	Solarzelle 1	Solarzelle 2	Solarzelle 3	Solarzelle 4
Leerlaufspannung (V)	0,56	0,56	0,55	0,56
Kurzschlussstrom (mA)	217	284	279	215

C/D: Anschließend eine Reihenschaltung von Solarzelle (**1 und 2**), (**1, 2 und 3**) sowie aller **vier** Solarzellen gemäß der obigen rechten Darstellung aufbauen und jeweils mit den gleichen Multimetereinstellungen die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom der Anordnung messen und in die Tabelle **2** eintragen.

Tabelle 2

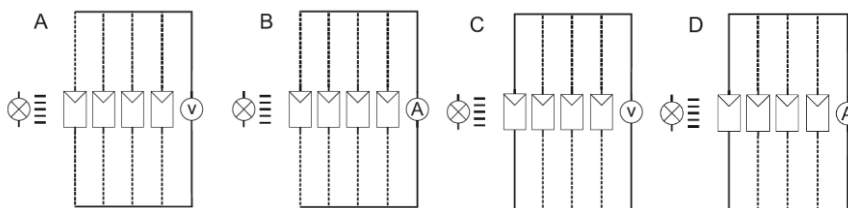
	Solarzelle 1	Reihenschaltung Solarzelle 1+2	Reihenschaltung Solarzelle 1+2+3	Reihenschaltung Solarzelle 1+2+3+4
Leerlaufspannung (V)	0,56	1,10	1,64	2,18
Kurzschlussstrom (mA)	217	218	218	216

2. Parallelschaltung von Solarzellen



Experiment 7:

Bauen Sie das Experiment entsprechend der oben gezeigten Darstellung auf. Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf der Stufe **10**.



A: Ein Multimeter als Voltmeter nach Darstellung anschließen, den Bereichswahlschalter auf die Position **V (DC)** einstellen. Bei den Solarzellen **1-4** die Leerlaufspannungen messen und in die Tabelle **1** eintragen.

B: Das zweite Multimeter als Amperemeter nach Darstellung anschließen, der Bereichswahlschalter ist auf die Position **A (DC)** einzustellen, bei den einzelnen Solarzellen **1-4** den Kurzschlussstrom messen und in die Tabelle **1** eintragen.

Tabelle 1

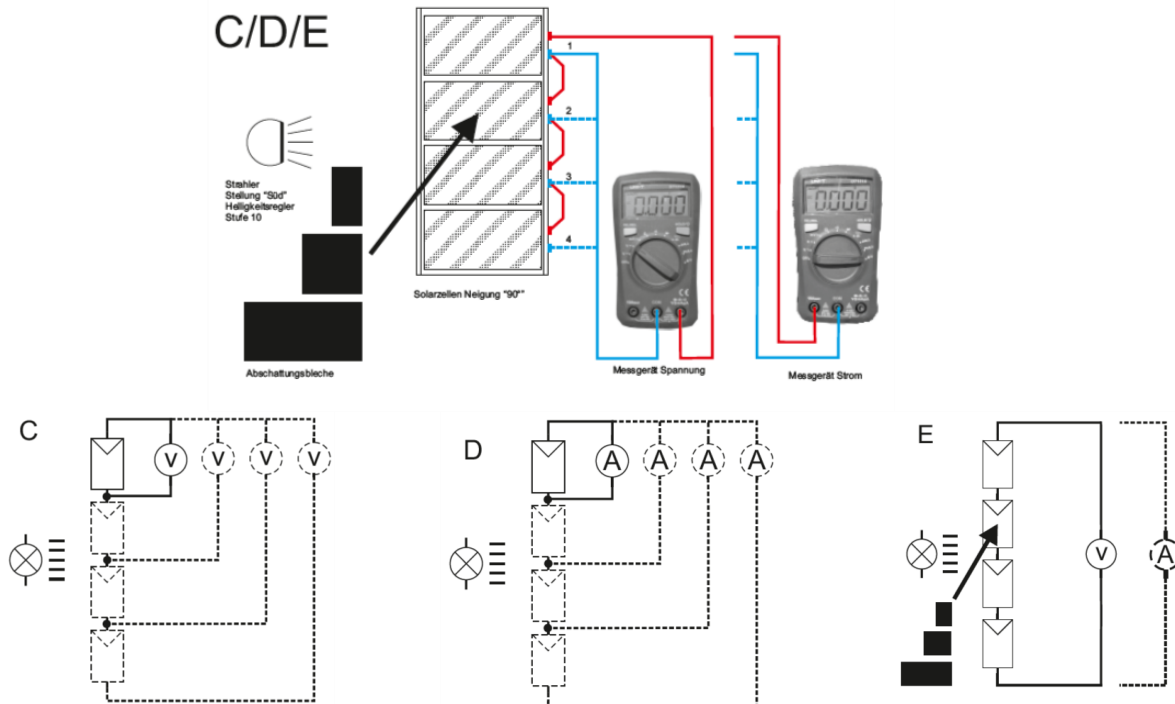
	Solarzelle 1	Solarzelle 2	Solarzelle 3	Solarzelle 4
Leerlaufspannung (V)	0,56	0,57	0,57	0,55
Kurzschlussstrom (mA)	201	245	251	206

C/D: Anschließend eine Parallelschaltung von Solarzelle (**1 und 2**), (**1, 2 und 3**) sowie aller **vier** Solarzellen gemäß der obigen rechten Darstellung aufbauen und jeweils mit den gleichen Multimetereinstellungen **C:** die Leerlaufspannung und **D:** den Kurzschlussstrom der Anordnung messen und in die Tabelle **2** eintragen.

Tabelle 2

	Solarzelle 1	Parallelschaltung Solarzelle 1+2	Parallelschaltung Solarzelle 1+2+3	Parallelschaltung Solarzelle 1+2+3+4
Leerlaufspannung (V)	0,55	0,56	0,56	0,55
Kurzschlussstrom (mA)	205	454	708	910

3. Abschattung von Solarzellen



Experiment 5:

Bauen Sie das Experiment entsprechend der oben gezeigten Darstellung auf.

Der Lampenarm befindet sich in Stellung **Süd**, der Helligkeitsregler auf der Stufe **10**.

C/D: Anschließend eine Reihenschaltung von Solarzelle **(1 und 2)**, **(1, 2 und 3)** sowie aller **vier** Solarzellen gemäß der obigen rechten Darstellung aufbauen und jeweils mit den gleichen Multimeteereinstellungen die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom der Anordnung messen und in die Tabelle **2** eintragen.

Tabelle 2

	Solarzelle 1	Reihenschaltung Solarzelle 1+2	Reihenschaltung Solarzelle 1+2+3	Reihenschaltung Solarzelle 1+2+3+4
Leerlaufspannung (V)	0,56	1,10	1,64	2,18
Kurzschlussstrom (mA)	217	218	218	216

E: Zuletzt bei der Reihenschaltung aller **vier** Solarzellen an der Solarzelle mit dem geringsten Kurzschlussstrom eine stufenweise Abschattung mit den Abschattungsblechen vornehmen und wiederum die Strom- und Spannungswerte in die Tabelle **3** eintragen.

Tabelle 3

	keine Abschattung	1/4 Abschattung	1/2 Abschattung	volle Abschattung
Leerlaufspannung (V)	2,18	2,18	2,16	1,88
Kurzschlussstrom (mA)	216	187	112	1

Welche Erkenntnisse erhält man bei der Auswertung der einzelnen Tabellen?

Einzelmessung der Solarzellen:

Die Leerlaufspannungen der einzelnen Solarzellen unterscheiden sich nur gering.

Der Kurzschlussstrom der äußeren Solarzellen ist geringer als der der inneren.

Reihenschaltung von Solarzellen:

Die Spannungen der Einzelzellen addieren sich.

Der Kurzschlussstrom nimmt in etwa den Wert der Zelle mit dem geringsten Wert an.

Reihenschaltung mit Abdeckung:

Der Leerlaufspannungswert ändert sich nur gering.

Der Kurzschlussstrom wird durch die abgeschattete Solarzelle bestimmt und reduziert sich mit zunehmender Abschattung bis auf den Wert annähernd: 0

Parallelschaltung von Zellen:

Die Spannungen bleiben gleich.

Die Kurzschlussströme der einzelnen Solarzellen addieren sich.

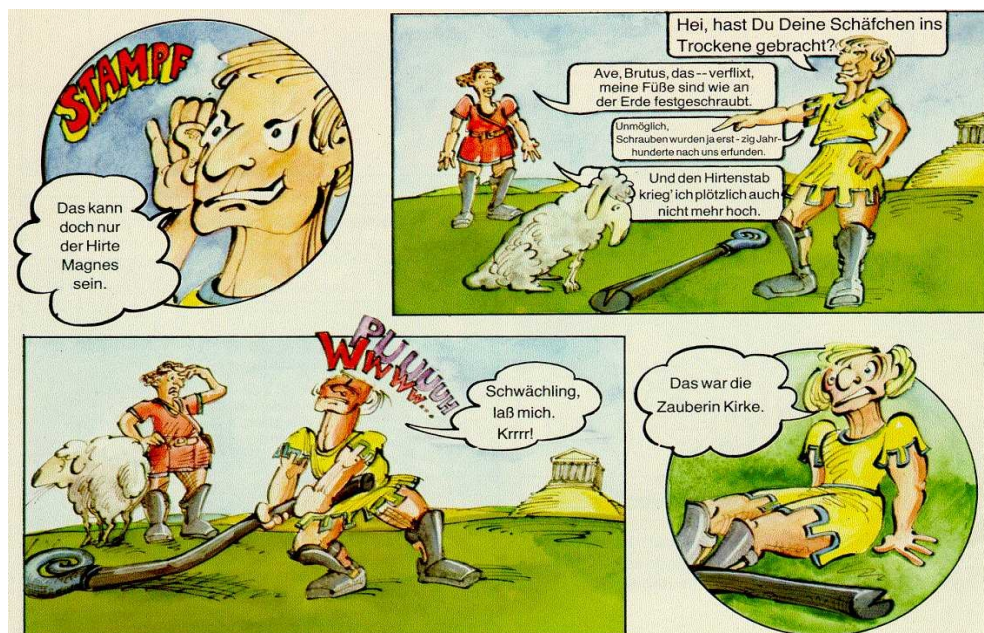
GV1.9 Zum Magnetismus

1. Woher kommt das Wort Magnet?

Im Wesentlichen gibt es zwei Quellen:

A) Die Bezeichnung geht auf den Finder der Magnetit-Steine zurück.

Der römische Gelehrte Gaius Plinius beschreibt im Jahr 77 n. Chr., dass die griechische Bezeichnung der Magnetit-Gesteine "**lithos magnes**" auf einen griechischen Hirten mit Namen Magnes zurückzuführen sei. Dieser Hirte entdeckte das Magnetit per Zufall, als er mit seinem Stock mit Eisenbeschlag und mit den Nägeln in seinen Schuhen beim Erklimmen des Berges Ida an diesen Gesteinsbrocken haften blieb.



Bei dieser Erklärung mit dem Hirten Magnes handelt es sich jedoch um eine Legende.

B) Die Bezeichnung geht auf den Fundort der Magnetit-Steine zurück.

Magnetit wurde unter anderem in Magnesia, einer Region in Griechenland gefunden. Ein anderer möglicher Fundort ist die antike Stadt Magnesia (Manisa) in der heutigen Türkei. Die Einwohner beider Orte wurden Magneten genannt.



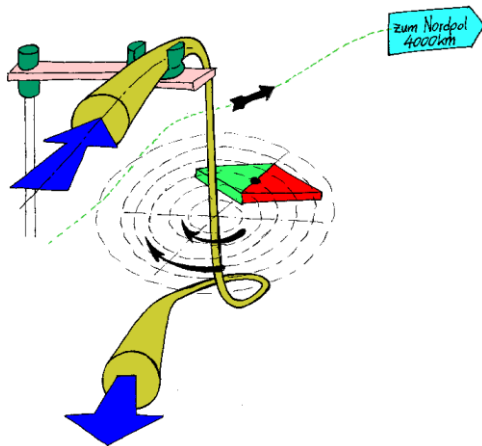
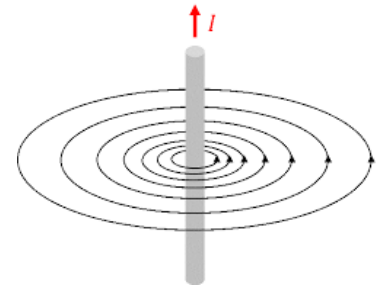
Will man das **Magnetische Feld B** in der Kreisbahn mit dem **Radius r** um einen Leiter herum berechnen, sieht die Formel wie folgt aus:

$$B(r) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r \cdot \pi}$$

Diese Formel findet man oft unter der Bezeichnung „**Amperesches Gesetz**“.

Für die magnetische Konstante μ_0 steht $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}$

$$B = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot r \cdot \pi} \cdot I \frac{Vs \cdot A}{Am \cdot m} = \frac{0,2 \cdot 10^{-6}}{r} \cdot I \frac{Ws}{Am^2} = 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{I}{r} \frac{Nm}{Am^2} = 0,2 \frac{\mu N}{Am} \cdot \frac{I}{r}$$



Wenn es gar keinen zweiten Leiter gibt, der erste Leiter aber durch seinen Strom an der Stelle des zweiten Leiters ein Magnetfeld aufgebaut hat, kann an der Stelle das Magnetfeld berechnet werden. Es gilt: $k = \mu_0$

$$\text{Magnetfeld um einen stromdurchflossenen Leiter} = 0,2 \mu N / Am \times \frac{I}{\text{Abstand vom Leiter}}$$

Wenn das Feld im Abstand von 2cm des Drahtes berechnet wird und im Draht 15A Strom fließen, ergibt die Rechnung für die sogenannte „**Magnetische Induktion**“:

$$B = 0,2 \mu N / Am \times \frac{15}{0,02} = 150 \mu N / Am$$

Zum Vergleich:

- das Erdmagnetfeld hat etwa 50 $\mu N / Am$
- zwischen den Sternen sind es etwa 1 nN/Am
- in modernen Labors dafür etwa 10 N/Am

Warum wird also die Kompassnadel bei diesem Versuch abgelenkt?

Welche Magnetische Induktion B hatten wir in unserem Versuch?

Welche Magnetische Induktion B hatten wir in unserem Versuch?

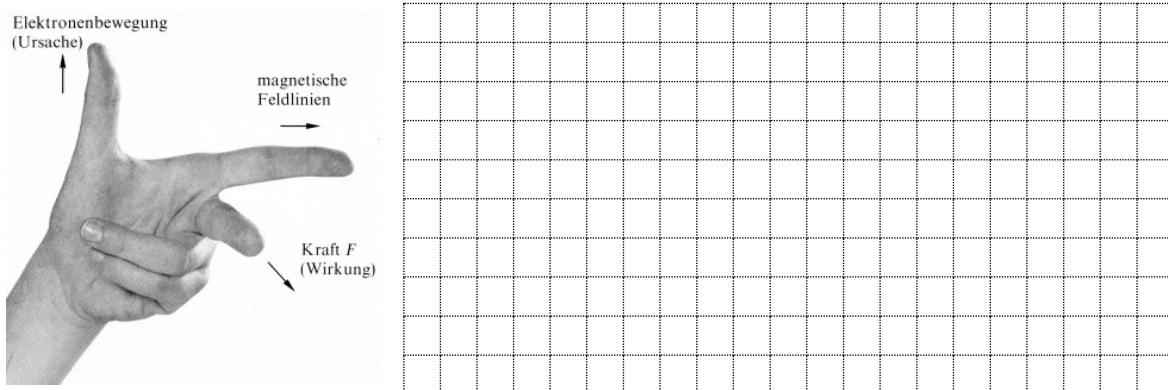
Die Lorentzkraft

Magnetische Kräfte wirken auf magnetische Werkstoffe oder eben, wie wir oben gesehen haben, auf stromdurchflossene Leiter.

Elektrischer Strom I sind bewegte Ladungsträger. $I = \frac{Q}{t}$

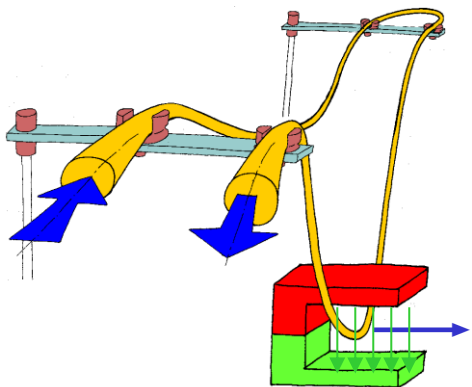
Also wirkt die magnetische Kraft auf bewegte Ladungsträger. Die Kraft F wird als „Lorentzkraft“ bezeichnet und so berechnet:

$$F = B \cdot v \cdot Q$$



$$F = B \cdot v \cdot Q = \frac{B \cdot l \cdot Q}{t} = B \cdot l \cdot I$$

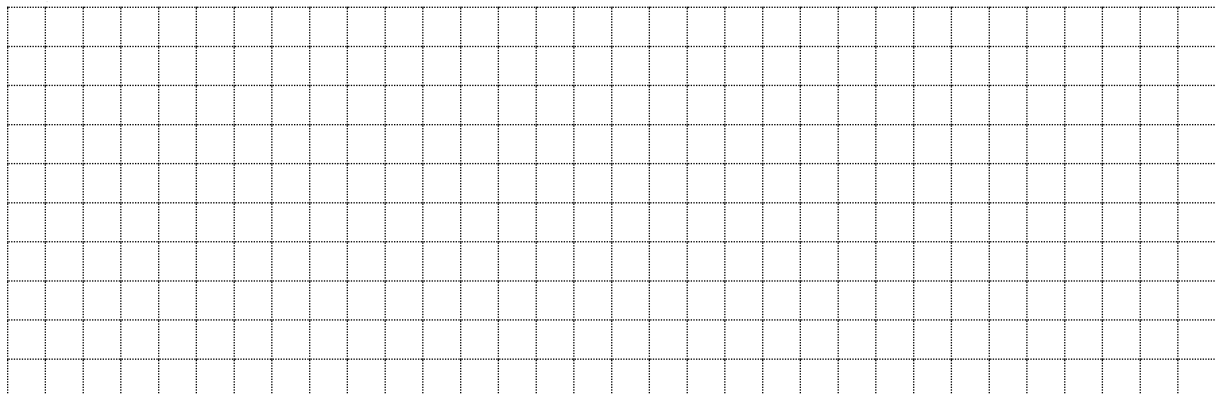
Die Motorregel



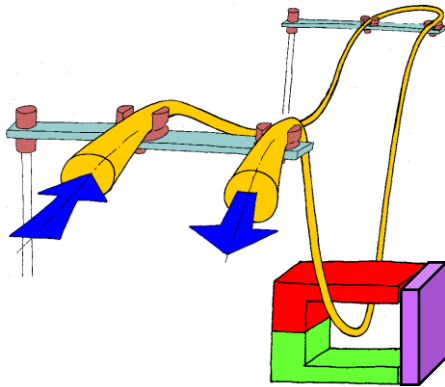
Wie stark (**mit welcher Kraft F**) ein stromdurchflossener Leiter in einem **Magnetfeld B** abgelenkt wird, hängt von der

und vom

ab.



Die Feldverstärkung



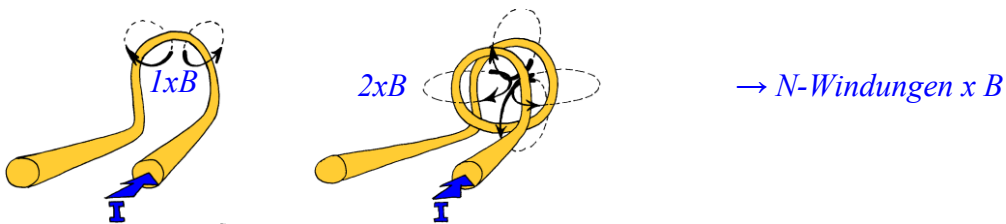
Machen wir im obigen Versuch den Hufeisenmagneten zu (Magnetische Brücke oder Joch), verschwindet im Inneren des Hufeisens das Magnetfeld fast vollständig und auf den Leiter wird trotz Strom praktisch keine Kraft mehr wirken.

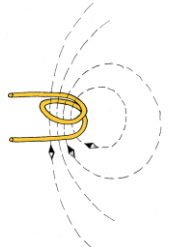
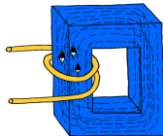
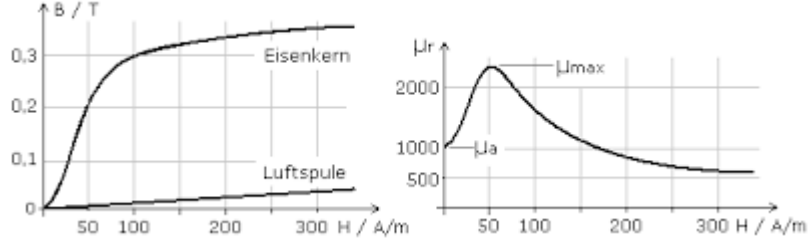
Das Eisen zieht die Magnetischen Feldlinien an.

Wir sagen Eisen lässt sich

als Luft.

Zunächst wird eine Verstärkung mit Spulen gemacht, weil im Inneren Feldlinien gesammelt werden:



Luftspule	Eisenspule
$B(r) = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r_1 \cdot \pi} + \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot r_2 \cdot \pi} + \dots$	$B(l) = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot I}{l_m} ; l_m = l_A + l_I + b_A + b_I$
 <p>Die Feldlinien (B-Linien) werden immer länger.</p> <p>Je länger, desto schwächer das B</p>	<p>μ_r ist der „Verstärkerfaktor“ für den B-Wert in Eisen im Vergleich zum B-Wert in Luft:</p>  <p>Die Feldlinien (B-Linien) sind alle ähnlich lange. Die mittlere Länge ist l_m.</p>
	 <p>Wenn der Strom I ansteigt, steigt zunächst auch der Faktor μ_r an.</p> <p>Ab einer bestimmten Größe des B im Eisen, sinkt μ_r wieder und B wird dann nicht mehr größer. Das nennen wir</p>