



Seminarunterlagen:

Einfache Experimente

Physik

Wärmelehre, Mechanik, Elektrizität
Teil 3

Mag. Otto Dolinsek

<http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/index.php?menue=Physik&auswahl=Experimente>

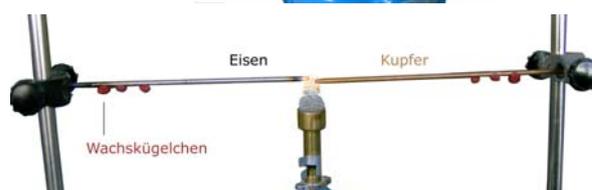
Versuche zur Wärmelehre

Zündhölzer auf das Metallkreuz legen. Bei Erhitzen des Mittelpunktes entzünden sich die Streichhölzer nacheinander entsprechend ihrer Wärmeleitfähigkeit.

Material	Wärmeleitfähigkeit $\frac{W}{mK}$
Kupfer	380
Messing	120
Eisen	80
Zink	110



Wachskügelchen auf zwei verschiedene Metallstäbe kleben. Beide Stäbe erwärmen. Welche Kügelchen fallen früher ab?



Ein feinmaschiges Drahtnetz auf einen Stativring legen.

- Gas unter dem Netz entzünden.
- Gasstrom oberhalb des Netzes entzünden.

Warum bricht die Flamme nicht durch?



Wasser ist ein schlechter Wärmeleiter! Reagenzglas außen gut abtrocknen!
Wasser im oberen Bereich zum Sieden bringen.
Reagenzglas kann gehalten werden.



Demonstration der **Wärmeströmung**, wie sie praktisch z.B. in der Warmwasser-Zentralheizung verwendet wird.
Etwas Färbepulver oder Sägespäne als Indikator für die Bewegung des Wassers in den Stutzen streuen. Diese Anordnung besteht aus Duranglas und benötigt kein Schutzdrahtnetz!



Das **Radiometer** dient zum Nachweis der Umwandlung von Strahlungsenergie in kinetische Energie. Ein spitzengelagertes Flügelrad mit einseitig geschwärzten Flügeln in einem evakuierten Glaskolben beginnt sich bei Bestrahlung zu drehen. In welcher Richtung dreht sich die Lichtmühle? Warum dreht sich die Lichtmühle?

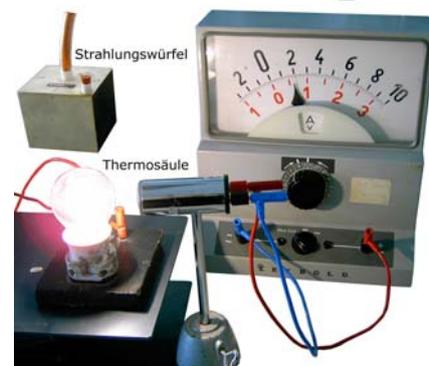


Solarzellen wandeln Lichtenergie in elektrische Energie um. Wie funktioniert die Solarzelle?



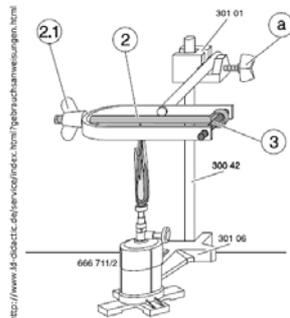
Nachweis der **Infrarotstrahlung** mit der Thermosäule nach Moll! Das Amperemeter auf den empfindlichsten Bereich einstellen.

- Glühlampe ist ein Infrarotstrahler !
- Strahlungswürfel mit heißem Wasser füllen und ausgehende Infrarotstrahlung der Würfelflächen nachweisen.
- Spektrum einer leistungsstarken Lichtquelle mit dem Geradsichtprisma erzeugen und mit der Thermosäule die Infrarotstrahlung im Spektrum nachweisen.



Bolzensprenger

Aufbau gemäß der Abb. vornehmen; Schrauben von Muffe und Tischklemme fest anziehen. Bolzen 3 vor dem Erwärmen durch festes, aber nicht gewaltsames Anziehen der Flügelschraube (2.1) fixieren. Stab 2 mit großer, nicht leuchtender Flamme etwa 10 min erwärmen. Während des Erwärmens die Längenausdehnung von Stab 2 durch weiteres Anziehen der Flügelschraube (2.1) ausgleichen, so dass der Bolzen fixiert bleibt. Wenn sich die Flügelschraube nicht mehr drehen lässt, Brenner entfernen; unmittelbar danach Bolzensprenger bei gelöster Schraube a um 90° drehen, so dass die Bolzen-seite nach unten gerichtet ist (Sicherheitsmaßnahme); Schraube a wieder anziehen.



Bersten des Bolzens - verursacht durch die Kraft, die beim Zusammenziehen des sich abkühlenden Stabes 2 auf den Bolzen ausgeübt wird - abwarten (i.a. nach einer Abkühldauer von 3 min bis 10 min, späteres Bersten jedoch nicht ausgeschlossen!).

Wärmeausdehnung fester Stoffe.

Die Kugel passt nur im kalten Zustand durch das Loch.



Seebeckeffekt (Thermostrom)

Bringt man zwei verschiedene Metalle in Berührung, treten Elektronen über. Der Elektronenfluss lässt elektrische Energie entstehen. Dabei geben die fließenden Elektronen ihre Energie als Wärme ab. Wird eine Kontaktstelle erwärmt, werden die Elektronen von einem Metall in das andere regelrecht getrieben. Dieser Elektronenfluss - sog. thermoelektrischer Effekt oder Seebeck-Effekt - bildet den Thermostrom (Strom aus Temperaturdifferenzen). Die dafür benötigte Energie wird der Wärmequelle entzogen.

Thermo-Elektromagnet

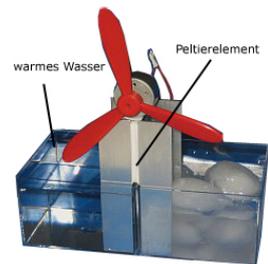
Zur Demonstration der thermoelektrischen Spannung eines Kupfer-Konstantan Thermoelements und der magnetischen Wirkung des Thermostromes. Anleitung findet man unter

http://www.bglerch.asn-ktn.ac.at/physik/download/e_thermospannung_lehrer.pdf



Peltiereffekt (Thomson): Grundlage für den Peltiereffekt ist der Kontakt von zwei Metallen, die eine unterschiedliche Höhe der Leitungsbänder besitzen. Leitet man einen Strom durch zwei hinter einander liegende Kontaktstellen, so wird auf der einen Kontaktstelle Wärmeenergie aufgenommen, damit das Elektron in das höhere Leitungsband des benachbarten Metalls gelangt, hier kommt es zur Abkühlung. Auf der anderen Kontaktstelle fällt das Elektron von einem höheren auf ein tieferes Energieniveau, so dass hier Energie in Form von Wärme abgegeben wird.

Der Peltiergenerator erzeugt durch den Temperaturunterschied in beiden Gefäßen einen Thermostrom, der den Motor antreibt.



Nachweis der „Verdunstungskälte“ mit Spiritus.
Dampfraum über Spiritus mit Fön wegblasen.
Einseitiges Verdunsten führt zur Abkühlung.

Wenn man eine gute Vakuumpumpe besitzt, die ca. 1 mbar erreicht, kann man kleine Wassertröpfchen zum Gefrieren bringen. Kleine Wassermengen sind hierbei wichtig, um die Pumpe nicht mit großem Dampfdruck zu überfordern. Weiters haben die Tropfen eine relativ große Oberfläche, was die Verdunstung beschleunigt. Das Wasser kann nur durch die eigene Verdunstungskälte gefrieren. Außerdem hat man einen Zustand (p, T) vorliegen, der unter dem Tripelpunkt liegt (für Wasser liegt der Tripelpunkt bei $p=0,006\text{bar}$ und $T=0,01^\circ\text{C}$)! Das Eis kann nicht schmelzen, es sublimiert!

Chlorethan (Ethylchlorid), $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$
Vereisungsmittel in der Medizin zur lokalen Betäubung (durch niedrige Siedetemperatur von $+12^\circ\text{C}$ sofortige Verdampfung \rightarrow Unterkühlung der Haut \rightarrow Schmerzunempfindlichkeit)



Kältemischung:

Wir füllen das Becherglas etwa zu einem Drittel mit zerkleinerten Eiswürfeln. Das Thermometer soll von Eis umgeben sein. Streusalz oder normales Salz beimengen. Thermometer beobachten. Lösungsvorgang benötigt Wärme, weshalb die Temperatur sinkt.
Oder:

- 100g Natriumkarbonat (Na_2CO_3) und 100g Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) in 100g Wasser: $+10^\circ\text{C}$ auf -14°
(derartige Kältemischungen werden in den USA als Weinflaschenkühlgeräte für den Landausflug angeboten)
- 200g Calciumchlorid (CaCl_2) und 100g Schnee: 0°C auf -42°C

Siedetemperatur und Druck!

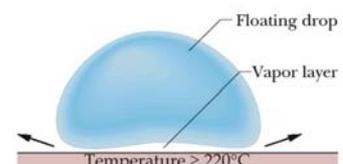
Wasser zum Sieden bringen.

1. Abgekühlten Kolben unter den Rezipienten stellen. Den Druck im Rezipienten mit der Vakuumpumpe vermindern.
2. Spritze mit heißem Wasser füllen. Spritze mit Finger verschließen und Kolben nach unten ziehen.
3. Kolben mit Ventilstopfen verschließen. Kolben umgedreht ins kalte Fließwasser halten.



Leidenfrostsches Phänomen

Gießt man flüssigen Stickstoff in eine breite, mit heißem Wasser gefüllte Schale (aus Metall), bildet sich eine Dampfschicht, auf der der Stickstoff getragen wird und die sich über den ganzen Tisch ausbreitet. Dieses Phänomen, das man auch beim Gießen von Wasser auf eine heiße Herdplatte beobachten kann, wird nach dem deutschen Arzt Johann Gottlieb Leidenfrost (1715-1794) als "Leidenfrostsches Phänomen" bezeichnet.



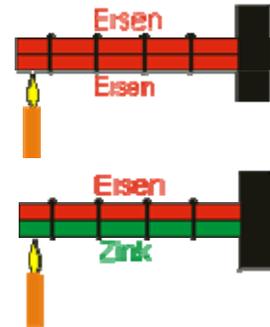
Brownsche Molekularbewegung

He-Ne Laserlicht durch Aluminium – H₂O Suspension schicken und auf einem Schirm abbilden.
Bei Erwärmung des Reagenzglases nimmt die Molekularbewegung zu.



Erwärmung eines Bimetallstreifens

Material	Ausdehnungskoeffizient α in $10^{-6}/K$ bei 20 °C
Aluminium	24
Eisen	12,2
Kupfer	16,4
Messing	18,4
Zink	36
Beton	6-14



In welche Richtung biegt sich das Eisen-Zink Bimetall?

Der Joule-Thomson-Effekt tritt auf, wenn ein Gas oder Gasgemisch bei Druckänderung eine Temperaturänderung erfährt. Wenn man zum Beispiel Luft stark verdichtet, dann erwärmt sie sich. Umgekehrt kühlt sie sich bei Ausdehnung ab. Diese Erscheinung spielt eine wichtige Rolle in der Thermodynamik von Gasen und ist daher vor allem für die Meteorologie und Technik von Bedeutung. Neben der Wirkung auf den Temperaturgradienten der Erdatmosphäre kann sich die Erwärmung zum Beispiel in Pumpen und Kompressoren bemerkbar machen. Eine wichtige großtechnische Anwendung ist die Gasverflüssigung im Linde-Verfahren.
<http://de.wikipedia.org/wiki/Joule-Thomson-Effekt>



Wärmekissen - Die Erklärung

Auch die Latentwärmespeicherkissen enthalten **Natriumacetat-Trihydrat** CH₃COONa · 3 H₂O. Dieses liegt im "geladenen Zustand" in einer übersättigten Lösung vor. Bei vorsichtiger Handhabung bleibt die Kristallisation des Salzes über einen weiten Temperaturbereich aus. Man kann den Zustand tagelang erhalten. Erst durch "Anstoßen" wird der Zustand gestört; das Natriumacetat-Trihydrat kristallisiert schlagartig aus und gibt die im System gespeicherte Wärme ("latente Wärme") frei. Diesen scheinbaren Zustand nennt man "**metastabil**".

$$\text{CH}_3\text{COO}^- (\text{aq.}) + \text{Na}^+ (\text{aq.}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3 \text{H}_2\text{O} (\text{fest}) \quad / \text{exotherm}$$
 Die Ionen bauen zunächst das Ionengitter auf. Simultan nehmen Wassermoleküle in den Zwischenräumen des Ionengitters festgelegte Plätze ein, wobei sie auch noch ihre Dipole exakt ausrichten. Die Wassermoleküle bilden sozusagen ein Gitter im Kristallgitter. Die Anzahl der Wassermoleküle pro Formeleinheit ist genau definiert. In unserem Beispiel sind es drei.

Ein Teil der bei diesem Vorgang freigesetzten latenten Wärme ist die **Lösungswärme bzw. Kristallisationswärme** des Salzes. Allerdings erklärt diese allein nicht die starke Wärmetönung der Kristallbildung. Wichtig für die kräftige Erwärmung des Kissens ist auch die parallel ablaufende, stark exotherme Bildung des Wassermolekül-Gitters. Bei dieser **Bildungswärme** des Salzhydrats handelt es sich ebenfalls um eine *latente Wärme*.



Quelle: http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/tip/01_99.htm

In dem Halbmond ist ein Gel und ein Metallplättchen.

Es handelt sich hierbei um eine unterkühlte Schmelze, z.B. von Natriumthiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Fixiersalz). Der Schmelzpunkt von Natriumthiosulfat liegt bei ca. 50°C . Kühlt man diese Schmelze auf unter 50°C ab, so erstarrt sie nicht, sondern bleibt zunächst weiter flüssig (meist aufgrund des Fehlens eines Keimkristalls). Wenn nun die Kristallisation plötzlich induziert wird (z.B. durch das Knicken des Metallplättchens), so wird das ganze wieder warm, da beim Kristallisieren der Schmelze Kristallisationswärme abgegeben wird (dies entspricht der Energiemenge, die zum umgekehrten Vorgang, dem Schmelzen nämlich, erforderlich ist). Durch Einlegen in kochendes Wasser kann das Thiosulfat wieder geschmolzen werden und der Vorgang kann wieder beginnen.

Quelle: <http://de.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061115062552AAQuSfL>



Regelation des Eises

Ein Eiswürfel liegt auf dem Thermoelement. An eine um das Eis gelegte Drahtschlinge wird ein Gewicht gehängt. Die Drahtschlinge wandert durch den Eiswürfel.



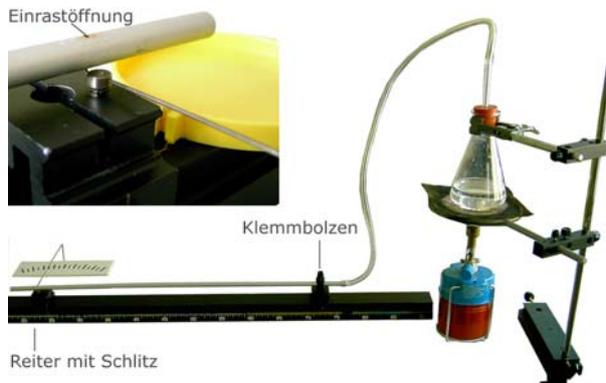
Längenausdehnung fester Stoffe (Schülerexperiment)

Welcher Stoff dehnt sich stärker?

Materialliste: 1 Schiene lang, 1 Schiene kurz, 1 Tischklemme, 1 Reiterset, 3 Stativstangen, 2 Muffen, 1 Becherglas, 1 Stativring, 1 Drahtnetz, 1 Erlenmeyerkolben, 1 Gummistopfen mit 1 Loch, 1 Stativklemme, 1 Glasröhrchen, 1 Kunststoffschlauch, 1 Aluminiumrohr, 1 Eisenrohr, 1 Klemmbolzen, 1 Zeiger mit Stecker, 1 Skala, 1 Gasbrenner, 1 Thermometer

Versuchsaufbau: Aufbau gemäß der Abbildung

- Tischklemme am Tisch befestigen
- lange Stativstange einspannen
- Stativring mit einer Muffe in der geeigneten Höhe befestigen (Brenner muss unterhalb Platz haben)
- Stativring mit dem Drahtnetz abdecken
- Erlenmeyerkolben mit ca. 50ml Wasser füllen und auf das Drahtnetz stellen
- Erlenmeyerkolben mit der Stativklemme und Muffe kipp-sicher an der Stativstange befestigen
- Erlenmeyerkolben mit Gummistopfen verschließen, Glasröhrchen u. Thermometer einstecken
- Reiter mit Klemmbolzen und Reiter mit Schlitz auf die Schiene setzen
- Zeiger in den Reiter mit Schlitz stecken (siehe obere Abb.)
- Alu-Rohr durch den Klemmbolzen führen
- Abgewinkelte Spitze des Zeigers in das kleine Loch des Alu-Rohres einrasten lassen.
- Reiter mit Schlitz so ausrichten, dass der Zeiger senkrecht zur Schiene liegt. Die Mitte der Skala bildet die Nullmarke.
- Reiter mit Schlitz festschrauben
- Klemmbolzen bei der 0,5m Markierung des Alu-Rohres festschrauben, der zugehöriger Reiter muss ebenfalls festgeschraubt werden!
- Alu-Rohr und Glasröhrchen mit dem Kunststoffschlauch verbinden



Anmerkungen: Beide Reiter und der Klemmbolzen sind festzuschrauben!
 Der Zeiger zeigt die 40-fache Längenänderung an!
 Für rein qualitative Messungen kann der Versuch ohne Thermometer durchgeführt werden.

Versuchsdurchführung: Das Wasser im Erlenmeyerkolben wird zum Sieden gebracht. Der heiße Dampf erwärmt das Rohr. Der Zeiger macht die Ausdehnung des Rohres in Skalenteilen (40-fach) sichtbar. Der höchste Zeigerausschlag wird notiert.

T_U Umgebungstemperatur = °C T_S Siedetemperatur = °C $\Delta T = T_S - T_U = \dots\dots\dots$ °
 α linearer Ausdehnungskoeffizient (Stoffkonstante)

$$\text{Tatsächliche Ausdehnung } \Delta l = \frac{\text{angezeigte Skalenteile}}{40} \qquad \Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T}$$

Material	Länge l_0 [mm]	Längenänderung in Skalenteilen	Längenänderung Δl [mm]	α [°K ⁻¹]
Aluminium	500			
Eisen	500			

Beobachtung:

Elektrisches Wärmeäquivalent (Schülerexperiment)

Welche Energie ist erforderlich, um 1 kg Wasser um 1°C zu erwärmen.

Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Thermometer, 1 Kalorimeter, 1 Tauchheizer, 1 Messzylinder, 2 Multimeter

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung

Durchführung:

- Kalorimeter mit $m=0,1\text{kg}$ Wasser füllen.
- Temperatur des Wassers messen.

$T_A = \dots \text{°C}$

- Spannung des Netzgerätes auf ca. $U \sim 9\text{V}$ einstellen
- Schaltung fertig stellen und Netzgerät $t=200\text{s}$ einschalten.
U und I ablesen.

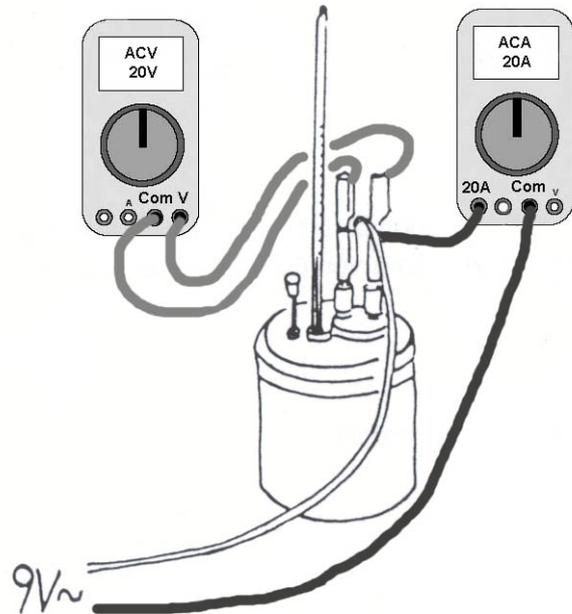
$U = \dots \text{V}$

$I = \dots \text{A}$

$t = 200\text{s}$

- Wasser umrühren und höchste Wassertemperatur ablesen.

$T_E = \dots \text{°C}$



Auswertung:

elektrische Arbeit = zugeführten Wärme

$$U \cdot I \cdot t = m \cdot c_{H_2O} \cdot (T_E - T_A)$$

$$c_{H_2O} = \frac{U \cdot I \cdot t}{m \cdot (T_E - T_A)} = \frac{J}{\text{kg} \cdot \text{°C}}$$

Erkenntnis:

Destillation (Schülerexperiment)

Kann gefärbtes Wasser wieder farblos gemacht werden?

Materialliste: Stativmaterial, 1 Stativring, 1 Universalklemme, 1 Drahtnetz mit Keramik, 1 Erlenmeyerkolben, 1 Gummistopfen mit Bohrung, 1 Acrylglasröhrchen 20mm, 1 Acrylglasröhrchen 80mm, 1 Kunststoffschlauch ~45cm, 1 Bunsenbrenner, Lebensmittelfarbe, 1 Reagenzglas, 1 Standzylinder oder Becherglas.

Aufbau der Versuchsanordnung gemäß der Abbildung

Durchführung:

- Der Erlenmeyerkolben mit gefärbtem Wasser (ca. 2cm hoch) füllen und mit der Universalklemme auf dem Drahtnetz sichern.
- Das Reagenzglas in den halbvoll mit kaltem Wasser gefüllten Standzylinder stellen.
- Den Brenner entzünden und das Wasser erhitzen.
- Der entstehende Wasserdampf wird über die Röhrchen und dem Kunststoffschlauch in das Reagenzglas geleitet.

Anmerkung: Anstelle der Farblösung könnte eine Salzlösung verwendet werden.

Beobachtungen:



Bestimmung der spezifischen Wärme fester Stoffe (Schülerexperiment)

Es soll die spezifische Wärme einiger Metalle bestimmt werden.

Materialliste: 1 Kalorimeter, 1 Messzylinder 100ml, 1 Thermometer, 1 Quader Eisen groß, 1 Quader Aluminium groß, 1 Kühlschrank, 1 Waage

Durchführung:

- Der Eisen- u. Aluminiumquader werden einige Zeit vor der Versuchsdurchführung in das Gefrierfach des Kühlschranks gelegt ($T_K = -19^\circ\text{C}$).
- Das Kalorimeter wird mit $m_w = 100\text{ml} = 0,1\text{kg}$ Wasser (T_U Umgebungstemperatur) gefüllt.
- Der Eisenquader wird aus dem Gefrierfach in das Kalorimeter gegeben.
- Mit dem Thermometer wird die tiefste Temperatur (T_E Endtemperatur) des abgekühlten Wassers bestimmt.
- Die Masse der Quader ist mit der Waage zu bestimmen.
- Der Versuch wird mit dem Aluminiumquader wiederholt.



Es gilt:

$C_w = 4187\text{J}$ spezifische Wärme des Wassers

$m_w = 0,1\text{kg}$ Wassermasse im Kalorimeter

m_K Masse des gekühlten Körpers

Abgegebene Wärmeenergie des H_2O = Aufgenommene Wärmeenergie des Quaders

$$m_w c_w (T_U - T_E) = m_K c_K (T_E - T_K)$$

$$c_K = \frac{m_w c_w (T_U - T_E)}{m_K (T_E - T_K)}$$

Material	m_K	T_K	T_U	T_E	c_K in $\frac{\text{J}}{^\circ\text{Kkg}}$

Erkenntnis:

Galvanische Zellen (Schülerexperiment)

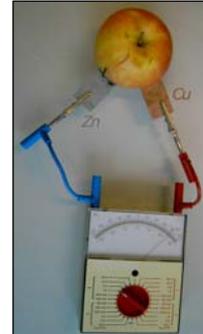
Warum liefern Batterien elektrischen Strom?

Materialliste: 1 Schalttafel, STB-Leitungen, verschiedene Früchte (Zitrone, Apfel, Orange, ...), 2 Krokodklemmen mit Steckerstift, 2 Klemmhalter mit Schlitz, 2 STB-Klemmbuchsen, 1 Satz Leiterplatten, 1 analoges Multimeter, 1 Elektrolysetrog, verdünnte Schwefelsäure

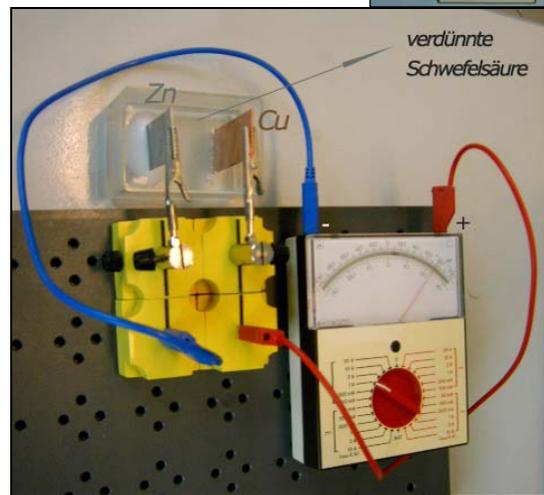
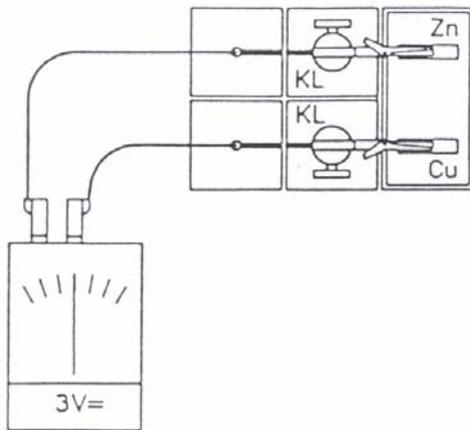
Versuchsdurchführung:

- Stecke eine Zink- und Kupferelektrode in verschiedene Früchte und messe die Spannung!

Frucht	Spannung U



- Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung!



Nach ca. 1 Minute die Spannung ablesen und in die Tabelle eintragen!
Danach Zinkplatte (Zn) durch Eisenplatte (Fe), Messingplatte (Ms), Bleiplatte (Pb), Aluminiumplatte (Al) bzw. Kohleelektrode (C) ersetzen.

Elektroden	Spannung	Elektroden	Spannung	Elektroden	Spannung	Elektroden	Spannung
Cu-Zn		C-Zn					
Cu-Fe		C-Fe					
Cu-Ms		C-Ms					
Cu-Pb		C-Pb					
Cu-Al		C-Al					
Cu-C							

Erkenntnis:

Ordne die Stoffe nach ihrer Spannung!

Spannungsreihe

Bleiakku (Schülerexperiment)

Laden und Entladen eines Bleiakkus

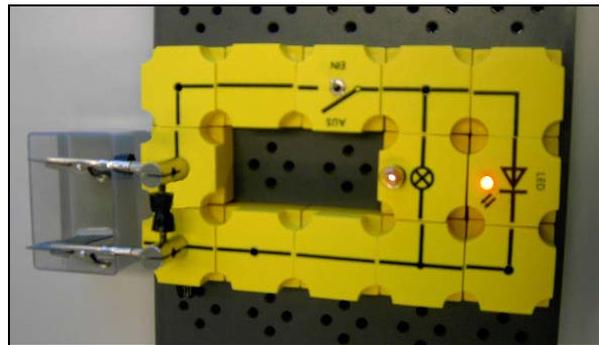
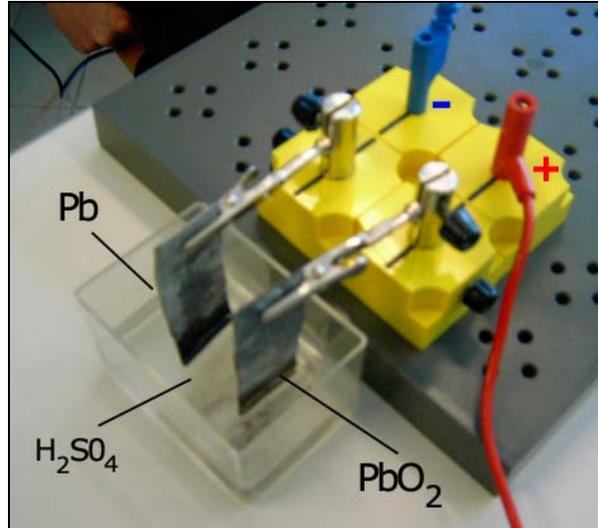
Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Schalttafel, STB-Verbindungen, 2 Bleiplatten, 2 Krokodklemmen mit Steckerstift, 2 Klemmhalter mit Schlitz, verdünnte Schwefelsäurelösung, 1 Leuchtdiode oder 1 Glühlämpchen $U=3,8V/0,07A$

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung

Durchführung:

- Laden des Akkus (Gleichspannung anlegen)
- Akku über Glühlämpchen oder Leuchtdiode entladen

Beobachtungen:



Erkenntnis:

Galvanisieren (Schülerexperiment)

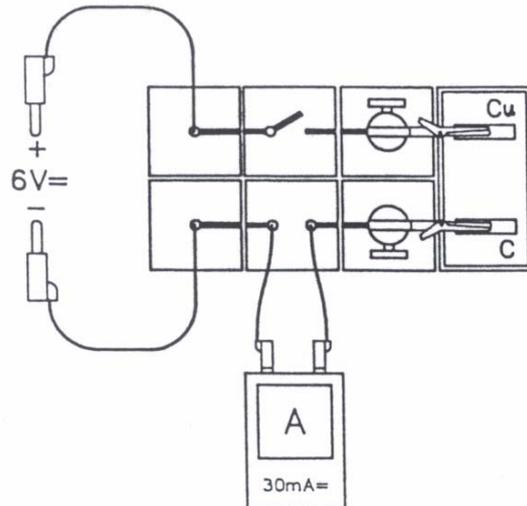
Auftragen dünner Metallschichten auf leitende Gegenstände

Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Schalttafel, STB-Verbindungen, 1 Satz Leiterplatten, 2 Krokodklemmen mit Steckerstift, 2 Klemmhalter mit Schlitz, Kupfersulfatlösung, 1 Kohleelektrode, 1 Kunststoffrog, 1 Eisennagel, verschiedene Objekte (Schlüsselanhänger, Konstantdraht, ...)

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung

Durchführung:

- Polierten Eisennagel in die Kupfersulfatlösung legen (ohne Anschluss an die Elektroden)
- Kohleelektrode (Schlüsselanhänger, verdrehter Konstantdraht, Münzen, ...) als Minuspol in die Lösung tauchen. Schalter schließen!



Beobachtungen:

Erkenntnis:



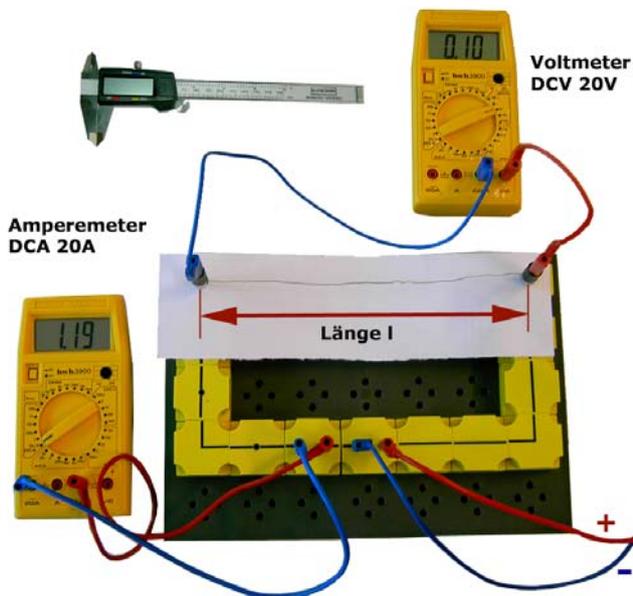
Spezifischer elektrischer Widerstand (Schülerexperiment)

Versuche das Material des Drahtes über den spezifischen elektrischen Widerstand zu bestimmen.

Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Schalttafel, 1 Kabelbox, 2 Klemmstecker, STB-Box, 2 Multimeter, 1 Schiebelehre, 1 Rollmeter, verschiedene Widerstandsdrähte

Versuchsdurchführung:

- Versuchsaufbau nach der Abbildung.
Das Voltmeter parallel zum Draht schalten.
Anschlüsse: Com, V
Einstellung: DCV, 20V
Das Amperemeter seriell in den Stromkreis schalten.
Anschlüsse: Com, 20A
Einstellung: DCA, 20A
- Bestimme mit der Schiebelehre den Durchmesser des Drahtes!
- Bestimme die Länge des Drahtes!
- Bestimme durch 2-3 Messungen der Spannung und Stromstärke den elektrischen Widerstand des Drahtes!
- Trage die Messwerte in eine Excel-Tabelle ein und berechne mit EXCEL den spezifischen elektrischen Widerstand des Drahtes!
Aus der beigefügten Tabelle der spezifischen Widerstände kann das Material bestimmt werden.



$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \rho = R \frac{A}{l}$$

Ein Tabellenbeispiel:

Draht 1									
d[m]	r[m]	A[m ²]	l [m]	U[V]	I[A]	U/I[Ω]	R[Ω]	ρ[Ωm]	Material

Material	ρ[Ωm]
Eisen Fe	1E-7
Messing Ms	7E-8
Konstantan	5E-7
Kupfer	1,7E-8
Aluminium	2,64E-8
Chrom-Nickel	1,5E-6

Gleichrichterschaltungen (Schülerexperiment)

Dioden verändern das Wechselspannungssignal.

Materialliste: 1 Netzgerät, 1 Schalttafel, STB-Verbindungen, 2 Multimeter, 1 STB-Widerstand 500Ω, 1 STB-Leuchtdiode, 1STB-Si-Diode, 1 STB-Ge-Diode, 1 Funktionsgenerator, 1 STB-Widerstand R=1kΩ, 1STB-Kondensator C=1000μF

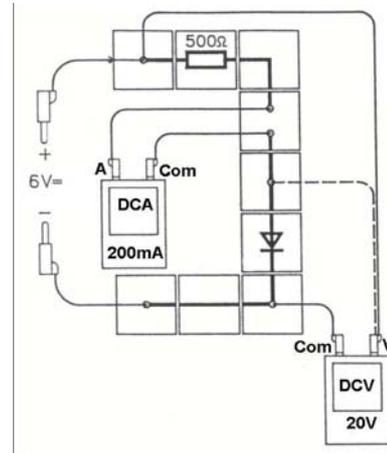
Einweggleichrichter

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung

Durchführung:

- Si-Diode in Durchlassrichtung einstecken, U und I messen.
- Si-Diode in Sperrrichtung einstecken, U und I messen.
- Versuch mit Ge-Diode wiederholen
- Versuch mit LED wiederholen

Diode	Durchlassrichtung		Sperrrichtung	
	U	I	U	I
Si-Diode				
Ge-Diode				
LED				

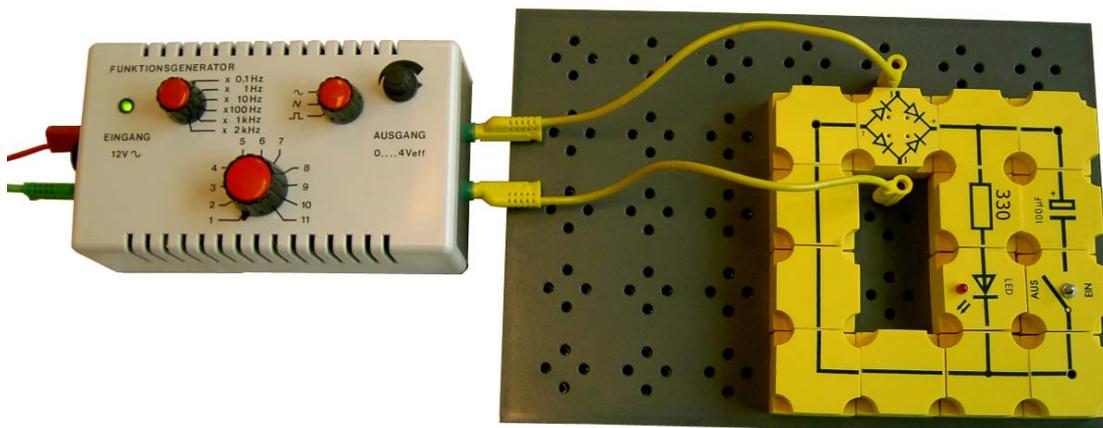


Erkenntnis:

Zweiweggleichrichtung – Graetzsche Brücke

Aufbau der Schaltung gemäß der Abbildung

Durchführung:



- Achte auf die Polung des Brückengleichrichters.
- Frequenz von $f=0,1\text{Hz}$ bis $f=50\text{Hz}$ erhöhen, Stromweg beobachten.
- LED und $R=330\Omega$ durch $R=1k\Omega$ ersetzen, U-Kurve am Widerstand mit Oszilloskop oder PC darstellen und interpretieren.
- Kondensator $C=1000\mu\text{F}$ parallel schalten, U-Kurve am Widerstand mit Oszilloskop oder PC darstellen und interpretieren.

Erkenntnis:

Bestimmung der Fallbeschleunigung (Schülerexperiment)

Bestimme die Fallbeschleunigung aus den Fallwegen.

Materialliste: 1 Stativstange lang, 1 Stativstange 6cm, 1 Stativstangen kurz, 1 Tischklemme, Muffen, 1 Reiter, 1 Gewichtshalter, 1 Schlitzgewicht 50g, 1 Zeitmarkengeber, 1 Schreibstreifen aus Metallpapier (~1m), 1 Schere

Versuchsdurchführung:

- Aufbau gemäß der Abbildung.
- Ein Schreibstreifen l~1m wird mit der Metallschicht vorne durch den Zeitmarkengeber geschoben und über die obere Querstange zurück zur Krokoklemme des Zeitmarkengebers gezogen. Der Metallstreifen wird nach Umfalten in der Krokoklemme eingeklemmt.
- Am anderen Ende wird der Schreibstreifen nach Umfalten mit einem Tixostreifen verstärkt. Mit einem Nagel oder Zirkel stantzt man ein Loch in den Tixostreifen und fädelt dort den Gewichtshalter mit 50g Schlitzgewicht ein.
- Der Zeitmarkengeber wird mit U=~12V versorgt und auf 10ms eingestellt.
- Ein Schüler hält mit dem Zeigefinger das Metallband, damit die Querstange entfernt werden kann. (Achtung: Elektrisierungsgefahr)
- Achte darauf, dass der Metallstift den Schreibstreifen berührt!
- Netzgerät einschalten und den Streifen loslassen!
Der Zeitmarkengeber schreibt in 10ms Intervallen Markierungen auf das Metallpapier.



Auswertung der Messung:

Auf dem Schreibstreifen werden von der ersten sauberen Markierung dreimal fünf Intervalle ($\Delta t = 5 \cdot 10 \text{ms} = 0,05 \text{s}$) abgezählt und markiert. Die Wege werden genau ausgemessen.

$$v_1 = \frac{s_1}{\Delta t} = \frac{\dots\dots\dots m}{0,05 s} =$$

$$v_2 = \frac{s_2}{\Delta t} = \frac{\dots\dots\dots m}{0,05 s} =$$

$$v_3 = \frac{s_3}{\Delta t} = \frac{\dots\dots\dots m}{0,05 s} =$$

$$a_1 = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{\dots\dots\dots - \dots\dots\dots m}{0,05 s} \frac{m}{s^2} =$$

$$a_2 = \frac{v_3 - v_2}{\Delta t} = \frac{\dots\dots\dots - \dots\dots\dots m}{0,05 s} \frac{m}{s^2} =$$

Erkenntnis:

Resonanz zweier Pendel

Finde die Resonanzabstimmung zweier Pendel!

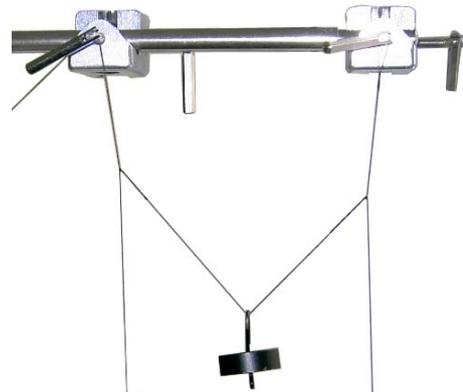
Materialliste: 1 Tischklemme, 2 Stativstangen lang, 7 Gewichtstücke $m=50\text{g}$, Bindfaden, Muffen, 1 Klemmstecker

Durchführung:

- Aufbau gemäß der Abbildung.
- Äußeres Pendel mit großer Amplitude in Schwingung versetzen.
- Die Länge des inneren Pendels durch Verschieben des Klemmsteckers verändern.
- Was passiert im Resonanzfall?



- Erhöhe die Kopplung zwischen den Pendeln, indem man ein Massenstück $m=50\text{g}$ mit den schwingenden Pendeln verbindet.
Was passiert nun im Resonanzfall?



Erkenntnis:

Zerlegung einer Kraft in zwei Komponenten (Schülerexperiment)

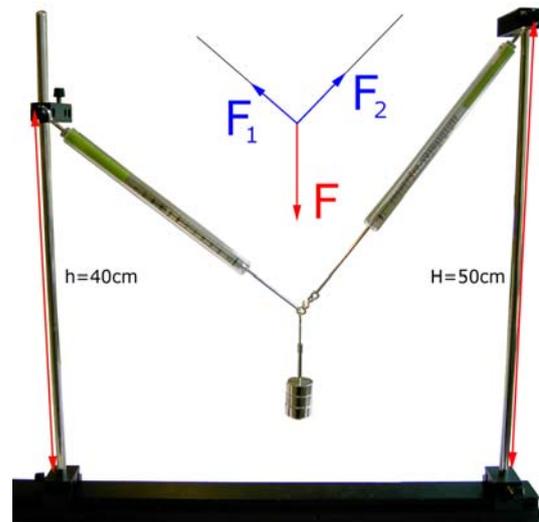
Zeige mittels der gemessenen Kraftkomponenten F_1 u. F_2 die Gültigkeit der Parallelogrammmethode.

Materialliste: 2 Stativstangen 50cm, 1 optische Schiene, 1 Reiterset, 2 Lagerbolzen, 4 Schlitzgewichte (50g), 1 Halter für Schlitzgewichte (10g), 2 Kraftmesser 2N, 1 Rollmaßband

Versuchsdurchführung:

- Aufbau gemäß der Abbildung.
- Verschiebe den linken Reiter mit der Stativstange solange, bis sich ein rechter Winkel zwischen den Kraftmessern einstellt.
Kontrolliere die Einstellung mit dem Geodreieck oder einem Blatt Papier bei jeder Messung.
- Die Ausdehnungen der Kraftmesser werden als Nullwerte notiert.

	Kraftmesser links	Kraftmesser rechts
Nullwert		



- Nun werden mit dem Schlitzgewichthalter der Reihe nach Massen zu jeweils 50g angehängt und die Komponenten der Gewichtskraft F mit den Kraftmessern bestimmt. Die Nullwerte müssen von den angezeigten Kraftmesserwerten abgezogen werden. Achte auf den rechten Winkel!

Masse [kg]	Kraft F [N]	Kraftkomponente F_1 [N]	Kraftkomponente F_2 [N]
0,06	0,6		
0,11	1,1		
0,16	1,6		
0,21	2,1		

- Zeichne auf der Blattrückseite für jede Messung mit dem Geodreieck einen rechten Winkel. Trage die gemessenen Komponenten F_1 und F_2 vektoriell ein und bestimme mit der Parallelogrammmethode den resultierenden Kraftvektor.
- Wiederhole das Experiment mit gleich hohen Reitern ($h=40\text{cm}$) und notiere die Kraftkomponenten.

Masse [kg]	Kraft F [N]	Kraftkomponente F_1 [N]	Kraftkomponente F_2 [N]
0,06	0,6		
0,11	1,1		
0,16	1,6		
0,21	2,1		

Erkenntnis:

Kraftzerlegung auf der schiefen Ebene

Zeige mittels der gemessenen Kraftkomponenten F_T u. F_N die Gültigkeit der Parallelogrammmethode.

Materialliste: 1 Stativstangen 50cm, 1 optische Schiene, 1 Reiterset, 1 Lagerbolzen, 4 Schlitzgewichte (50g), 2 Kraftmesser 2N, 1 Kraftmesser 10N, 1 Experimentierwagen, 1 Rollmaßband, 1 Schnur, 1 Schere

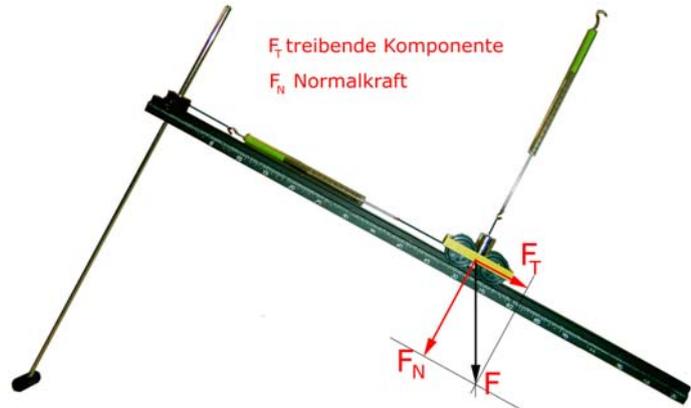
Versuchsdurchführung:

- Aufbau gemäß der Abbildung.
- Bestimme mit dem Kraftmesser $F=10\text{N}$ das Gewicht des leeren Wagens.

$F_0 = \dots\dots\dots \text{N}$

- Bestimme den Winkel der schiefen Ebene mit dem Geodreieck.

$\alpha = \dots\dots\dots^\circ$



- Der Kraftmesser zur Messung der treibenden Komponente F_T wird mit dem oberen Teil im Reiter eingehängt. In dieser Position wird die Nullmarke des Kraftmessers eingestellt.
- Nun werden der Reihe nach Massen zu jeweils 50g auf den Wagen aufgelegt und die Komponenten der Gewichtskraft F mit den Kraftmessern bestimmt. Der Kraftmesser normal auf die schiefe Ebene wird so gehalten, dass der Wagen gerade nicht abhebt.

Masse [kg]	Kraft F [N]	Kraftkomponente F_T [N]	Kraftkomponente F_N [N]
0,05			
0,10			
0,15			
0,20			

- Zeichne auf der Blattrückseite für jede Messung mit dem Geodreieck einen rechten Winkel. Trage die gemessenen Komponenten F_T und F_N vektoriell ein und bestimme mit der Parallelogrammmethode den resultierenden Kraftvektor F .

Erkenntnis:

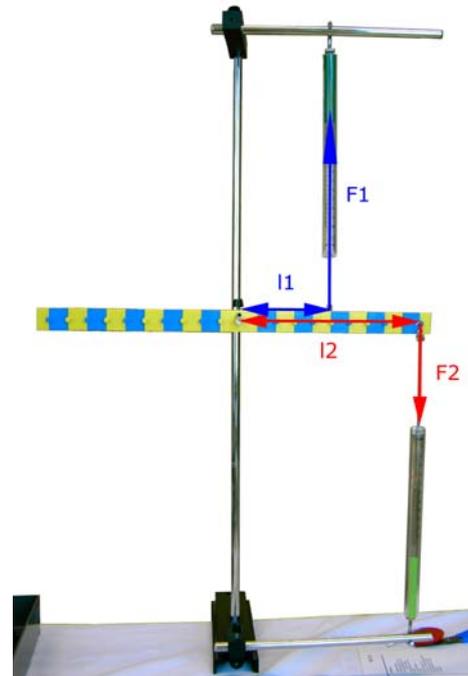
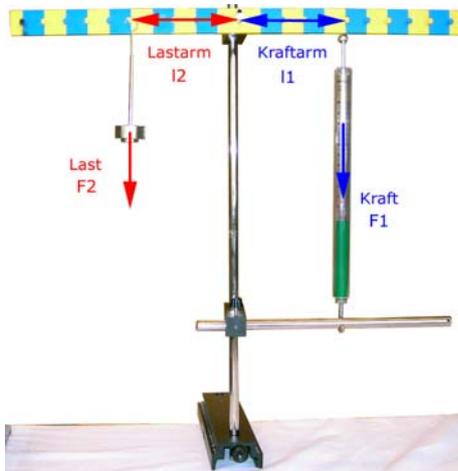
Einseitiger und zweiseitiger Hebel

Finde die Gleichgewichtsbedingung für beide Hebel.

Materialliste: 1 Stativstange 50cm, 2 kurze Stativstangen, 1 optische Schiene, 1 Reiterset, 1 Lagerbolzen, 4 Schlitzgewichte (50g), 1 Halter für Schlitzgewichte (10g), 1 Kraftmesser 10N (dunkelgrün), 1 Kraftmesser 2N (hellgrün), 1 Schnur, 1 Schere

Versuchsdurchführung:

- Baue die Versuchsanordnungen gemäß den Abbildungen.
- Bestimme zuerst das Gewicht der Last ($m=60g$, $110g$, $160g$, $210g$) mit dem Kraftmesser 10N.
- Stelle den Kraft- u. Lastarm auf 5cm ein (zweiseitiger Hebel). Verwende den Kraftmesser 10N zur Messung der Kraft F_1 . Trage die Messwerte in die Tabelle ein.
- Wiederhole die Messung für den Lastarm $l_2=10cm$.
- Führe die Messungen für den einseitigen Hebel laut Tabelle durch.



Zweiseitiger Hebel

Masse der Last	Last F_2	Lastarm l_2	$F_2 \cdot l_2$	Kraft F_1	Kraftarm l_1	$F_1 \cdot l_1$
$m=60g$		0,05m			0,05m	
$m=110g$		0,05m			0,05m	
$m=160g$		0,05m			0,05m	
$m=210g$		0,05m			0,05m	
$m=60g$		0,1m			0,05m	
$m=110g$		0,1m			0,05m	
$m=160g$		0,1m			0,05m	
$m=210g$		0,1m			0,05m	

Einseitiger Hebel

Last F_2	Lastarm l_2	$F_2 \cdot l_2$	Kraft F_1	Kraftarm l_1	$F_1 \cdot l_1$
	0,05m			0,05m	
	0,1m			0,05m	

Erkenntnis:

- Wann ist ein Hebel zweiseitig bzw. einseitig?
- Wie lautet das Hebelgesetz?

Einfache Maschinen der Mechanik

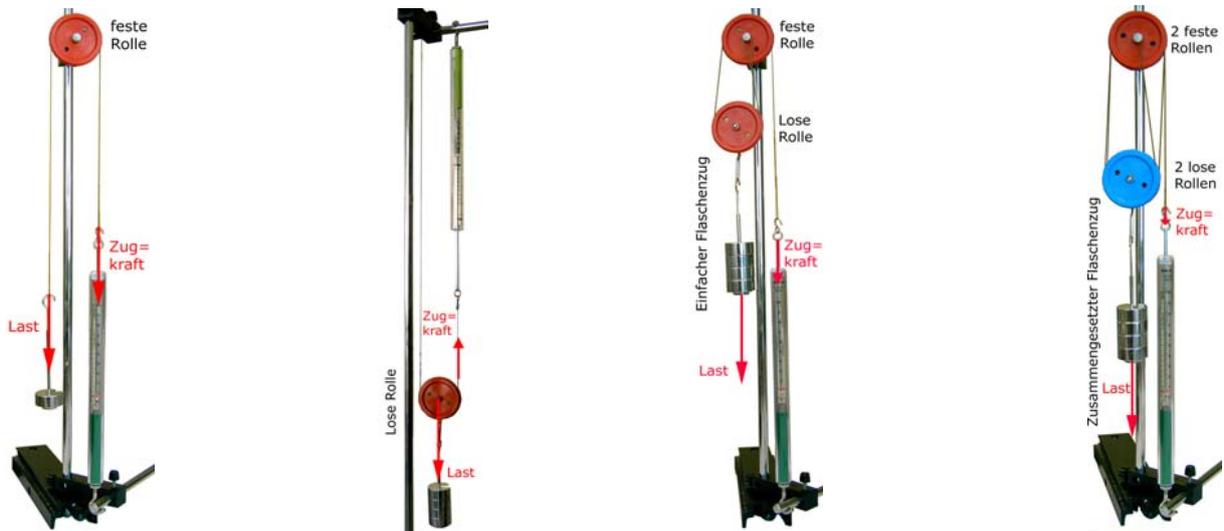
Feste Rolle, lose Rolle, einfacher Flaschenzug und zusammengesetzter Flaschenzug sind einfache Maschinen der Mechanik.

Welchen Vorteil bringen diese Maschinen?

Materialliste: 1 Stativstangen 50cm, 1 optische Schiene, 1 Reiterset, 1 Lagerbolzen, 4 Schlitzgewichte (50g), 2 Kraftmesser 2N, 1 Kraftmesser 10N, 1 Schnur, 1 Schere

Versuchsdurchführung:

- Baue die Versuchsanordnungen gemäß den Abbildungen.
- Bestimme das Gewicht der Last und die erforderliche Zugkraft!
- Welche Richtung hat die Zugkraft? Wo greifen die Zugkräfte an?
- Gib die Veränderungen der Bestimmungstücke einer Kraft in der Tabelle an!
- Beobachte die über die Rolle gezogene Fadenlänge l zur Hubhöhe h der Last!



Maschine	Bestimmungstücke der Zugkraft			Hubhöhe h der Last	gezogene Fadenlänge l
	Angriffspunkt	Richtung	Größe		
Feste Rolle					
Lose Rolle					
Einfacher Flaschenzug					
Zusammengesetzter Flaschenzug					

Erkenntnis:

Die UND - Schaltung

Logische Schaltungen verarbeiten binäre Zustände an ihren Eingängen A und B. Am Ausgang C (Voltmeter, Glühlampe oder Anzeigeeinheit) kann der binäre Output abgelesen werden.

Materialliste: 1 Schalttafel, 1 Basisbox, 1 STB-Widerstand $R=500\Omega$, 1 STB-Widerstand $R=1k\Omega$, 1 STB-LED, 1 Kabelbox, 1 Netzgerät, 2 STB Si-Dioden, 2 Ein-Aus Schalter, 1 Glühlämpchen

Aufbau gemäß der Abbildung.

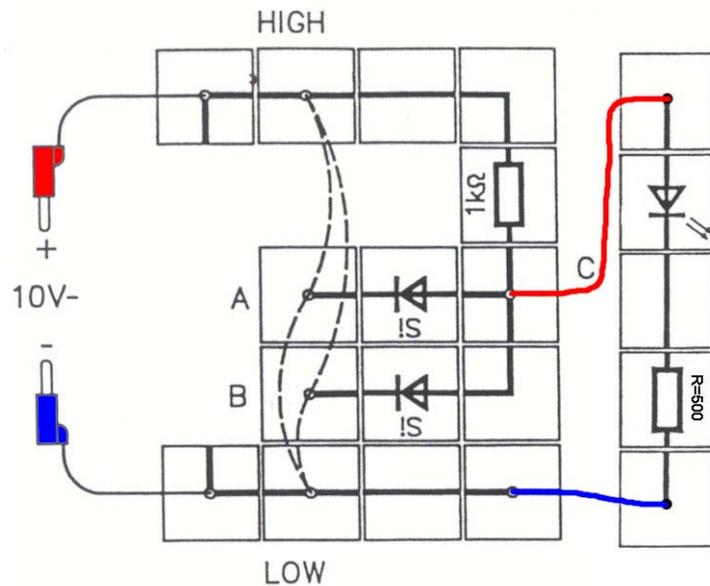
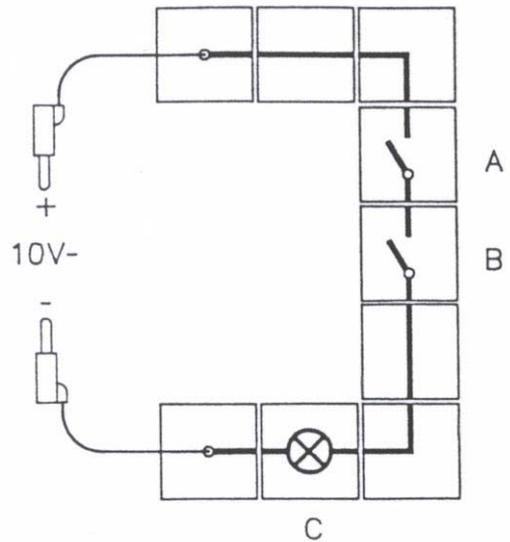
Versuchsdurchführung:

- Bestimme die Schaltwerttabelle der UND-Schaltung mit den Schaltern A, B!

A	B	$C=A \wedge B$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

- Die Schaltung mit den Si-Dioden aufbauen.
- Schaltwerttabelle überprüfen.

Erkenntnis:



Die ODER - Schaltung

Logische Schaltungen verarbeiten binäre Zustände an ihren Eingängen A und B. Am Ausgang C (Voltmeter, Glühbirne oder Anzeigeeinheit) kann der binäre Output abgelesen werden.

Materialliste: 1 Schalttafel, 1 Basisbox, 1 STB-Widerstand $R=500\Omega$, 1 STB-Widerstand $R=1k\Omega$, 1 STB-LED, 1 Kabelbox, 1 Netzgerät, 2 STB Si-Dioden, 2 Ein-Aus Schalter

Aufbau gemäß der Abbildung.

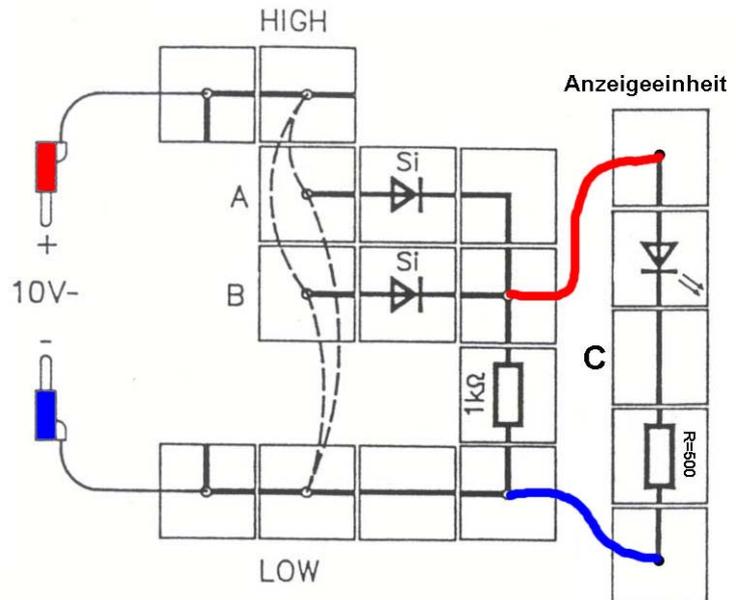
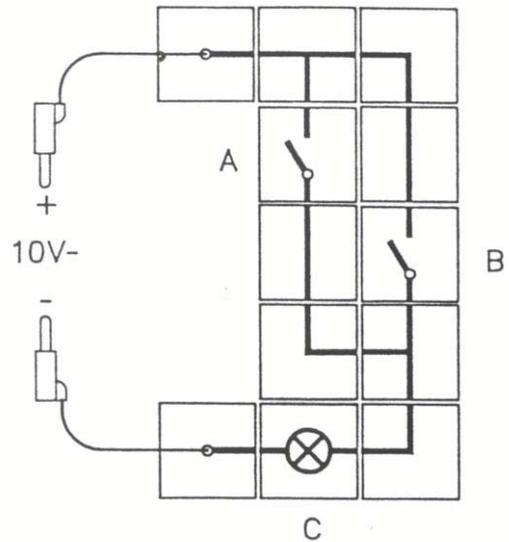
Versuchsdurchführung:

- Bestimme die Schaltwertabelle für die Oder-Schaltung mit den Schaltern A, B!

A	B	$C=A \vee B$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

- Die untere Schaltung mit Si-Dioden aufbauen.
- Schaltwerttabelle überprüfen.

Erkenntnis:



Die NICHT - Schaltung

Logische Schaltungen verarbeiten binäre Zustände an ihren Eingängen A und B. Am Ausgang C (Voltmeter, Glühlampe oder Anzeigeeinheit) kann der binäre Output abgelesen werden.

Materialliste: 1 Schalttafel, 1 Basisbox, 1 STB-Widerstand $R=500\Omega$, 1 STB-Widerstand $R=1k\Omega$, 1 STB-LED, 1 Kabelbox, 1 Netzgerät, 2 STB Si-Dioden, 2 Ein-Aus Schalter, 1 Glühlämpchen

Aufbau gemäß der Abbildung.

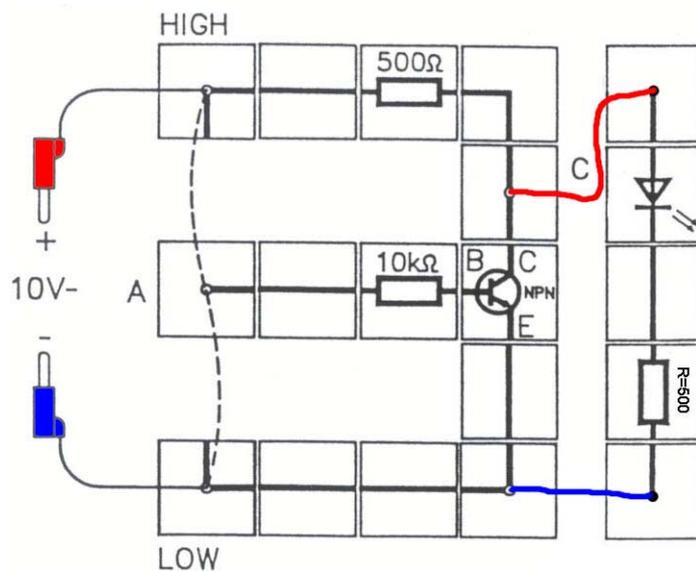
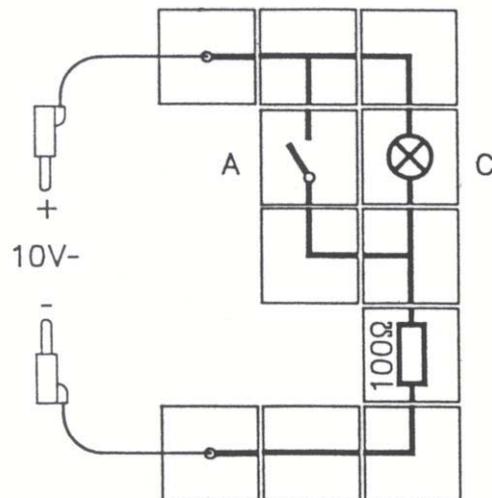
Versuchsdurchführung:

- Bestimme die Schaltwertabelle der Nicht-Schaltung mit dem Schalter A!

A	C= \neg A
0	
1	

- Die Schaltung mit dem Transistor aufbauen.
- Schaltwerttabelle überprüfen.

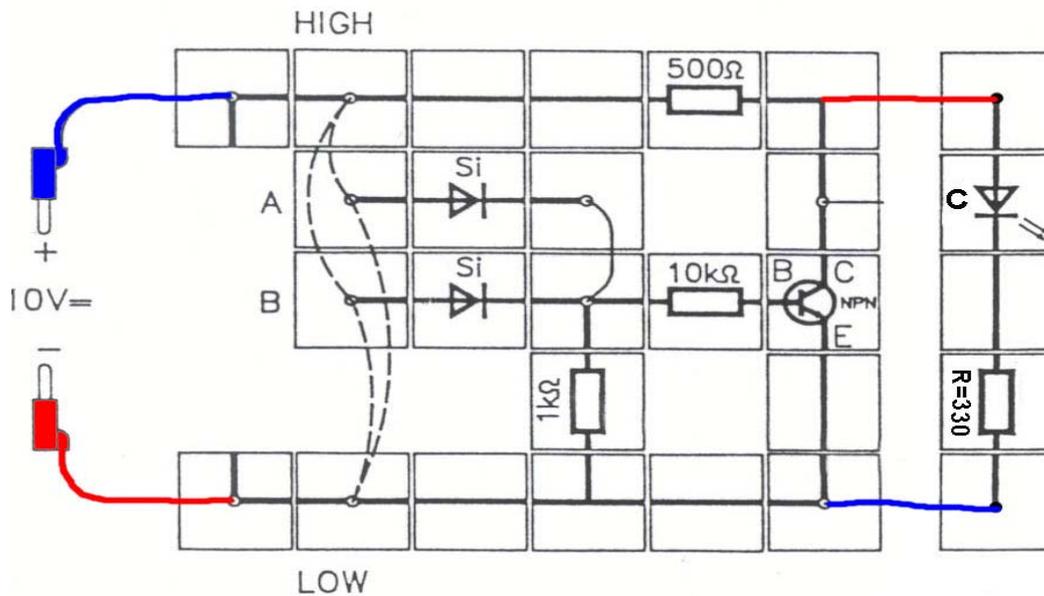
Erkenntnis:



Die NOR - Schaltung

Logische Schaltungen verarbeiten binäre Zustände an ihren Eingängen A und B. Am Ausgang C (Voltmeter, Glühbirne oder Anzeigeeinheit) kann der binäre Output abgelesen werden.

Materialliste: 1 Schalttafel, 1 Basisbox, 1 STB-Widerstand $R=500\Omega$, 1 STB-Widerstand $R=1k\Omega$, 1 STB-Widerstand $R=330\Omega$, 1 STB-Widerstand $R=10k\Omega$, 1 STB-LED, 1 Kabelbox, 1 Netzgerät, 2 STB Si-Dioden, 1 STB-Transistor NPN



Aufbau gemäß der Abbildung.

Versuchsdurchführung:

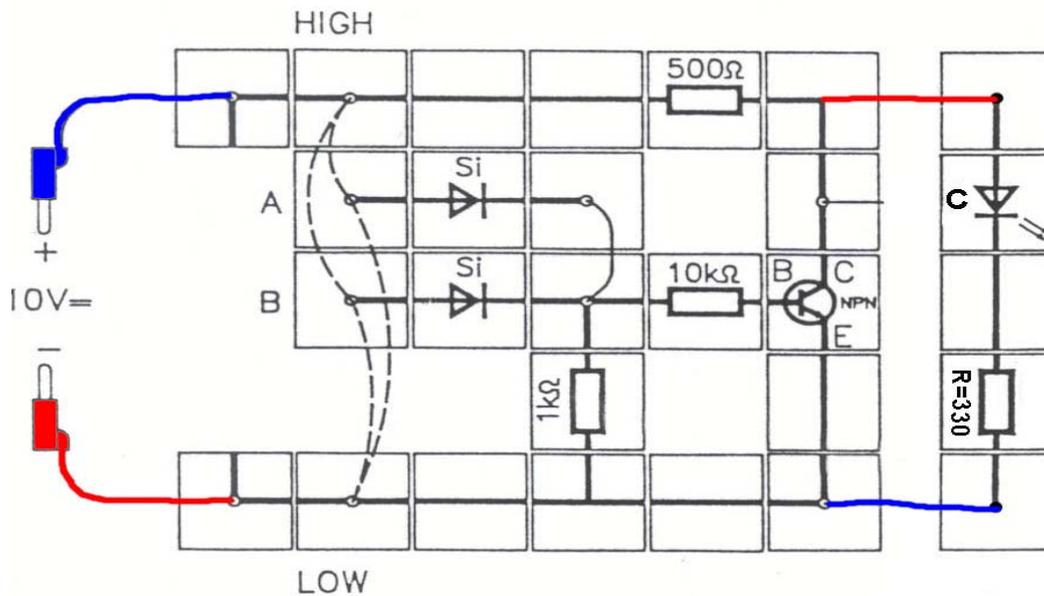
- Bestimme die Schaltwerttabelle der NOR-Schaltung!

A	B	$C = \overline{A \vee B}$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Die NAND - Schaltung

Logische Schaltungen verarbeiten binäre Zustände an ihren Eingängen A und B. Am Ausgang C (Voltmeter, Glühbirne oder Anzeigeeinheit) kann der binäre Output abgelesen werden.

Materialliste: 1 Schalttafel, 1 Basisbox, 1 STB-Widerstand R=500Ω, 1 STB-Widerstand R=1kΩ, 1 STB-Widerstand R=330Ω, 1 STB-Widerstand R=10kΩ, 1 STB-LED, 1 Kabelbox, 1 Netzgerät, 2 STB Si-Dioden, 1 STB-Transistor NPN



Aufbau gemäß der Abbildung.

Versuchsdurchführung:

- Bestimme die Schaltwerttabelle der NOR-Schaltung!

A	B	$C = \overline{A \wedge B}$
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	