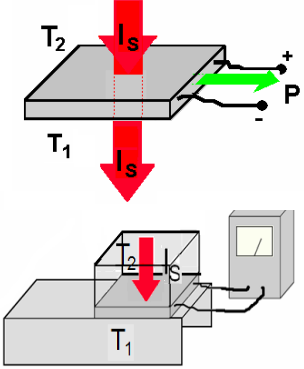
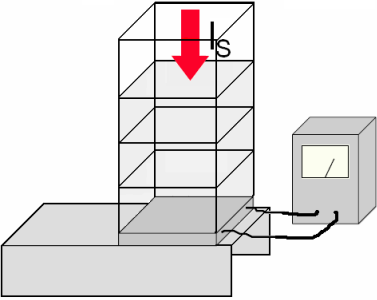
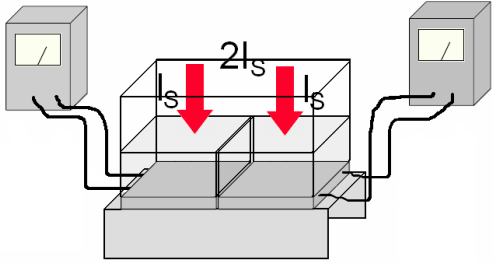
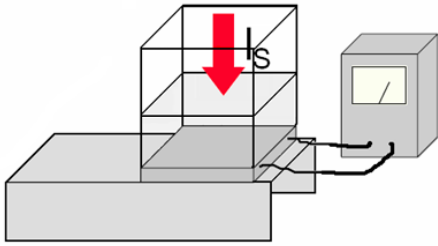
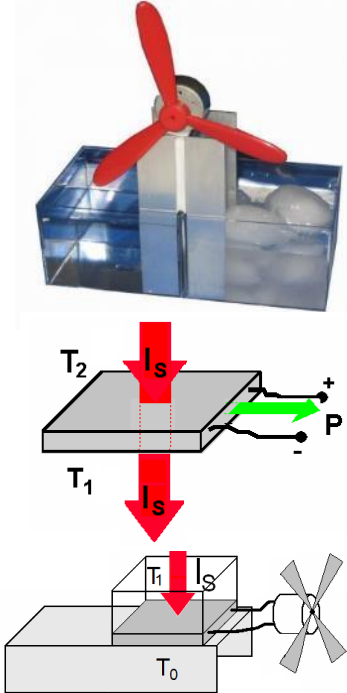


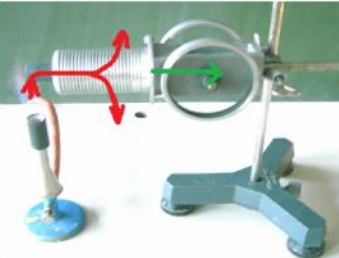
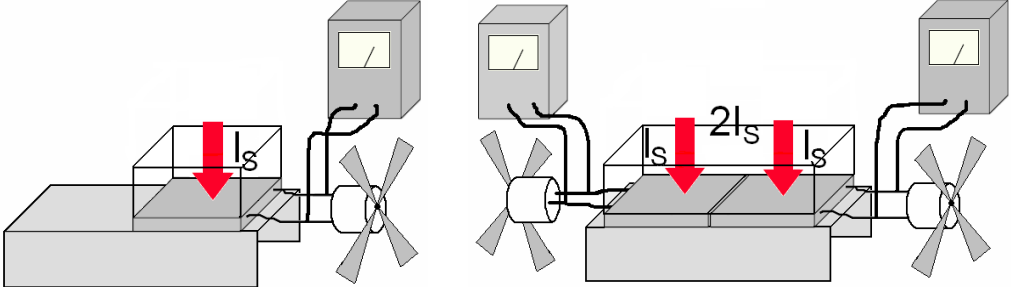
Liste der Experimente für Workshop: Entropie

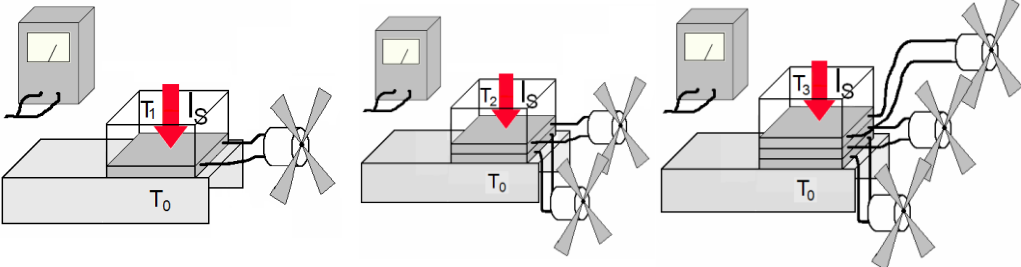
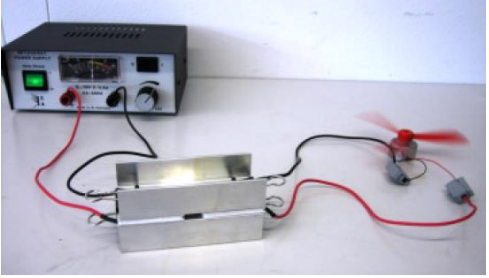
Gemeinsame Strukturen und Analogien im neuen Lehrplan Physik

Nr	Experiment	Beschreibung	Bedarf pro Arbeitsplatz
1	Wärmepumpe ausprobieren	<p>Ein Peltierelement wird an eine Batterie angeschlossen das andere an ein Dynamot. Mit den Fingern wird die Temperatur vor dem Anschließen gefühlt und dann während des Betriebes. Man stellt jeweils fest, dass eine Seite wärmer wird und die andere kälter.</p> <p>Führt man dem Peltierelement Energie mit dem Träger Elektrizität zu, pumpt es Entropie von einer Seite zur anderen, es fungiert als Wärmepumpe.</p>	2 Peltierelemente, Batterie 111.4011, Dynamot 100.8012, 2 Kabel 206.0100, 2 Kabel 206.0101, 2 Krokodilklemmen 206.0330, 2 Krokodilklemmen 206.0331.
2	Wärmepumpe aus QuickCool-Set	<p>Alternativ: Peltierelement mit zwei Aluminiumbeinen wird mit den Beinen in Wasser von Umgebungstemperatur gestellt und an ein Netzgerät angeschlossen mit zwei digitalen Thermometern wird die Temperatur der beiden Wassermengen verfolgt.</p>	QuickCoolSet 107.7102, Netzgerät 108.6431, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, 2 digitale Thermometer 112.4019.
3	Peltierelement + Voltmeter als Messinstrument für Entropiestromstärken. Abhängigkeit der Entropiestromstärke von der Temperaturdifferenz.	<p>Man schließt ein Peltierelement an ein Voltmeter an und legt zunächst die Hand auf das Peltierelement, das auf einer kalten Unterlage (Tisch, Aluschiene aus Quickcoolset, etc.) liegt. Dann stellt man eine elektrische Spannung fest, die aus dem Peltierelement kommt.</p>	Peltierelement, (Aluschiene aus Quick-CoolSet als Kühler 107.7102), Digitalmultimeter (mV) 114.4001, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, Metallgefäß für warmes Wasser 104.2061, digitales Thermometer 112.4019.

		<p>Danach stellt man ein Metallgefäß mit warmem Wasser zunehmender Temperatur auf das Peltierelement, das auf der Aluschiene liegt, die sich in einem Behälter mit Eis-Wasser-Gemisch befindet. Je größer der Temperaturunterschied zwischen den beiden Seiten des Peltierelementes ist, desto stärker ist der Entropiestrom durch das Peltierelement. Gleichzeitig nimmt auch die Anzeige in mV zu. Also ist die Anzeige in mV ein Maß für die Stärke des Entropiestromes, der durch das Peltierelement fließt.</p> <p>Je größer die Temperaturdifferenz, desto stärker ist der Entropiestrom. Das Peltierelement fungiert nun als Messinstrument für die Stärke des Entropiestromes.</p>		
<p>4 Abhängigkeit der Entropiestromstärke von der Länge des Entropieleiters.</p>		<p>Eine Aluschiene aus dem QuickCoolSet wird wieder in Eiswasser gestellt und 3, 2 und schließlich 1 Wärmeleiter (Styropor-, Holz-, Keramik- oder Glasscheibe) als Entropieleiter auf das Peltierelement, das ans Voltmeter angeschlossen ist, gelegt. (Bem. Dann nimmt die Temperatur am Peltierelement zu. Würde die Temperatur abnehmen müsste man jeweils warten bis das Peltierelement abgekühlt ist). Oben drauf stellt man das Metallgefäß mit heißem Wasser und beobachtet die Anzeige des Voltmeters. Ggf. das Wasser nach jeder Messung ersetzen, damit es bei jeder Messung dieselbe Temperatur hat.</p> <p>Je länger der Entropieleiter ist, desto schwächer ist der Entropiestrom.</p>		<p>QuickCoolSet 107.7102, 3 Entropieleiter gleichen Materials und gleicher Dicke, Digitalmultimeter (mV) 114.4001, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, Metallgefäß für heißes Wasser 104.2061, Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245, digitales Thermometer 112.4019, Eis.</p>
<p>5 Abhängigkeit der Entropiestromstärke von der Querschnittsfläche des Entropieleiters. Gedankenexperiment!</p>		<p>Aufbau wie 4, nur dass zunächst 1 danach 2 Peltierelemente nebeneinander auf einem bzw. zwei gleichen Entropieleiter/n auf der gemeinsamen Aluschiene in Eis-Wasser-Gemisch unter demselben Wassergefäß liegen.</p>		<p>QuickCoolSet 107.7102, Metallgefäß für heißes Wasser 104.2061, Eis, 2 gleiche Entropieleiter, 2 Digitalmultimeter (mV) 114.4001, Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245, digitales Thermometer 112.4019, 2 Kabel 206.0100, 2 Kabel 206.0101, 2 Krokodilklemme 206.0330,</p>

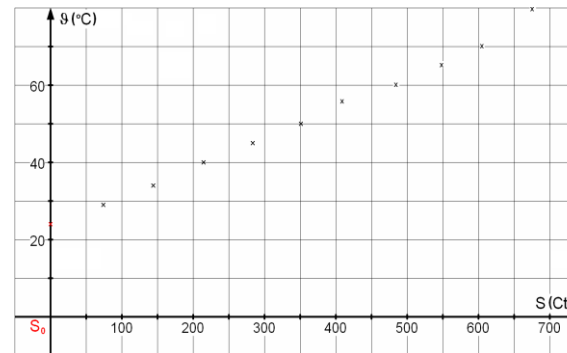
6	<p>Abhängigkeit der Entropiestromstärke vom Material des Entropieleiters.</p>	<p>Aufbau wie 4, nur dass jeweils ein Entropieleiter gleicher Querschnittsfläche und gleicher Länge aber aus verschiedenen Materialien verwendet wird. Sie liegen jeweils auf der Aluschiene und unter dem Metallgefäß mit warmem Wasser gleicher Temperatur (ggf. durch Wasser der ursprünglichen Temperatur ersetzen).</p>		<p>2 Krokodilklemme 206.0331. QuickCoolSet 107.7102, Metallgefäß für heißes Wasser 104.2061, Entropieleiter aus verschiedenem Material (gleicher Dicke), Digitalmultimeter 114.4001, Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, digitales Thermometer 112.4019, Eis.</p>
7	<p>Entropie als Energieträger, Thermogenerator.</p>	<p>Zwischen die beiden Aluschiene wird ein Peltier-element geklemmt und an den zugehörigen Elektromotor angeschlossen. In ein Gefäß wird heißes Wasser eingefüllt in das andere Eiswasser. Sie werden dicht nebeneinander gestellt (mit Styropor oder ähnlichem dazwischen). Dann stellt man den zusammengebauten Thermoconverter mit einer Aluschiene ins heiße Wasser mit der anderen ins Eis-Wasser. Nach einiger Zeit beginnt der Motor zu laufen. Da nun an den Anschlüssen des Peltierelementes ein Energieempfänger, nämlich der Elektromotor angeschlossen ist, fließt ein Energiestrom der Stärke P aus dem Peltierelement in den Motor. Das Peltierelement fungiert nun als Wärmekraftmaschine oder Wärmegenerator. Alternative: Aluschiene in Gefäß mit Eis-Wasser-Gemisch stellen. Peltierelement mit angeschlossenem Elektromotor darauflegen. Schließlich Metallgefäß mit heißem Wasser obendraufstellen.</p>		<p>QuickCoolSet 107.7102 mit 2 Aluschiene, 2 Klammern, 2 Behälter und Elektromotor. Heißes Wasser, Eis. Alternative: QuickCoolSet 107.7102 mit Aluschiene und Elektromotor, Metallgefäß für heißes Wasser 104.2061, Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245, Eis, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, Aluschiene zur magnetischen Befestigung des Motors.</p>

8 Entropie als Energieträger, Stirlingmotor.	<p>Ein Stirlingmotor wird über der Flamme der zugehörigen Wärmequelle (Spirituskocher, Teelicht, Bunsenbrenner) gebracht. Nach einiger Zeit beginnt er zu laufen.</p> <p>Unterscheide den Weg der Entropie und den Weg der Energie.</p>		Stirlingmotor 108.6788 oder 109.1133.
9 Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Entropiestromstärke I_s .	<p>Zunächst legt man ein Peltierelement, das an den zugehörigen Elektromotor angeschlossen ist, auf die Aluschiene, die sich in Eiswasser befindet. Auf das Peltierelement stellt man das Metallgefäß mit heißem Wasser und registriert die Drehgeschwindigkeit des Motors als Maß für die Stärke des Energiestromes, der aus dem Peltierelement fließt (Durch Messung der elektrischen Spannung an den Anschlüssen des Peltierelements hat man eine bessere Kontrolle als durch die Beobachtung der Drehgeschwindigkeit). Dann bringt man zwischen Metallgefäß und Aluschiene ein zweites Peltierelement neben das erste, das ebenfalls an einen Elektromotor angeschlossen ist und registriert, dass beide Motore gleich schnell laufen (gleiche Spannungen erzeugen).</p> <p>Je stärker der Entropiestrom durch ein Peltierelement ist, desto stärker ist der Energiestrom, der aus dem Peltierelement herauskommt.</p>		<p>2 QuickCoolSets 107.7102 mit 2 Elektromotoren, Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245 , Metallgefäß mit warmem Wasser 104.2061, 2 Digitalmultimeter (mV) 114.4001, 2 Kabel 206.0100, 2 Kabel 206.0101, 2 Krokodilklemmen 206.0330, 2 Krokodilklemmen 206.0331, Eis.</p>
10 Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Temperaturdifferenz ΔT .	<p>Man verwendet den Aufbau von 9, misst die Temperaturdifferenz ΔT und beobachtet die Drehgeschwindigkeit des Motors (Spannung am Peltierelement). Dann legt man zwei Peltierelemente mit jeweils angeschlossenen Elektromotor übereinander zwischen das Metallgefäß und die Aluschiene, erhöht die Temperaturdifferenz auf $2\Delta T$ und beobachtet die Drehgeschwindigkeit der Motore (Spannungen an den Peltierelementen). Schließlich bringt man ein drittes Peltierelement mit Elektromotor zwischen Metallgefäß und Aluschiene, erhöht die Temperaturdifferenz auf $3\Delta T$ und beobachtet wieder die Drehgeschwindigkeit</p>		<p>3 QuickCoolSets 107.7102 (3 Peltierelemente, 3 Elektromotore, Aluschiene), Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245, Metallgefäß mit warmem Wasser 104.2061, (Warmwasserbe-</p>

		<p>der Motore (Spannungen an den Peltierelementen).</p>  <p>Je größer die Temperaturdifferenz desto größer ist die Energiestromstärke aus der Apparatur. Insgesamt erhält man das Ergebnis: $P = \Delta T \cdot I_S$</p>	<p>reiter mit einstellbarer Temperatur verwenden), 3 Digitalmultimeter (mV) 114.4001, 3 Kabel 206.0100, 3 Kabel 206.0101, 6 Krokodilklemmen 206.0330, 6 Krokodilklemmen 206.0331, Eis.</p>
11	Entropiestromkreislauf	<p>Man bringt zwei Peltierelemente zwischen die beiden Aluschienen und befestigt die Schienen mit zwei Klammern oder Kabelbindern. Ein Peltierelement wird an das Netzgerät angeschlossen und fungiert als Wärmepumpe. Das andere wird an den zugehörigen Elektromotor angeschlossen und fungiert als Thermogenerator.</p>  <p>Angetrieben durch die Temperaturdifferenz an der Wärmepumpe fängt die Entropie an im Kreis zu fließen (vergl. Wasserstromkreis). Bei der Wärmepumpe wird die Entropie mit Energie beladen und fließt damit bis zum Eingang des Thermogenerators, in dem sie einen Teil der Energie ablädt. Diese fließt zum Elektromotor und treibt ihn an. Die Entropie fließt mit weniger Energie beladen zurück zum Eingang der Wärmepumpe. Dort beginnt der Vorgang von vorne.</p>	<p>QuickCoolSet 107.7102 mit Klammern, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemme 206.0330, Krokodilklemme 206.0331, Netzgerät 108.6431.</p>

12 Messung von Entropie

Ein Tauchsieder wird über ein Wattmeter in Betrieb genommen und in eine Wassermenge m mit der Anfangstemperatur ϑ_0 gebracht. Im Abstand der Zeitintervalle Δt (z.B. 30 s) wird mit einem digitalen Thermometer die Temperatur gemessen und notiert. Aus den gemessenen Temperaturwerten berechnet man die Mittelwerte T^* der Intervalle in K. Mit Hilfe der gemessenen Energiestromstärke P des Tauchsieders und den Mittelwerten T^* errechnet man die Stärke des Entropiestromes $I_S = P/T^*$, der in jedem Intervall ins Wasser geflossen ist. Durch Multiplikation von I_S mit Δt erhält man die Entropiemenge ΔS , die in jedem Intervall ins Wasser geflossen sind. Nun kann man daraus bei jeder gemessenen Wassertemperatur die zugehörige Entropie S , die zusätzlich zur anfänglich vorhandenen S_0 dazugekommen ist, angeben.



Tauchsieder 201.0019,
Wattmeter 230 V 113.4125,
zylindrisches Gefäß mit
Wärmedämmung 111.3011 /
Deware-Gefäß,
digitales Thermometer
112.4019,
Stoppuhr 112.4016.