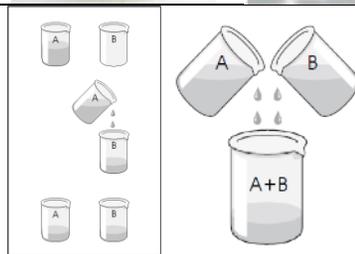
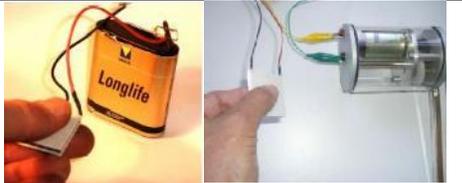
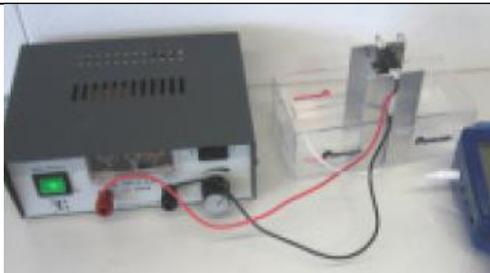


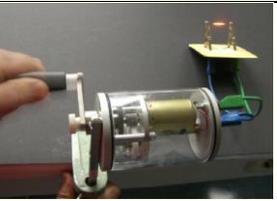
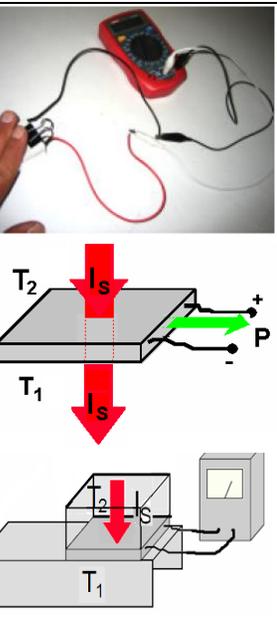
## Liste der Experimente für Workshop: Entropie

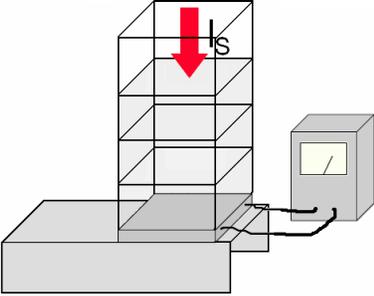
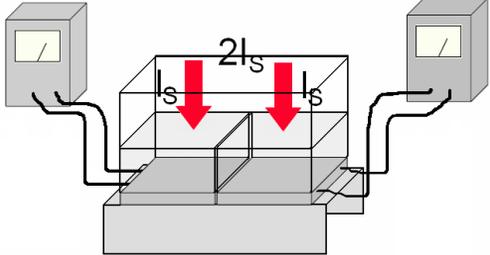
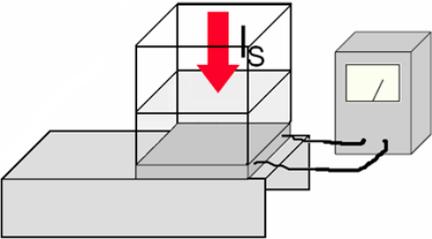
### Gemeinsame Strukturen und Analogien im neuen Lehrplan Physik

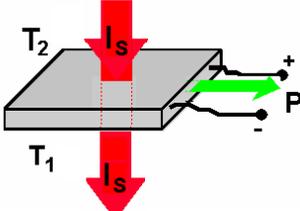
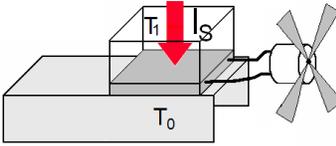
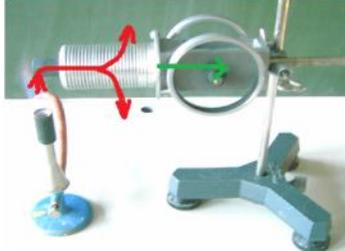
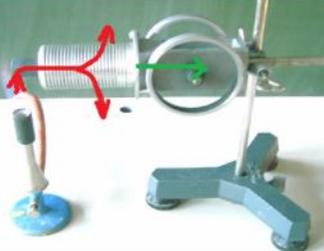
Nr	Experiment	Beschreibung	Bedarf pro Arbeitsplatz
1	Entropieeinführung	Heizplatte einschalten und mit der Hand die Entropie fühlen, die aus der Platte herausfließt.	Heizplatte 201.5263
2	Entropieeinführung	Wasserbehälter auf Wärmplatte stellen oder Tauchsieder in Wasserglas stellen und einschalten. Temperatur mit dem Digitalthermometer verfolgen. Aus dem Tauchsieder geht Entropie ins Wasser. Je länger der Tauchsieder in Betrieb ist, desto mehr Entropie ist im Wasser, was die zunehmende Temperatur anzeigt.	Zylinderglas 111.3011, Tauchsieder 201.0017, digitales Thermometer 112.4019.
3	Entropieeinführung	Heißes Wasser aus dem Wasserbehälter in Thermoskanne oder in Wärmeflasche umfüllen. Die Entropie wird dann ebenfalls in die Thermoskanne oder die Wärmeflasche gebracht und darin aufgehoben.	Thermoskanne 104.0858, Wärmeflasche.
4	Entropieeinführung $S \sim m$	Zunächst heißes Wasser in das Wasserglas A einfüllen. Danach die Hälfte des Wassers aus Glas A in Glas B umfüllen. Dabei wird auch die Hälfte der Entropie ins Glas B umgefüllt. Wasser aus den Gläsern A und B in ein weiteres Glas umfüllen. Das weitere Glas enthält dann die Summe der Entropie aus Glas A und Glas B.	2 Zylindergläser groß 111.3011.

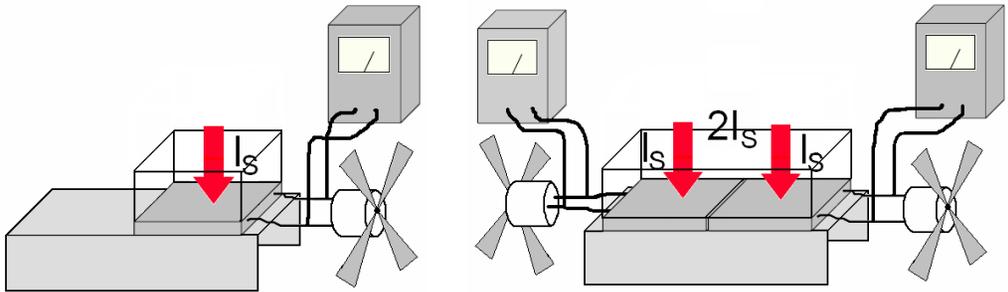
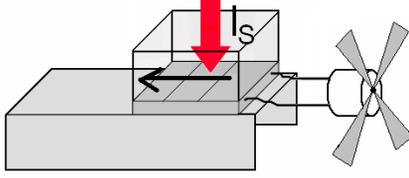


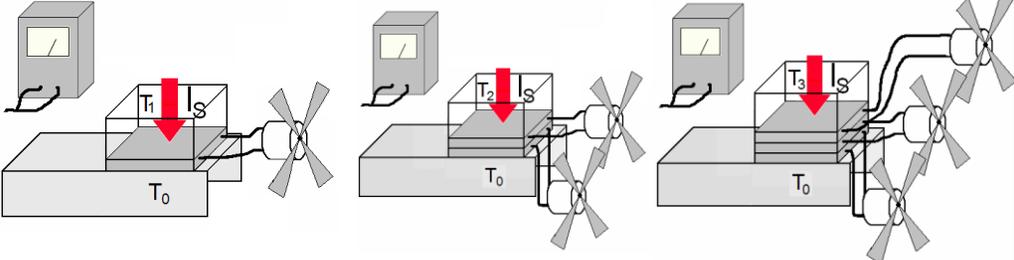
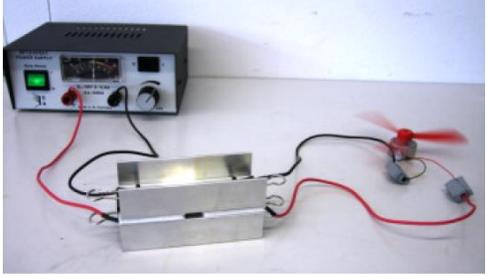
5	<p>Entropieeinführung</p> <p>Je größer <math>\vartheta</math> desto mehr Entropie enthält der Körper</p>	<p>Zwei verschieden starke Tauchsieder (fehlen im Bild) erwärmen zwei gleiche Wassermengen in gleichen Zeiten auf unterschiedliche Temperaturen, die mit zwei digitalen Thermometern angezeigt werden. Die beiden Tauchsieder liefern unterschiedlich viel Entropie in die beiden Wassermengen, wodurch sie unterschiedliche Temperaturen erhalten.</p>		<p>2 Zylindergläser 111.3011, 2 Tauchsieder mit verschiedener Leistung 201.0019 201.0017, 2 digitale Thermometer 112.4019.</p>
6	<p>Temperaturdifferenz als Antrieb für den Entropiestrom</p>	<p>In ein größeres Wasserglas mit kaltem Wasser (Umgebungstemperatur) stellt man ein kleineres Wasserglas mit heißem Wasser. Zwei digitale Thermometer zeigen die Temperaturen ständig an. Die Temperatur des wärmeren Wassers nimmt mit der Zeit ab und die Temperatur des kälteren Wassers nimmt nach und nach zu.</p> <p><b>Regel: Entropie fließt von selbst von Stellen höherer zu Stellen niedrigerer Temperatur.</b></p>		<p>Großes Zylinderglas 111.3011, kleines Zylinderglas 111.3008, Halterung, in die das kleine Glas passt, Stativmaterial, 2 digitale Thermometer 112.4015.</p>
7	<p>Wärmepumpe ausprobieren</p>	<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><b>Führt man dem Peltierelement Energie mit dem Träger Elektrizität zu, pumpt es Entropie von einer Seite zur anderen, es fungiert als Wärmepumpe.</b></p>		<p>2 Peltierelemente aus QuickCoolSet 107.7102, Batterie 111.4011, Dynamot 100.8012, 2 Kabel 206.0100, 2 Kabel 206.0101, 2 Krokodilklemmen 206.0330, 2 Krokodilklemmen 206.0331.</p>
8	<p>Wärmepumpe aus QuickCool-Set</p>	<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>		<p>QuickCoolSet 107.7102, Netzgerät 108.6431, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, 2 digitale Thermometer 112.4019.</p>

9	Entropieerzeugung durch chemische Reaktionen	Man entzündet eine Kerze, einen Bunsenbrenner, ein Holzfeuer. Dabei findet eine Oxidationsreaktion statt und es wird Entropie erzeugt. <b>Auch bei fast allen anderen chemischen Reaktionen wird Entropie erzeugt.</b>		Kerze, Bunsenbrenner 104.2700 etc. Feuerzeug.
10	Entropieerzeugung durch Reibung	Eine Bohrmaschine mit einem Nagel anstatt eines Bohrers „bohrt“ in einen fixierten Stein bis der Nagel glühend wird. <b>Entropie kann durch Reibung erzeugt werden.</b>		Bohrmaschine, Nagel, Stein, 2 Tischklemmen 102.0801.
11	Entropieerzeugung durch elektrischen Strom. Zur Entropieerzeugung ist Energie erforderlich!	Mit Hilfe eines Dynamots bringt man einen dünnen Eisendraht zum Glühen. <b>Entropie kann durch elektrischen Strom erzeugt werden.</b> Dabei wird „handgreiflich“, dass man Energie aufwenden muss, um Entropie zu erzeugen.		Dynamot 100.8012, Eisendraht 104.0934, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Abgreifklemme auf Grundplatte 115.2038.
12	Peltierelement + Voltmeter als Messinstrument für Entropiestromstärken. Abhängigkeit der Entropiestromstärke von der Temperaturdifferenz.	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. 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. <b>Je größer die Temperaturdifferenz, desto stärker ist der Entropiestrom. Das Peltierelement fungiert nun als Messinstrument für die Stärke</b>		Peltierelement aus Quick-CoolSet 107.7102, (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.

		<b>des Entropiestromes.</b>	
13	Abhängigkeit der Entropiestromstärke von der Länge des Entropieleiters.	<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><b>Je länger der Entropieleiter ist, desto schwächer ist der Entropiestrom.</b></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>
14	Abhängigkeit der Entropiestromstärke von der Querschnittsfläche des Entropieleiters.	<p>Aufbau wie 13, 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, 2 Krokodilklemme 206.0331.</p>
15	Abhängigkeit der Entropiestromstärke vom Material des Entropieleiters.	<p>Aufbau wie 13, 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>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,</p>

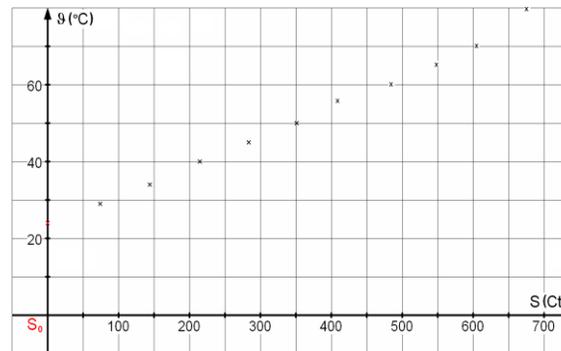
			digitales Thermometer 112.4019, Eis.	
16	Entropie als Energieträger, Thermogenerator.	<p>Zwischen die beiden Aluschiene wird ein Peltier-element geklemmt und an den zugehörigen Elektromotor angeschlossen. In ein Gefäß wird heißes Wasser eingefüllt in das andere Eiswasser. Sie werden dicht nebeneinander 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.</p> <p><b>Da nun an den Anschlüssen des Peltier-elementes ein Energieempfänger, nämlich der Elektromotor angeschlossen ist, fließt ein Energie-strom der Stärke <math>P</math> aus dem Peltier-element in den Motor. Das Peltier-element fungiert nun als <b>Wärme-kraftmaschine oder Wärmegenerator.</b></b></p> <p>Alternative: Aluschiene in Gefäß mit Eis-Wasser-Gemisch stellen. Peltier-element 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.</p> <p>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>
17	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><b>Unterscheide den Weg der Entropie und den Weg der Energie.</b></p>		Stirlingmotor 108.6788 oder 109.1133.
18	Zusammenhang zwischen Energiestromstärke $P$ und Entropiestromstärke $I_s$ .	<p>Zunächst legt man ein Peltier-element, das an den zugehörigen Elektromotor angeschlossen ist, auf die Aluschiene, die sich in Eiswasser befindet. Auf das Peltier-element stellt man das Metallgefäß mit heißem Wasser und registriert die Drehgeschwindigkeit des Motors als Maß für die Stärke des Energiestromes, der aus dem Peltier-element fließt (Durch Messung der elektrischen Spannung an den Anschlüssen des Peltier-elementes hat man eine bessere Kontrolle als durch die Beobachtung der Drehgeschwindigkeit). Dann bringt man zwischen Metallgefäß und Aluschiene ein zweites Peltier-element neben das erste, das</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,</p>

		<p>ebenfalls an einen Elektromotor angeschlossen ist und registriert, dass beide</p>  <p>Motore gleich schnell laufen (gleiche Spannungen erzeugen).</p> <p><b>Je stärker der Entropiestrom durch ein Peltierelement ist, desto stärker ist der Energiestrom, der aus dem Peltierelement herauskommt.</b></p>	<p>2 Kabel 206.0100, 2 Kabel 206.0101, 2 Krokodilklemmen 206.0330, 2 Krokodilklemmen 206.0331, Eis.</p>
19	„ Alternative 1	<p>Man verwendet den Aufbau von 16 und erhöht schrittweise die Eintauchtiefe der Aluschiene ins heiße und kalte Wasser und beobachtet dabei die Drehgeschwindigkeit des Motors (Spannung am Peltierelement).</p> 	<p>QuickCoolSets 107.7102 mit Elektromotor, Digitalmultimeter (mV) 114.4001, heißes Wasser, Eis.</p>
20	„ Alternative 2	<p>Man verwendet den Aufbau wie bei 18 und bedeckt zunächst nur 1/3 der Fläche des Peltierelementes mit dem Metallgefäß. Danach bedeckt man 2/3 des Peltierelementes und schließlich das ganze Fläche des Peltierelementes mit dem Metallgefäß und beobachtet dabei die Drehgeschwindigkeit des Motors (Spannung am Peltierelement).</p> 	<p>QuickCoolSet 107.7102 (Peltierelement, Elektromotor, Aluschiene), Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245, Metallgefäß mit warmem Wasser 104.2061, Kabel 206.0100, Kabel 206.0101, Krokodilklemmen 206.0330, Krokodilklemmen 206.0331, Digitalmultimeter (mV) 114.4001, Eis.</p>
21	Zusammenhang zwischen Energiestromstärke P und Tempera-	<p>Man verwendet den Aufbau von 21, misst die Temperaturdifferenz <math>\Delta T</math> und beobachtet die Drehgeschwindigkeit des Motors (Spannung am Peltierelement).</p>	<p>3 QuickCoolSets 107.7102 (3 Peltierelemente, 3 Elektromotore, Aluschiene),</p>

	<p>turdifferenz <math>\Delta T</math>.</p>	<p>Dann legt man zwei Peltierelemente mit jeweils angeschlossenem Elektromotor übereinander zwischen das Metallgefäß und die Aluschiene, erhöht die Temperaturdifferenz auf <math>2\Delta T</math> 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 <math>3\Delta T</math> und beobachtet wieder die Drehgeschwindigkeit der Motore (Spannungen an den Peltierelementen).</p>  <p><b>Je größer die Temperaturdifferenz desto größer ist die Energiestärke aus der Apparatur.</b>  <b>Insgesamt erhält man das Ergebnis: <math>P = \Delta T \cdot I_S</math></b></p>	<p>Behälter für Eis-Wasser-Gemisch 201.5245,  Metallgefäß mit warmem Wasser  104.2061, (Warmwasserbereiter 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>
22	<p>Entropiestromkreislauf</p>	<p>Man bringt zwei Peltierelemente zwischen die beiden Aluschiene 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>

## 27 Messung von Entropie

Ein Tauchsieder wird über ein Wattmeter in Betrieb genommen und in eine Wassermenge  $m$  mit der Anfangstemperatur  $\vartheta_0$  gebracht. Im Abstand der Zeitintervalle  $\Delta t$  (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  $\Delta t$  erhält man die Entropiemenge  $\Delta S$ , 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.