Ziel:

Es soll die Gleichwertigkeit von mechanischer, elektrischer und thermischer Energie nachgewiesen werden.

Methoden:

Mechanisches Wärmeäquivalent: Erwärmung durch Reibung

Elektrisches Wärmeäquivalent: Wärmeproduktion durch elektrischen Strom in einem Widerstand

Erläuterungen:

Die Umwandlung von mechanischer Arbeit oder elektrischer Energie in Wärme kann leicht vollzogen werden und geschieht bei vielen alltäglichen Vorgängen. Im 19. Jh. wurden die Hauptsätze der Thermodynamik formuliert. Der erste Hauptsatz sagt, dass alle Energieformen gleichwertig sind. Man kann Energie nicht erzeugen oder vernichten sondern nur von einer Form in eine andere umformen. Mit diesen Experimenten sollen die Äquivalente von mechanischer, elektrischer und thermischer Energie überprüft werden.

Theorie:

Wärmelehre, mechanische Arbeit und Energie, Leistung, elektrische Ströme, Stromwärme

Literatur:

Physikalisches Praktikum: Walcher S. 104 ff.,

Geräte:

- 1 Wärmeäquivalent-Grundgerät
- 1 Cu-Trommel
- 1 Nylonschnur
- 1 Gewichtstück 50 N
- 1 Thermometer für Wärmeäquivalent (10 - 30°C)
- 1 Kalorimeter mit Heizung
- 1 Schaltuhr Steinegger

Name:	Klasse: Tc 3	Datum:
Beurteilung:		
Auswertung		
Genauigkeit		
Fehlerrechnung/Fehlerdiskussion		
Protokollführung		
Summe		

Grundlagen:

Mechanisches Wärmeäquivalent

Durch Reibung wird Arbeit verrichtet, welche in Form von Wärme erscheint. In diesem Experiment wird ein Nylonseil um eine zum Teil mit Wasser gefüllte Kupfertrommel geschlungen. Wird an das freie Seilende ein Gewichtstück gehängt und die Trommel gedreht, sodass das Gewichtstück beim Drehen vom Boden abgehoben wird, ist die dabei aufgewandte Reibungsarbeit gleich gross wie die Hubarbeit für das Heben des Gewichtstücks um die Hubhöhe, die aus der Anzahl Umdrehungen und dem Trommelumfang entsteht. $W = G \cdot h$

Durch die Reibung wird die Kupfertrommel und das eingefüllte Wasser erwärmt. Für die Wärme gilt:

$$(1) \quad Q = c \cdot m \cdot \Delta T,$$

wobei die spezifischen Wärmen von Wasser und Kupfer zu berücksichtigen sind. Damit während des Experiments die Ein- bzw. Abstrahlung von der Trommel möglichst wenig Verfälschung des Resultats bringt, ist es gut, mit einer Anfangstemperatur des Wassers ca. 3K unterhalb der Zimmertemperatur zu beginnen. Nach etwa 200 Umdrehungen wird die Trommel auf ca. 3 K über die Zimmertemperatur erwärmt sein. Mechanische Arbeit und Wärme sollten dann übereinstimmen.

Elektrisches Wärmeäquivalent

Fliesst Strom durch einen ohmschen Widerstand, wird Wärme erzeugt. Für die Stromwärme gilt:

$$(2) \quad W = I^2 \cdot R \cdot t = I \cdot U \cdot t$$

Die elektrischen Grössen und die Zeit können leicht gemessen werden. Bei der Wärme ist das Problem der Verluste zu beachten. Wird in das Kalorimeter Wasser eingefüllt, so wird neben dem Wasser auch das Gefäss, das eingetauchte Thermometer und der Rührer erwärmt. Diese Teile lassen sich aber nicht so einfach fassen. In einem eigenen Vorversuch kann der sogenannte Wasserwert des Kalorimeters bestimmt werden. Dieser Wasserwert gibt die Masse Wasser an, welche durch dieselbe Wärmemenge gleich stark wie das Kalorimeter mit den Mess- und Rührgeräten erwärmt würde. Damit kann man das Problem der unterschiedlichen spezifischen Wärmen umgehen.

Messmethoden und Messgeräte:

Wasserwert des Kalorimeters

In einem Mischungsversuch kann der Wasserwert des Kalorimeters ermittelt werden. Das Kalorimeter wird zum Teil mit kaltem Wasser gefüllt. Anschliessend wird heisses Wasser hinzugegeben. Dabei wird das kalte Wasser und auch das Kalorimeter mit den diversen Einsätzen erwärmt. Wird der Wasserwert des Kalorimeters mit x bezeichnet, so erhält man folgende Bilanz:

$$(3) \quad c_W \cdot (m_1 + x) \cdot (T_m - T_1) = c_W \cdot m_2 \cdot (T_2 - T_m)$$

c_W = spezifische Wärme von Wasser

m_1 = Masse kaltes Wasser, m_2 = Masse heisses Wasser

T_1 = Temperatur kaltes Wasser, T_2 = Temperatur heisses Wasser, T_m = Mischtemperatur

x = Wasserwert des Kalorimeters

Mischungsversuche

Bei Mischungsversuchen ist zu beachten, dass die Mischtemperatur erst bei guter Durchmischung der Komponenten abgelesen werden darf. Wird zu lange gewartet, sinkt aber die Temperatur weiter unter die wahre Mischtemperatur, weil meist Wärme durch Konvektion oder Abstrahlung verloren geht. Ebenso ist auf Verdunstung oder Verdampfung zu achten. Am besten ist es, wenn bei Mischversuchen die Temperatur während des Mischens (Umrühren mit dem Thermometer) verfolgt wird.

Strom- und Spannungsmessung

Für die Strom- und Spannungsmessung werden Multimeter verwendet. Achtung auf den Messbereich: Immer mit dem grösseren Messbereich beginnen.

Elektrische Schaltung überprüfen lassen!

Zeitmessung

Am besten ist es, beim elektrischen Wärmeäquivalent mit einer Zeitschaltuhr zu arbeiten. Um eine gleichmässige Erwärmung zu gewährleisten, ist die Flüssigkeit mit einem Rührer ständig zu durchmischen.

Durchführung des Experiments:

Führen Sie Experiment Nr. durch. Ziel ist eine Genauigkeit von 1%.

1. Mechanisches Wärmeäquivalent

Vergleichen Sie die durch Reibung erzeugte Wärme mit der aufgewandten Reibungsarbeit (Füllung der Kupfertrommel ca. 50 - 60 g Wasser, ca. 200 Umdrehungen)

2. Elektrisches Wärmeäquivalent

Vergleichen Sie die durch den elektrischen Strom erzeugte Wärme mit der aufgewandten elektrischen Energie (Wassermenge ca. 300 g, maximaler Strom $I_{\max} = 5 \text{ A}$)