

Längenausdehnung fester Körper



P1291500

Physik

Wärmelehre / Thermodynamik

Temperatur & Wärme



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

20 Minuten



Durchführungszeit

30 Minuten

This content can also be found online at:


<http://localhost:1337/c/639617366cdccd000326fa1d>

PHYWE

Allgemeine Informationen



Anwendung

PHYWE



Abb. 1: Versuchsaufbau

Jeder feste Körper nimmt bei einer gegebenen Temperatur einen bestimmten Raum ein. Er besitzt ein bestimmtes Volumen. Ändert sich die Temperatur eines festen Körpers, so verändert sich i. Allg. auch sein Volumen, d. h. seine Länge, Breite und Höhe.

Auch bei langen festen Körpern, z. B. bei Rohrleitungen, Stahlbrücken, Eisenbahnschienen, Betonfahrbahnen von Autobahnen oder Hochspannungsleitungen, ändert sich bei Temperaturänderung das Volumen und damit die Abmessungen.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE

Vorwissen



Die Schüler sollten Kenntnisse über die Wärmeausdehnung haben und mit der Definition der Begriffe "Längenausdehnungskoeffizienten α " vertraut sein.

Prinzip



Ein Festkörper ändert unter Wärmeeinfluss seine geometrischen Abmessungen, man spricht dabei von Wärmeausdehnung. In diesem Versuch werden verschiedene Metallrohre durch Wasserdampf erwärmt und ihre Längenausdehnung untersucht. Dabei wird die Längenänderung durch einen Zeiger an einer Rollachse verdeutlicht, über die sich das Rohr bewegen kann. Die Längenausdehnung verschiedener Metalle wird qualitativ miteinander verglichen.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE

Lernziel



Verschiedene Materialien dehnen sich unter Wärmeeinfluss unterschiedlich stark aus. Die Längenausdehnung kann durch den materialspezifischen Längenausdehnungskoeffizienten α beschrieben werden. Außerdem soll die Funktionsweise des Rollzeigers erläutert werden.

Aufgaben



1. Qualitativer Vergleich der Längenausdehnung verschiedener Metallrohre.
2. Geometrische Herleitung der Funktionsweise des Rollzeigers.
3. Berechnung des materialspezifischen Längenausdehnungskoeffizienten α .

Sicherheitshinweise

PHYWE



Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Hafttafel mit Gestell, Demo Physik	02150-00	1
2	Klemmhalter, d = 28..36 mm, auf Haftmagnet	02151-06	1
3	Klemmhalter, d = 0..13 mm, auf Haftmagnet	02151-07	1
4	Maßstab für Demo-Tafel	02153-00	1
5	Zeiger für Demo-Tafel, 4 Stück	02154-01	1
6	Stellfläche, magnethaftend	02155-00	1
7	Halter für Brenner, auf Haftmagneten	02162-00	1
8	Halter für Drahtnetz, auf Haftmagneten	02163-00	1
9	Drahtnetz mit Keramik, 160 x 160 mm	33287-01	1
10	Auflagebuchse für Längenausdehnung	04231-55	1
11	Messingrohr, d = 8 mm , l = 430 mm	04234-11	1
12	Eisenrohr, d = 8 mm , l = 430 mm	04234-12	1
13	Aluminiumrohr, d = 8 mm , l = 430 mm	04234-13	1
14	Rollachse mit Zeiger, Achsdurchmesser 3 mm	04236-01	1
15	Erlenmeyerkolben, Boro, 100 ml, SB 29	MAU-EK17082301	1
16	Glasröhrchen, d = 8 mm, l = 80 mm, 10 Stück	MAU-16074541	1
17	Gummistopfen 26/32, Bohrung 7 mm	39258-01	1
18	Silikonschlauch, Innen-d = 6 mm, lfd. m	47530-00	1
19	Butanbrenner mit Kartusche, 220 g	32180-00	1
20	Glycerin, 250 ml	30084-25	1
21	Siedesteinchen, 200 g	36937-20	1
22	Tauchfühler, NiCr-Ni, Edelstahl, -50...400°C	13615-03	1
23	PHYWE Demo-Multimeter ADM 3: Strom, Spannung, Widerstand, Temperatur	13840-00	1

PHYWE

Aufbau und Durchführung



Aufbau (1/4)

PHYWE



Abb. 2: Materialien

1. Setze den magnetischen Halter für den Butanbrenner links unten auf die Demotafel. (Abb. 3)
2. Befestige den Drahtnetzhalter mit Drahtnetz entweder bei der 240 (Butanbrenner) oder bei der 180 (Bunsenbrenner) Markierung.
3. Fülle den Erlenmeyerkolben zur Hälfte mit Wasser und füge ebenfalls zwei Siedesteinchen hinzu.
4. Schiebe das 80 mm Glasröhrchen mithilfe von Glycerin in den Gummistopfen und verschließe damit den Erlenmeyerkolben.

Aufbau (2/4)

PHYWE

5. Stecke auf das Ende des Glasröhrchens den Silikonschlauch.
6. Setze den Erlenmeyerkolben mithilfe des Klemmhalters (28 bis 36 cm) oberhalb des Bunsenbrenners auf die Tafel und senke ihn auf das Drahtnetz ab.
7. Bereite nun die Metallrohrinstallation vor. Füge die Rohre jeweils über zwei Einkerbungen im Abstand von $l = 500$ mm sowie ein abgeschrägtes Ende ein. Arretiere wie in Abb. 3 gezeigt, die Kerbe am abgeschrägten Ende der Auflagebuchse für Längenausdehnung und auf der anderen Kerbe die Klemmhalterung (0 bis 13 mm). Beginne z.B. mit dem Aluminium-Rohr.



Abb. 3: Versuchsaufbau

Aufbau (3/4)

PHYWE
 excellence in science

8. Setze nun die Stellfläche mit der flachen Seite nach oben rechts auf die Tafel. Positioniere das Rohr mittig auf der Tafel, und verbinde es mit dem Silikonschlauch am gerade Enden. Rechts liegt es auf der Stellfläche auf.
9. Das Rohr sollte nach rechts hin leicht abschüssig liegen, damit kondensierendes Wasser ablaufen kann.
10. Baue nun die Rollachse auf (Abb. 4). Stecke dazu den Zeiger mit der Seite des Gegengewichts durch das Loch in der Stellfläche. Die Rollachse liegt dann auf der Stellfläche auf. Achte auf einen rechten Winkel zwischen Rollachse und Tafel, damit der Zeiger beim Ausschlag nicht an der Tafel reibt und sich frei bewegen kann.

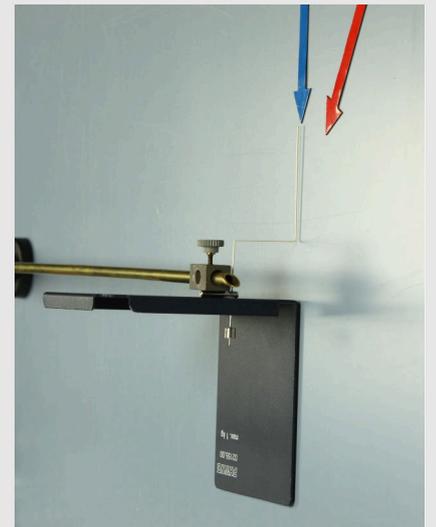


Abb. 4: Rollzeiger

Aufbau (4/4)

PHYWE

11. Drehe das Rohr am Ende mit dem Klemmhalter mit der Auflagebuchse auf die Rollachse, sodass genügend Auflagedruck gewährleistet ist. Die Position der Rollachse kann nachträglich vorsichtig optimiert werden.

12. Verbinde den Stecker von dem Temperaturfühler mit dem ADM 3. Verwende zur Messung der Raumtemperatur das ADM 3.



Abb. 5: Versuchsaufbau

Durchführung (1/2)

PHYWE

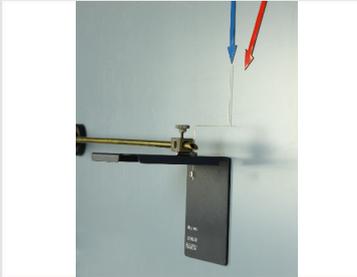


Achtung! Das Rohr sowie der Wasserdampf, der am Ende austreten wird, sind heiß. Es besteht Verbrennungsgefahr!

1. Stelle den Zeiger senkrecht und markiere seine Ausgangsposition eng am Zeiger mit einem blauen Pfeil. Stoße während des Experiments weder gegen Rohr noch Zeiger!
2. Schalte den Bunsenbrenner ein, bringe das Wasser zum Sieden und warte, bis Dampf aus dem Rohrende austritt. Stelle ein Becherglas unter, um Kondenswasser aufzufangen.
3. Beobachte den Zeiger und warte, bis er sich nicht mehr bewegt. Markiere die Endposition mit einem roten Pfeil eng am Zeiger.
4. Messe den Abstand s zwischen rotem und blauem Pfeil.

Durchführung (2/2)

PHYWE



5. Lass das Rohr ein wenig abkühlen und baue es mithilfe eines Lappens aus.

6. Wiederhole das Experiment mit den Rohren aus unterschiedlichem Material.

Außerdem:

1. Bestimme die Raumtemperatur mit dem ADM 3.

2. Messe die Zeigerlänge a von der Mitte der Rollachse bis zur Spitze.

PHYWE

Protokoll



Beobachtung

PHYWE

Der Rollzeiger bewegt sich bei der Erwärmung des Rohres und erreicht eine Maximalauslenkung.
Aluminium ruft den größten Maximalausschlag hervor, Stahl den geringsten Ausschlag.

Auswertung (1/6)

PHYWE

Material	s in mm
Aluminium	23
Messing	19
Stahl	12

Tab. 1

Es folgen zunächst beispielhaft Messergebnisse (Tabelle 1):

Länge der Metallrohre = 500 mm

Radius der Rollachse = 2 mm

Länge des Zeigers = 102 mm

Raumtemperatur = 23 °C

Siedetemperatur = 100 °C

Auswertung (2/6)

PHYWE

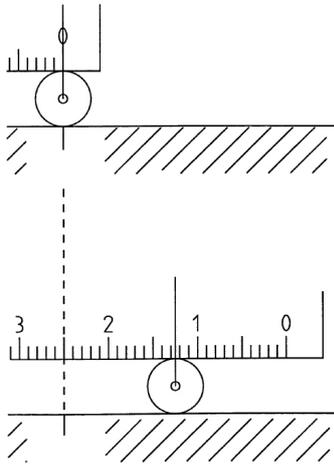


Abb. 10: Rollbewegung

a) Geometrie des Rollzeigers

1. Es soll eine Beziehung zwischen dem Ausschlag des Rollzeigers s und der Längenausdehnung Δl hergeleitet werden.

Dabei helfen Abb. 10 und 11

Auswertung (3/6)

PHYWE

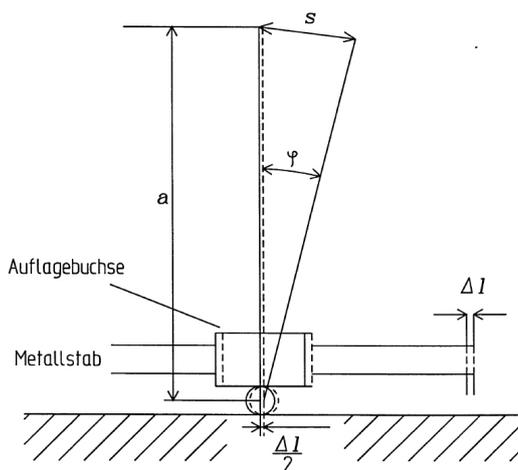


Abb. 11: Geometrie des Rollzeigers

2. Um sich mit der Funktionsweise vertraut zu machen, sollen die Schüler mit einem Lineal (stellvertretend für das Rohr mit Auflagebuchse) die Rollachse auf einer Kante um 360° drehen. Das Ergebnis spiegelt Abb. 10 wider:

Verschiebung des Lineals 2,5 cm

Bewegung des Rollzeigers 1,25 cm

Umfang des Rollzeigers 1,25 cm

Auswertung (4/6)

PHYWE

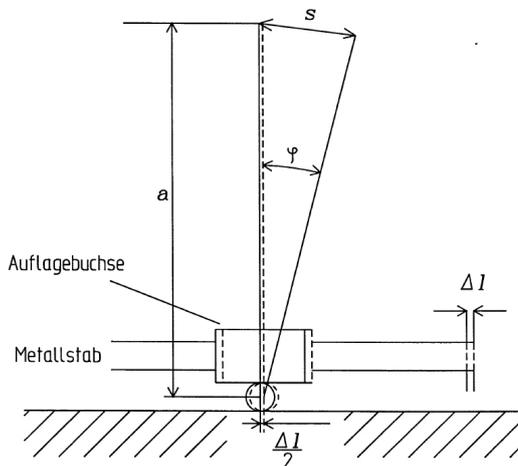


Abb. 12: Geometrie des Rollzeigers

3. Bewegt sich das Lineal um die Strecke Δl , so bewegt sich der Rollzeiger um die Strecke $\Delta l/2$. Die gerollte Strecke kann über den Umfang der Achse $2\pi r$ in Bezug zum Ausschlagswinkel ϕ gesetzt werden:

$$\Delta l/2 = 2\pi \cdot r \cdot \frac{\phi}{360^\circ}$$

4. Nun wird die Strecke s in Bezug zum Winkel gesetzt. Sie entspricht dem Kreisbogen, der zum Winkel ϕ gehört. Dabei wird die Strecke $\Delta l/2$ vernachlässigt. (Eine Berechnung über Tangens oder Sinus des Drehwinkels ergäbe im Rahmen der Messgenauigkeit gleiche Ergebnisse)

$$\phi = s \cdot \frac{360^\circ}{2\pi a}$$

Auswertung (5/6)

PHYWE

b) Nun sollen die Längenausdehnung Δl sowie der Ausdehnungskoeffizient α berechnet werden.

1. Die Längenausdehnung ist von der Temperaturdifferenz ($T_1 - T_0$) und der Länge des eingespannten Rohres l_0 abhängig. Beide Größen werden durch den Längenausdehnungskoeffizienten α in Bezug gesetzt:

$$\Delta l = \alpha \cdot l_0 \cdot (T_1 - T_0)$$

2. Die obigen Formeln können zu einer endgültigen Formel zusammengefasst werden:

$$\alpha = s \cdot \frac{2 \cdot r \cdot s}{a \cdot l_0 \cdot (T_1 - T_0)}$$

Die endgültigen Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführt, ebenso wie der Literaturwert für α :

Auswertung (6/6)

PHYWE

Material	s in mm	ϕ in Grad	Δl in mm	α in 10^{-6} I/K	Literaturwert α in 10^{-6} I/K
Aluminium	23	12,9	0,90	23	23,7
Messing	19	10,7	0,75	19	18,3
Stahl	12	6,7	0,47	12	10

Tab. 2