

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG  
Robert-Bosch-Breite 10  
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0  
Fax +49 (0) 551 604-107  
E-Mail [info@phywe.de](mailto:info@phywe.de)  
Internet [www.phywe.de](http://www.phywe.de)

### Betriebsanleitung

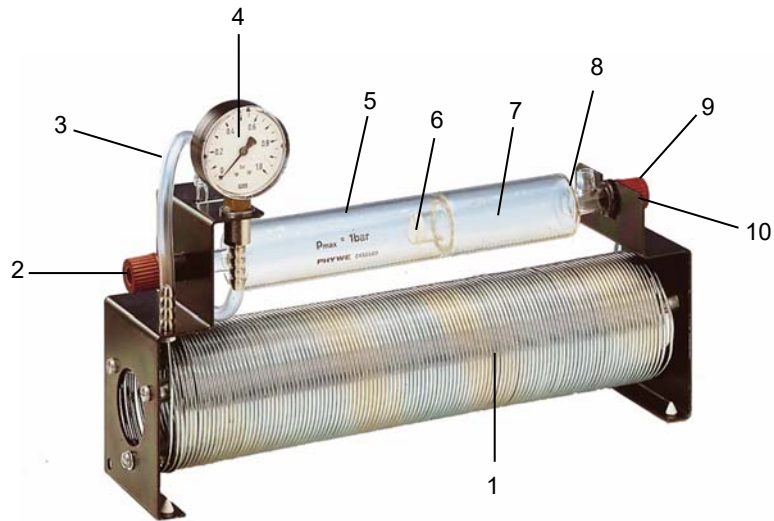


Abb. 1: Joule-Thomson-Apparatur 04361-00

## INHALTSVERZEICHNIS

- 1 SICHERHEITSHINWEISE
- 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN
- 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE
- 4 HANDHABUNG
- 5 EXPERIMENT
- 5 TECHNISCHE DATEN
- 6 ZUBEHÖR
- 7 GARANTIEHINWEIS
- 8 ENTSORGUNG

## 1 SICHERHEITSHINWEISE



**Achtung!**

- Vor Inbetriebnahme des Gerätes ist die Betriebsanleitung sorgfältig und vollständig zu lesen. Sie schützen sich und vermeiden Schäden an Ihrem Gerät.
- Achten Sie darauf, dass keine Flüssigkeiten in das Gerät gelangen.
- Das Gerät ist nur zum Betrieb in trockenen Räumen, die kein Explosionsrisiko aufweisen, vorgesehen.
- Das Gerät nicht in Betrieb nehmen, wenn Beschädigungen sichtbar sind.
- Verwenden Sie das Gerät nur für den dafür vorgesehenen Zweck.

## 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Die Joule-Thomson-Apparatur (Abb. 1) ist ein Demonstrations- und Praktikumsgerät zur Bestimmung des Joule-Thomson-Koeffizienten. Die Joule-Thomson-Apparatur ist mit einem Wärmetauscher versehen. Dieser Wärmetauscher bringt das am Druckminderventil der Gasflasche abgekühlte Gas wieder auf Raum- und damit auf Systemtemperatur. Das Gas wird zur Messung des Joule-Thomson-Koeffizienten an einer Fritte von dem am Manometer angezeigten Überdruck auf Umgebungsdruck expandiert. Als Splitterschutz ist der gläserne Teil der Apparatur mit einem durchsichtigen Kunststoff ummantelt. Die Joule-Thomson-Apparatur arbeitet in einem Überdruckbereich bis 1 bar und wird prinzipiell bei Raumtemperatur betrieben.

### 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

#### 3.1 Der Joule-Thomson-Effekt

Dehnt sich ein ideales Gas, ohne äußere Arbeit zu verrichten, aus, so tritt keine Abkühlung ein. Ein reales Gas jedoch kühlt sich auch in diesem Fall ab, da beim realen Gas, im Gegensatz zum idealen Gas, Kräfte zwischen den Molekülen wirken. Es muss bei der Expansion immer Arbeit gegen diese Kräfte verrichtet werden. Das Gas wird daher bei der Expansion kälter, wenn ein Wärmeaustausch mit der Umgebung vermieden wird.

Dem Luftwärmetauscher 1 der Joule-Thomson-Apparatur wird das zu untersuchende Gas über die Schlaucholive 10 zugeführt. Vom Luftwärmetauscher gelangt das Gas über den PVC-Schlauch 3 und das Manometer 4 in den Druckbehälter 5. Eine Fritte 6 verbindet diesen mit einem Behälter 7, in dem Umgebungsdruck herrscht. Die Schraubverschlüsse 9 und 2 dienen zum Halten von zwei Temperaturmessfühlern.

### 4 HANDHABUNG

Eine komplette Versuchsanordnung ist in Abb. 2 dargestellt. Zur Messung der Temperaturen ist das Temperaturmessgerät 4-2 (13618-00) besonders geeignet, da es in der Messart Differenzmessung die Temperaturdifferenz zwischen zwei Sonden auf 0,01 K genau anzeigt. Benutzt werden die Tauchfühler NiCr-Ni (13615-05); sie sind so in den Schraubverschlüssen 2 und 9 zu befestigen, dass ihre Spitzen ca. 2,5 mm Abstand zur Fritte haben.

Der Geräteeingang (Schlaucholive 10) ist mit dem Druckminderventil der vorgesehenen Gasflasche zu verbinden (Druckschlauch und 2 Schlauchschellen im Lieferumfang). Beim Einstellen des Druckes ist zu beachten, dass der vom Druckminderventil angezeigte Druck wegen des Druckabfalls im Wärmetauscher um einige bar größer ist, als der am Manometer 4 angezeigte Überdruck. Dieser darf den für das Joule-Thomson-Rohr maximal zulässigen Wert von 1 bar nicht überschreiten, deshalb die Gasaustrittsöffnung 8 während des Betriebes keinesfalls verschließen! Im Versuch werden verschiedene Wertepaare Druck-Temperaturdifferenz gemessen (zweckmäßigerweise vom höheren zum tieferen Druck übergehend) und in einem Diagramm aufgetragen; die Steigerung der Geraden ist dann

#### Hinweise zum Experiment

- Die gesamte Apparatur muss wenigstens eine Stunde lang in dem Raum stehen, in dem das Experiment durchgeführt werden soll, damit alle Teile die gleiche Temperatur haben.
- Die Apparatur kann nur dann einwandfrei arbeiten, wenn der am Druckminderventil vor dem Wärmetauscher angezeigte Druck einige bar beträgt.
- Das digitale Temperaturmessgerät sollte wenigstens eine halbe Stunde vor Messbeginn eingeschaltet werden, damit die Drift der Anzeige zwischen den Messungen vernachlässigbar bleibt. (Besonders wichtig bei der Messung an Stickstoff, weil hier die maximal erzielbare Temperaturdifferenz nur 0,3 K beträgt.).
- Das Gas sollte bei konstantem Druck etwa 1,5 Minuten strömen, damit sich ein Temperaturgleichgewicht einstellen kann. Der Wert von  $\Delta T$  sollte über 10 bis 15 Sekunden beobachtet und gemittelt werden, bevor er protokolliert wird.

- Der Joule-Thomson-Koeffizient wird aus der Steigung der Geraden  $\Delta T(\Delta p)$  bestimmt. Diese Gerade schneidet die  $\Delta T$ -Achse normalerweise nicht, wie theoretisch erwartet, bei  $\Delta T=0$ . Der Schnittpunkt kann bei jeder durchgeführten Messreihe verschieden sein. Ursache: Der Nullabgleich wird bei ruhendem Gas vorgenommen; dies sind keine günstigen Bedingungen für einen Temperaturengleich zwischen den Messstellen, was zur Folge hat, dass die Messstellen bei der Anzeige  $\Delta T=0$  in der Regel verschiedene Temperaturen haben. Dieser Fehler bewirkt eine Verschiebung der Messgeraden in y-Richtung, ist aber ohne Einfluss auf ihre Steigung.

### 5 EXPERIMENT

Joule-Thomson-Effekt

P2320600



### 5 TECHNISCHE DATEN

- Kunststoff-ummanteltes Glasrohr mit Drosselstelle und 2 Messstellen für NiCr-Ni-Temperaturfühler
- Rahmengestell mit Manometer und Wendel aus vernickeltem Kupferkapillarrohr
- Druckbereich 0...0,1 MPa
- Teilung 5 kPa
- Rohrlänge/-durchmesser (mm): 250/46
- Kupferwendel 37,5 m/ 132 Windungen

### 6 ZUBEHÖR

Joule-Thomson-Apparatur (mit Druckschlauch und 2 Schlauchschellen)	04361-00
Temperaturmessgerät 4-2	13618-00
Universal Netzteil 3 V / 300 mA	11078-99
Tauchfühler NiCr-Ni, Teflon, 300°C (2x)	13615-05

#### Gasquellen mit Zubehör:

Stahlflasche CO <sub>2</sub> , 10 l	41761-00
Druckminderventil für CO <sub>2</sub>	33481-00
Stahlflasche N <sub>2</sub> , 10 l	41763-00
Druckminderventil für N <sub>2</sub>	33483-00
Maulschlüssel für Stahlflaschen	40322-00
Wagen für zwei 10l-Druckgasflaschen	41790-20
Schlauchschelle für d= 12-20 mm	40995-00
Gummischlauch-Vakuum, d <sub>i</sub> = 8 mm	39288-00

## 7 GARANTIEHINWEIS

Für das von uns gelieferte Gerät übernehmen wir innerhalb der EU eine Garantie von 24 Monaten, außerhalb der EU von 12 Monaten. Von der Garantie ausgenommen sind: Schäden, die auf Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, unsachgemäße Behandlung oder natürlichen Verschleiß zurückzuführen sind.

Der Hersteller kann nur dann als verantwortlich für Funktion und sicherheitstechnische Eigenschaften des Gerätes betrachtet werden, wenn Instandhaltung, Instandsetzung und Änderungen daran von ihm selbst oder durch von ihm ausdrücklich ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

## 8 ENTSORGUNG

Die Verpackung besteht überwiegend aus umweltverträglichen Materialien, die den örtlichen Recyclingstellen zugeführt werden sollten.



Dieses Produkt gehört nicht in die normale Müllentsorgung (Hausmüll).

Soll dieses Gerät entsorgt werden, so senden Sie es bitte zur fachgerechten Entsorgung an die untenstehende Adresse.

PHYWE Systeme GmbH & Co. KG  
Abteilung Kundendienst  
Robert-Bosch-Breite 10  
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-274  
Fax +49 (0) 551 604-246