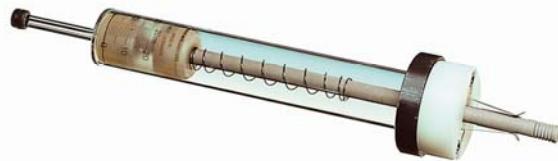


PHYWE Systeme GmbH & Co. KG  
Robert-Bosch-Breite 10  
D-37079 Göttingen

Telefon +49 (0) 551 604-0  
Fax +49 (0) 551 604-107  
E-mail info@phywe.de



## Betriebsanleitung

Abb. 1: 02611-00 Kolbeneudiometer, beheizbar

## INHALTSVERZEICHNIS

### 1 SICHERHEITSHINWEISE

### 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

### 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

### 4 HANDHABUNG

### 5 EXPERIMENTE

### 6 TECHNISCHE DATEN

### 7 ZUBEHÖR

### 8 GARANTIEHINWEIS

### 9 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.
- Das Gerät nicht in Betrieb nehmen, wenn Beschädigungen am Gerät sichtbar sind.

- Verwenden Sie das Gerät nur für den dafür vorgesehenen Zweck.
- Der Umgang mit dem Kolbeneudiometer erfordert die Beachtung bestimmter Maßnahmen zur Unfallverhütung; denn man bedenke immer, dass hier in einem Gerät aus Glas explosionsartig verlaufende Reaktionen durchgeführt werden. Bei Beachtung der folgenden Maßnahmen erreicht man mit dem Kolbeneudiometer ein genügendes Maß an Sicherheit vor Unfällen:
  - a) Das Gerät ist ausschließlich im Lehrerversuch einzusetzen. Es darf nicht durch Schüler bedient werden.
  - b) Zur Schülerseite hin sind die Versuchsaufbauten immer durch Schutzscheiben abzusichern. Für den Experimentator ist eine Schutzbrille empfehlenswert.
  - c) Der Zylinderinnenraum und der Kolben müssen immer sauber und frei von Fremdkörpern sein, damit keine Kolbenverklemmungen entstehen können. Daher ist vor jeder Inbetriebnahme die Leichtgängigkeit des Kolbens zu überprüfen.
  - d) Die zu zündenden Gasgemische sollten auf das von der Sache her notwendige Volumen begrenzt werden. In dem in Kap. 5 angegebenen Experimentierbeispielen sind empfehlenswerte Volumina solcher Gemische angegeben. Grundsätzlich sollte man sich zur Regel machen, dass bei der Umsetzung der eingesetzten Gasvolumina höchstens 80 J Wärmeenergie frei werden dürfen. Wenn möglich, sollte man darunterbleiben. Beispiel der Berechnung der Energiegehalte: Die Wasserstoff/Sauerstoffreaktion verläuft gemäß  $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$  mit der Reaktionsenthalpie  $\Delta H = -286 \text{ kJ/mol}$ . Unter der Annahme eines Molvolumens von 22,4 l ergibt sich, dass bei der Umsetzung von 1 ml  $H_2$  mit 1/2 ml  $O_2$  ein Energiebetrag von 12,8 J frei wird. Es dürfen somit im Eudiometer maximal 6 ml  $H_2$  mit der entsprechenden Menge Sauerstoff umgesetzt werden.

- e) Gemische von Kohlenwasserstoffen mit Sauerstoff dürfen auf Grund der hohen Energiegehalte und der Heftigkeit der Reaktionen (Brisanz) nicht im Kolbeneudiometer gezündet werden!
- f) Das Eudiometer sollte nicht bei aufwärts zeigendem Ende der Kolbenstange gezündet werden, da hierbei höhere Drücke entstehen. Die Zündung darf nur bei waagerechter Stellung des Gerätes (beheiztes Eudiometer) oder bei aufwärts zeigendem Glasstutzen (unbeheiztes Eudiometer) erfolgen.
- g) Die Konstruktion des Eudiometers ermöglicht nur die Zündung von maximal 20 ml Gasgemisch. Diese dürfen jedoch nur bei Mischungen mit Luft (nicht aber mit reinem Sauerstoff!) voll ausgenutzt werden.
- h) Es dürfen nur Gasgemische gezündet werden, bei denen sichergestellt ist, dass nach der Reaktion ein ausreichendes Gaspolster zum Abbremsen des zurück-schnellenden Kolbens im Reaktionsraum verbleibt. Insbesondere dürfen Reaktionen von stöchiometrischen Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischen nur in dem auf über 100°C aufgeheizten Eudiometer durchgeführt werden.

## 2 ZWECK UND EIGENSCHAFTEN

Das beheizbare Kolbeneudiometer 02611-00 dient zur volumetrischen Untersuchung von Gasreaktionen. Durch Aufheizen auf Temperaturen oberhalb 100°C im Glasmantel eignet sich das Gerät z.B. auch zur quantitativen Volumenbestimmung des bei der Oxidation von Wasserstoff (Knallgasreaktion) entstehenden Wasserdampfes.

Es wird bevorzugt eingesetzt, um

- eine Aussage über die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte von Gasreaktionen machen zu können,
- nachzuweisen, dass elementare Gase – soweit sie nicht Edelgase sind- zweiatomige Moleküle bilden,
- das Volumengesetz von Gay Lussac zu erarbeiten P3022100,
- das Gesetz von Avogadro zu bestätigen P3111000.

## 3 FUNKTIONS- UND BEDIENELEMENTE

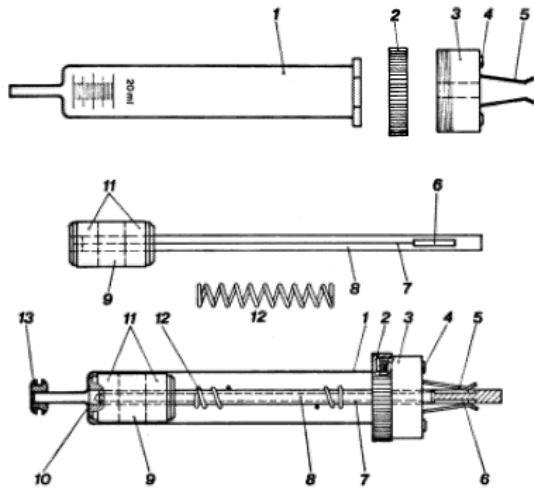


Abb. 2

In der Abbildung 2 ist das, in seine Einzelteilkomponenten zerlegte Kolbeneudiometer, sowie das zusammengesetzte Gerät schematisch dargestellt.

Das Kolbeneudiometer besteht aus einem Glaszyylinder (1) mit kapillarem Ansatzrohr. In Maß und Form entspricht dieser Zylinder der einer Gasspritze 100 ml welcher mit einer Skala von 0... 20 ml versehen ist.

Auf diesen Zylinder wird eine Überwurfmutter (2) geschoben, mit der ein Deckel aus Kunststoff (3) an das offene Ende des Zylinders angeschraubt wird.

Am Deckel sind zwei mit der Steckbuchse (4)  $d = 4$  mm verbundene Kontaktfedern (5) befestigt. Eine zentrale Bohrung im Deckel dient zur Aufnahme und Führung der Kolbenstange (8).

In den Zylinder einsteckbar ist ein Kolben, der aus einem kurzen Glaszyylinder (9) mit zwei temperaturbeständigen Silikonstopfen (11) und einer Kolbenstange (8) besteht. Am Ende der Kolbenstange befinden sich zwei Schleifkontakte (6), von denen Leitungsdrähte (7) ausgehen, die in der Kolbenstange versenkt geführt sind; sie enden in einer Vertiefung am Kolbenkopf und bilden dort die Funkenstrecke (10).

Eine Wendelfeder aus Stahl (12), die auf die Kolbenstange aufgeschoben wird, dient zur Abfederung des durch die Reaktion im Eudiometer zurückgeschleuderten Kolbens.

Eine Gummikappe (13) (aus 02615-00) dient zum Verschließen des kapillaren Ansatzrohres am Zylinder. Durch diese Gummikappe hindurch wird das Gasgemisch mit einer Spritze injiziert; der Kanülen-Durchmesser darf nicht größer sein als 0,5 mm sein.

Zur Erzeugung eines Zündfunkens dient der Zündfunkengeber 11155-00, der mittels Verbindungsleitungen an die beiden Steckbuchsen (4) angeschlossen wird.

## 4 HANDHABUNG

### 4.1 Kolbeneudiometer ohne Heizung

Vor jedem Gebrauch des Kolbeneudiometers und überprüfe man zunächst die Leichtgängigkeit des Kolbens im Zylinder. Der Kolben muss sich bei offenem kapillarem Ansatzrohr (also bei abgenommener Gummikappe) leicht hin- und herschieben lassen. Klemmt der Kolben (z.B. infolge von Verschmutzung oder nicht richtigem Zusammenbau) so ist die Ursache zu suchen und zu beseitigen. **Mit schwergängigem Eudiometer nicht betrieben werden, da sonst Gefahr der Zerstörung des Glaszyinders besteht!**

Ist die Prüfung auf Leichtgängigkeit positiv verlaufen, dann schließt man dem Zündfunkengeber an das Eudiometer an. Der Kolben ist bis zum Anschlag einzuschieben und so zu drehen, dass ein sicherer elektrischer Kontakt zwischen den Federn (5) und den Schleifkontakten (6) gewährleistet ist.

Nun füllt man die zur Reaktion zu bringenden Gase in das Eudiometer ein. Zu diesem Zweck verschließt man das Ansatzrohr mit einer Gummikappe (Blindtülle) und füllt die Gase mit Hilfe einer Injektionsspritze, mit deren Kanüle man die Gummikappe durchsticht, in genau abgemessenen Mengen ein. Ist einer der Reaktionspartner Luft, so kann man auch bei zunächst abgenommener Gummikappe durch Zurückziehen des Kolbens die gewünschte Luftmenge einsaugen; anschließend wird das Eudiometer mit der Gummikappe verschlossen und wie oben beschrieben mit den übrigen zur Reaktion zu bringenden Gasen gefüllt. Zum Zünden hält man nun das Eudiometer so, dass das Ansatzrohr ungefähr senkrecht nach oben weist, und drückt dann mit der anderen Hand kurz auf den Zündfunkengeber.



## Achtung!

- Gemische von Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff dürfen auf Grund der hohen Energiegehalte und der Brisanz der Reaktionen nicht im Kolbeneudiometer gezündet werden. Die Volumina der gezündeten Gasmengen sind stets so zu bemessen, dass die freigesetzte Wärmeenergie 80 J nicht übersteigt. Dies ist sichergestellt, wenn man sich an die im Kapitel 5 empfohlenen Versuchsbeispiele hält.
- Das Eudiometer ist aus Sicherheitsgründen so konstruiert, dass nur Gasvolumina bis maximal 20 ml gezündet werden können. Dieses Volumen darf jedoch nur bei Reaktionen mit Luft voll ausgeschöpft werden.
- Grundsätzlich dürfen im kalten Eudiometer nur Reaktionen durchgeführt werden, bei denen entweder ein Teil des gasförmigen Ausgangsgemisches übrigbleibt (z.B. Stickstoff oder ein Überschuss an Sauerstoff) oder ein gasförmiges Reaktionsprodukt entsteht (z.B. Kohlenstoffdioxid).

## 4.2 Eudiometer in Verbindung mit einer Aufheizvorrichtung

Das Eudiometer kann nach Einbau in den Glasmantel 02615-00) beheizt werden. Die Technik des Einbaus ist in der Bedienungsanleitung des Glasmantels beschrieben. Aufgeheizt wird das in den Glasmantel eingebaute Eudiometer mit dem elektrischen Heizergerät 32246-93.

Der Glasmantel wird nach dem Einbau des Eudiometers mit 4molarer Kochsalzlösung gefüllt, die einen Siedepunkt von 103 bis 104°C hat. Zu ihrer Herstellung löst man 120 g gewöhnliches Kochsalz in 500 ml Wasser restlos auf.

Da diese Lösung im Glasmantel auf Siedetemperatur aufgeheizt wird, müssen unbedingt einige Siedesteinchen dazu gegeben werden, um einen gleichmäßigen Siedevorgang zu erreichen.

Den durch den Siedevorgang entstehenden Wasserdampf leitet man über den Glasrohrstutzen am Glasmantel mittels eines Gummischlauchs in ein Becherglas ab.

In die senkrechten Glasrohrstutzen mit Verbindungskappen setzt man chemische Thermometer mit einem Messbereich von -10... +110°C ein.

Die Abbildung 3 zeigt das beheizte Eudiometer; es empfiehlt sich, den Glasmantel zusätzlich gegen Verdrehen zu sichern, indem man ihn über zwei Universalklemmen mit Gelenk (an seiner Schraubkappe und seiner Überwurfmutter) mit Hilfe von üblichem Stativmaterial gehalten.

Für die weitere Handhabung sind die grundsätzlichen Ausführungen von 4.1 zu berücksichtigen. Darüber hinaus ist beim beheizten Kolbeneudiometer darauf zu achten, dass die Gummikappe voll auf das Ende des Glasrohrstutzen aufgeschoben ist und in dieser Stellung gerade die Schraubkappe des Glasmantels berührt. Auf diese Weise wird die Bildung einer Abkühlungsfläche im Glasrohrstutzen verhindert, die sonst das Versuchsergebnis (Kondensation) beeinträchtigen würde.

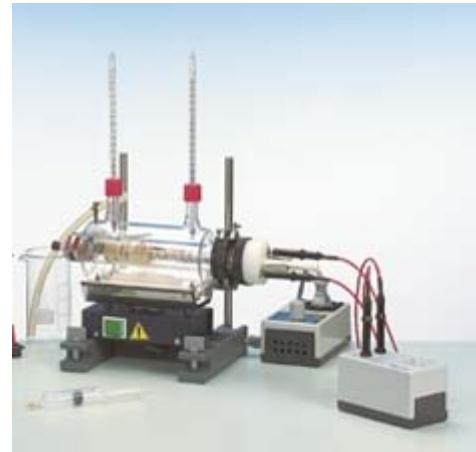


Abb. 3

Dann heizt man das Eudiometer mittels des elektrischen Heizergerätes auf. Sobald die Salzlösung siedet, injiziert man durch die Gummikappe hindurch die zur Reaktion zu bringenden Gase und zündet sie mit dem Zündfunkengeber.

## 5 EXPERIMENTE

Es empfiehlt sich, die für die einzelnen Experimente benötigten Gasvorräte entweder in einer Gasspritze oder in einer Gasbar 40466-00 (Abb. 4) zu bevoorraten. Beide Gefäße werden nach dem Füllen mit Gummikappen verschlossen, so dass die Gase mit Injektionsspritzen problemlos entnehmbar sind.



Abb. 4

### 5.1 Unbeheiztes Eudiometer

#### 5.1.1 Reaktion von Wasserstoff und Luft

Empfohlene Gasvolumina:

10 ml Luft, 4 ml Wasserstoff. Die Reaktionsenergie beträgt dann 51 J.

Ergebnis: Nach der Zündung und einer kurzen Abkühlzeit beobachtet man ein Restgasvolumen von 8 ml und einen Wasserbeschlag der Innenwand.

#### Zusatzversuch

Nach nochmaliger Zugabe von 4 ml Wasserstoff ergibt sich keine Reaktion. Die 8 ml Restgas aus dem ersten Versuch enthalten also keinen Sauerstoff mehr, d.h. Luft besteht nur zu 1/5 aus Sauerstoff (2 ml von 10 ml).

## 5.1.2 Reaktion stöchiometrischer Mengen von Wasserstoff und Sauerstoff

Empfohlene Gasvolumina:

10 ml Luft, 4 ml Wasserstoff, 2 ml Sauerstoff. Die Reaktionsenergie beträgt dann 51 J.

Ergebnis: Das Restgasvolumen beträgt entsprechend der vorgegebenen Luftmenge 10 ml, d.h. Wasserstoff und Sauerstoff haben unter Wasserbeschlag vollständig miteinander reagiert. Eine nochmalige Zugabe von 4 ml Wasserstoff ergibt eine erneute Reaktion mit 8 ml Restgasvolumen. (Vgl. Versuch 5.1.1)

**Achtung!** Die zu Beginn eingefüllte Luft ist erforderlich, um den nach der Expansion wieder zurück schnellenden Kolben abzufedern, so dass dieser nicht auf die Stirnwand des Eudiometers schlägt.

## 5.1.3 Reaktion stöchiometrischer Mengen von Kohlenstoffmonoxid und Sauerstoff ( $2 \text{ CO} + \text{ O}_2 \rightarrow 2 \text{ CO}_2$ )

Empfohlene Gasvolumina:

6 ml Kohlenstoffmonoxid, 3 ml Sauerstoff. Die Reaktionsenergie beträgt dann 76 J.

Ergebnis: Restgasvolumen 6 ml

Das Kohlenstoffmonoxid kann aus Ameisensäure durch Wasserentzug mit konzentrierter Schwefelsäure dargestellt werden.

## 5.2 Beheiztes Eudiometer

Bei allen Experimenten mit dem beheizten Eudiometer ist zu beachten, dass sich die bei Zimmertemperatur abgemessenen Gase im Eudiometer ausdehnen. Bei der quantitativen Auswertung der Experimente ist das Gasvolumen nach der Reaktion stets mit den Volumina zu vergleichen, die die eingefüllten Gase im erwärmeden Zustand eingenommen hatten. Die folgenden Experimente dürfen nur durchgeführt werden, wenn die Kochsalzlösung im Glasmantel siedet. Bei zu niedrigen Temperaturen kann das Eudiometer durch den zurück schnellenden Kolben zerstört werden.

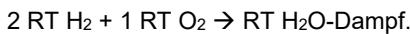
### 5.2.1 Reaktion eines stöchiometrischen Gemischs aus Wasserstoff und reinem Sauerstoff

Empfohlene Gasvolumina:

4 ml Wasserstoff, 2 ml Sauerstoff (bei Zimmertemperatur).

Die Reaktionsenergie beträgt dann 51 J.

Ergebnis: Im beheizten Eudiometer nimmt der Wasserstoff vor der Zündung ein Volumen von etwas mehr als 5 ml, der Sauerstoff von etwas mehr als 2, 5 ml ein. Das Gesamtvolumen beträgt also knapp 8 ml. Nach der Zündung stimmt das Gasvolumen im beheizten Eudiometer mit dem Volumen des ursprünglich eingefüllten Wasserstoffs überein; in Raumteilen (RT) ausgedrückt ergibt sich



### 5.2.2 Chlorknallgasreaktion ( $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{ HCl}$ )

#### Vorbemerkung

Der Versuch sollte nicht im direkten Sonnenlicht oder unter Einwirkung eines starken Lichtstrahlers durchgeführt werden, um eine vorzeitige Entzündung des Chlorknallgasgemisches zu vermeiden. Wegen der Gefahr spontaner Reaktionen von Chlorknallgas sollen Chlor und Wasserstoff grundsätzlich nacheinander in das Eudiometer injiziert werden, so dass das explosive Gemisch erst im Eudiometer entsteht.

Das Eudiometer wird bei diesem Versuch deshalb beheizt, weil bei Raumtemperatur durch meist anwesende geringe Spuren von Wasser im Reaktionsraum ein wesentlicher Teil des entstehenden Chlorwasserstoffs gelöst würde und kein befriedigendes Ergebnis möglich wäre. Im beheizten Eudiometer bleiben diese Spuren von Wasser gasförmig und verfälschen das Ergebnis praktisch nicht.

Empfohlene Gasvolumina:

Je 4 ml Wasserstoff und Chlor bei Zimmertemperatur. Die Reaktionsenergie beträgt dann 33 J.

Ergebnis: Chlor und Wasserstoff nehmen im beheizten Eudiometer jeweils ein Volumen von 5 ml ein. Das Chlorknallgasgemisch nimmt also 10 ml ein. Nach der Reaktion beträgt das Volumen des entstandenen Chlorwasserstoffs 10 ml d.h. in Raumteilen RT ausgedrückt



Nach dem Experiment ist das entstandene Chlorwasserstoffgas so rasch wie möglich wieder aus dem Eudiometer herauszudrücken, um eine Korrosion der Elektroden zu vermeiden.

## 6 TECHNISCHE DATEN

- mit einseitiger Skalierung; Skale: 0 ... 20 ml; Teilung 1 ml
- Gesamtlänge: 350 mm
- Länge des Glaszyinders: 205 mm
- Außendurchmesser des Glaszyinders: 36 mm
- Länge des Ansatzrohres: 55 mm
- Außendurchmesser des Ansatzrohres: 8 mm

## 7 ZUBEHÖR

Im Folgenden sind die wichtigsten im Zusammenhang mit den beheizbaren Kolbeneudiometern 02611-00 verwendeten Geräte und Verbrauchsmaterialien aufgelistet.

Zündfunkengeber	11155-00
Gummikappe (Blindtülle)	43903-01
Spritze, 10 ml, LUER, 100 Stück	02590-10
Kanüle, 0,45 x 13 mm, LUER, 100 Stück	02598-10

Zusätzlich zum Beheizen des Kolbeneudiometers erforderlich:

Glasmantel	02615-00
Heizergerät	32246-93
2x Laborthermometer, -10... +100°C	38056-00

## 8 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 hierfür ermächtigte Stellen ausgeführt werden.

## 9 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 unten stehende 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