

Abb. 1

INHALT

1. Zweck
2. Beschreibung
3. Handhabung
 - 3.1 Kolbeneudiometer ohne Heizung
 - 3.2 Kolbeneudiometer in Verbindung mit einer Aufheizvorrichtung
4. Experimentiervorschläge
5. Sicherheitshinweise
6. Geräteliste

1. ZWECK

Das beheizbare Kolbeneudiometer 02611.00 dient zur volumetrischen Untersuchung von Gasreaktionen. Durch Aufheizen auf Tempe-

raturen oberhalb 100°C im Glasmantel 02615.00 eignet sich das Gerät z.B. auch zur quantitativen Volumenbestimmung des bei der Oxidation von Wasserstoff (Knallgasreaktion) entstehenden Wasserdampfes.

Im Unterricht wird das Kolbeneudiometer bevorzugt eingesetzt, um

- eine Aussage über die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte von Gasreaktionen machen zu können (z.B. die Formel H_2O für Wasser oder HCl für Chlorwasserstoff zu erarbeiten),

- nachzuweisen, daß elementare Gase - soweit sie nicht Edelgase sind - zweiatomige Moleküle bilden,

das Volumengesetz von Gay Lussac zu erarbeiten,

- das Gesetz des Avogadro zu bestätigen.

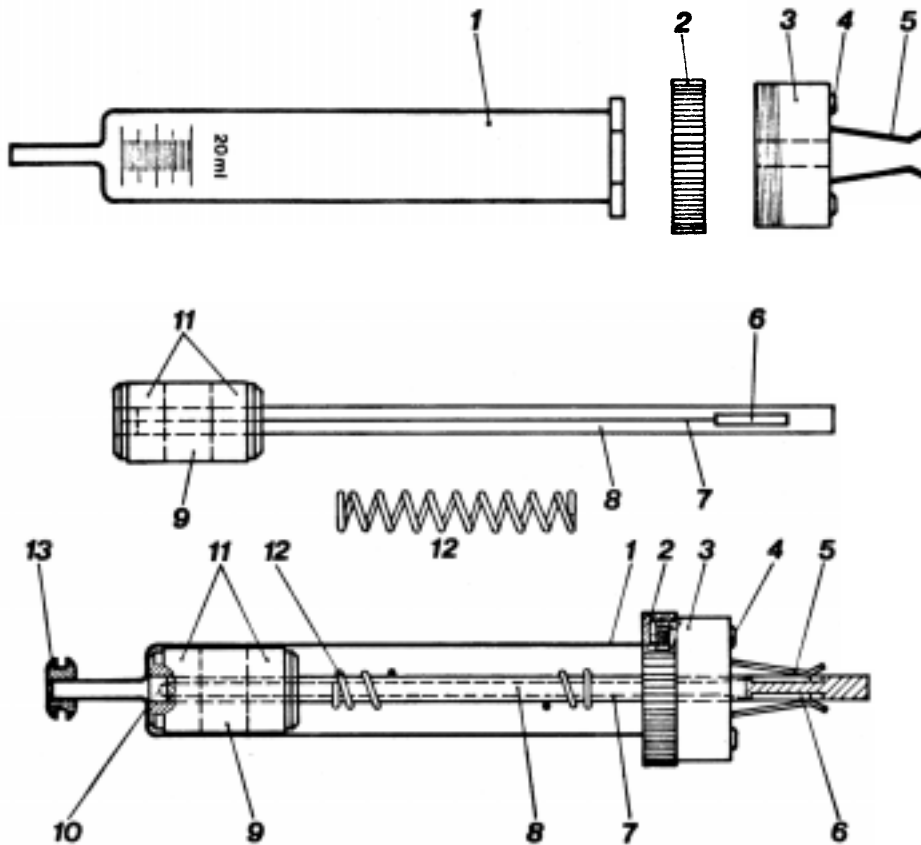


Abb. 2

2 BESCHREIBUNG

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

Das Kolbeneudiometer besteht aus einem Glaszylinder 1 mit kapillarem Ansatzrohr. In Maß und Form entspricht dieser Zylinder dem einer Gasspritze 100 ml; er hat jedoch eine Skale, die nur von 0...20 ml reicht.

Auf diesen Zylinder aufschiebbar ist eine Überwurfmutter 2, mit der ein Deckel aus Kunststoff 3 an das offene Ende des Zylinders angeschraubt wird. Am Deckel sind zwei mit der Steckbuchse 4 ($d = 4 \text{ mm}$) 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 Glaszylinder

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 eine 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 Kanüledurchmesser darf nicht größer als 0,5 mm sein (geeignete Teile siehe Geräteliste).

Zur Erzeugung eines Zündfunken dient der Zündfunkengeber Nr. 11155.00, der mittels Verbindungsleitungen an die beiden Steckbuchsen 4 angeschlossen wird.

3 HANDHABUNG

3.1 Kolbeneudiometer ohne Heizung

Vor jedem Gebrauch des Kolbeneudiometers überprüfe man zunächst die Leichtgängigkeit des Kolbens im Zylinder. Der Kolben muß sich bei offenem kapillaren 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 Kolben darf das Eudiometer nicht betrieben werden, da sonst Gefahr der Zerstörung des Glaszylinders besteht! Ist die Prüfung auf Leichtgängigkeit positiv verlaufen, dann schließt man den Zündfunktenegeber 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 Zündfunktenegeber.

Achtung!

- a) Gemische von Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff dürfen auf Grund der hohen Energieinhalte 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 in Kap. 4 empfohlenen Versuchsbeispiele hält (vgl. auch Sicherheitshinweise).
- b) Das Eudiometer ist aus Sicherheitsgründen so konstruiert, daß nur Gasvolumina bis maximal 20 ml gezündet wer-

den können; dieses Volumen darf jedoch nur bei Reaktionen mit Luft voll ausgenutzt werden.

- c) 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).

3.2 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 Glasmantel beschrieben. Aufgeheizt wird das in den Glasmantel eingebaute Eudiometer mit dem elektrischen Heizgerät 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.

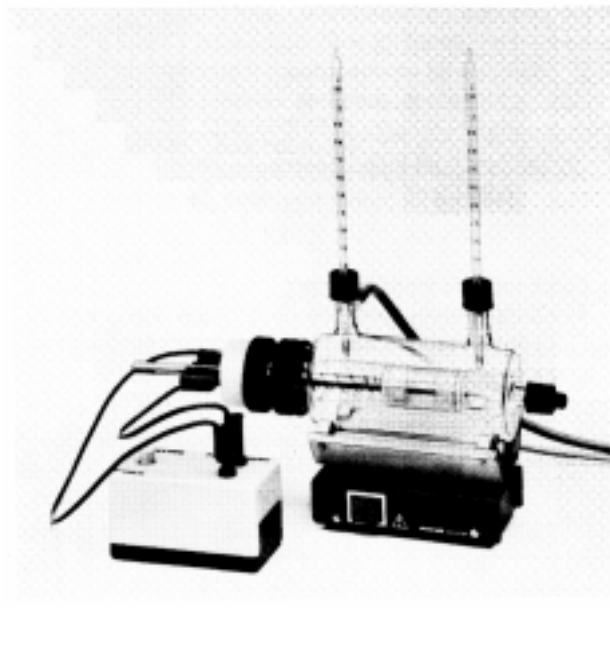
Da diese Lösung im Glasmantel auf Siedetemperatur aufgeheizt wird, müssen unbedingt einige Siedesteinchen dazugegeben werden, um einen gleichmäßigen Siedevorgang zu erreichen.

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 -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 haltet.

Für die weitere Handhabung sind die grundsätzlichen Ausführungen von 3.1 zu berücksichtigen. Darüberhinaus ist beim beheizten Kolbeneudiometer darauf zu achten, daß die Gummikappe voll auf das Ende des Glasrohrstutzens 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.



4.1 Unbeheiztes Eudiometer

4.1.1 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).

Abb. 3

Dann heizt man das Eudiometer mittels des elektrischen Heizgerätes auf.

Sobald die Salzlösung siedet, injiziert man durch die Gummikappe hindurch die zur Reaktion zu bringenden Gase und zündet sie mit dem Zündfunkengeber.

4. EXPERIMENTIERVORSCHLÄGE

Es empfiehlt sich, die für die einzelnen Experimente benötigten Gasvorräte entweder in einer Gasspritze oder in einem Kleingasometer nach Abb. 4 zu bevorraten. Beide Gefäße werden nach dem Füllen mit Gummikappen verschlossen, so daß die Gase mit Injektionsspritzen problemlos entnehmbar sind.

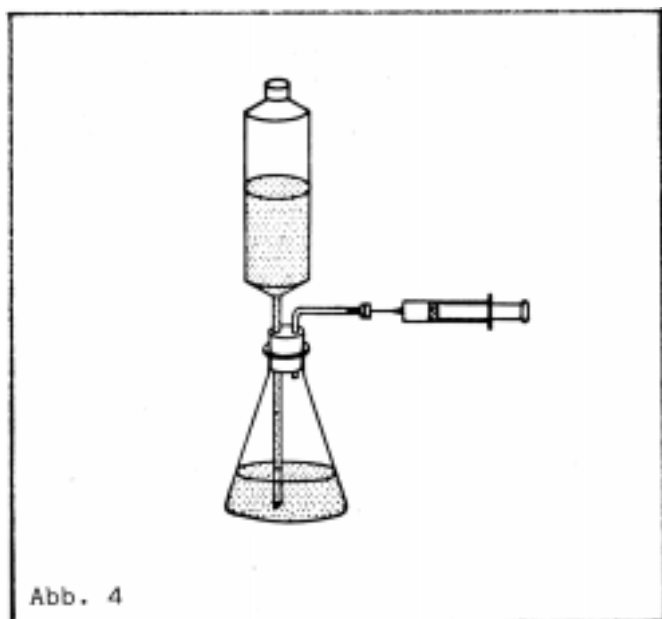


Abb. 4

4.1.2 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 4.1.1)

Achtung! Die zu Beginn eingefüllte Luft ist erforderlichlich, um den nach der Expansion wieder zurückschnellenden Kolben abzufedern, so daß dieser nicht auf die Stirnwand des Eudiometers schlägt.

4.1.3 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.

4.2 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 erwärmten Zustand eingenommen hatten.

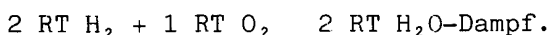
Die folgenden Experimente dürfen nur durchgeführt werden, wenn die Kochsalzlösung im Glasmantel siedet. Bei zu niedrigen Temperaturen kann das Eudiometer durch den zurückschnellenden Kolben zerstört werden.

4.2.1 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



4.2.2 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.

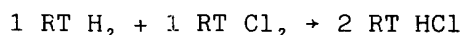
Das Eudiometer wird bei diesem Versuch deshalb beheizt, weil bei Raumtemperatur

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 Chlorwasserstoffes 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.

5. SICHERHEITSHINWEISE

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:

- Das Gerät ist ausschließlich im Lehrerversuch einzusetzen. Es darf nicht durch Schüler bedient werden.
- Zur Schülerseite hin sind die Versuchsaufbauten immer durch Schutzscheiben abzusichern. Für den Experimentator ist eine Schutzbrille empfehlenswert.
- Der Zylinderinnenraum und der Kolben müssen immer sauber und frei von Fremdkörpern sein, damit keine Kolbenverklebungen entstehen können. Daher ist vor jeder Inbetriebnahme die Leichtigkeitsfähigkeit des Kolbens zu überprüfen.

- d) Die zu zündenden Gasgemische sollten auf das von der Sache her notwendige Volumen begrenzt werden. In dem in Kap. 4 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 darunter bleiben.
- h) Es dürfen nur Gasgemische gezündet werden, bei denen sichergestellt ist, daß nach der Reaktion ein ausreichendes Gaspolster zum Abbremsen des zurückschnellenden Kolbens im Reaktionsraum verbleibt. Insbesondere dürfen Reaktionen von stöchiometrischen Wasserstoff-Sauerstoff-Gemischen nur in dem auf über 100°C aufgeheizten Eudiometer durchgeführt werden.

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.

6. GERÄTELISTE

Im folgenden sind die wichtigsten im Zusammenhang mit den beheizbaren Kolbeneudiometer 02611.00 verwendeten Geräte und Verbrauchsmaterialien aufgelistet

Best.-Nr.	Bezeichnung
11155.00	Zündfunkengeber
02615.03	Gummikappe (Blindtülle) 20 St.
02590.03	Spritze, 10 ml, LUER-LOK, Satz von 20 Stück
02598.04	Kanüle 0,45 x 13 mm, LUER-LOK, Satz von 20 Stück

zusätzlich zum Beheizen des Kolbeneudiometers erforderlich:

02615.00	Glasmantel
32246.93	Heizgerät
38005.00	chem. Thermometer -10..+110°C (2 Stück erforderlich)

- 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.