



EUROPEAN COMMITTEE OF MANUFACTURERS OF COMPRESSORS, VACUUM PUMPS AND PNEUMATIC TOOLS  
COMITE EUROPEEN DES CONSTRUCTEURS DE COMPRESSEURS, POMPES A VIDE ET OUTILS A AIR COMPRI ME  
EUROPÄISCHES KOMITEE DER HERSTELLER VON VERDICHTERN, VAKUUMPUMPEN UND DRUCKLUFTWERKZEUGEN

5608

**VACUUM PUMPS**  
**ACCEPTANCE SPECIFICATIONS**  
**PART III**

---

**GENERAL SECRETARIAT**

**British Compressed Air Society**  
**33/34 Devonshire Street**  
**LONDON**  
**W1N 1RF**  
**Tel: 071 935 2464**  
**Fax: 071 935 3077**

## V O R W O R T

Das PNEUROP, der Zusammenschluß der Hersteller von Verdichtern, Vakuumpumpen und Druckluftwerkzeugen aus zwölf europäischen Ländern, Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Liechtenstein, Luxemburg, den Niederlanden, Österreich, Schweden, Schweiz hat einen Unterausschuß "Vakuumtechnik" gebildet und diesen beauftragt, für die zum Arbeitsbereich des PNEUROP gehörenden Vakuumpumpen Abnahmeregeln in den offiziellen Sprachen des PNEUROP - in deutsch, englisch und französisch - zu schaffen. Im Jahre 1967 wurde der Teil I für Verdrängerpumpen und Wälzkolbenpumpen und 1972 Teil II für Treibmittelpumpen vorgelegt. Nun legt der unter deutscher Leitung stehende zuständige Arbeitskreis im Unterausschuß "Vakuumtechnik" (Sekretariat: Fachgemeinschaft PUMPEN UND VERDICHTER im VDMA, Frankfurt/Main-Niederrad, Lyoner Straße) die folgende Veröffentlichung vor und dankt allen Delegierten für ihre aktive Mitarbeit.

Frankfurt/Main, im Juni 1973

## F O R E W O R D

PNEUROP, the coordinated assembly of manufacturers of compressors, vacuum pumps and pneumatic tools from twelve European countries - Austria, Belgium, Denmark, France, Germany, Great Britain, Italy, Liechtenstein, Luxemburg, the Netherlands, Sweden, Switzerland - decided to set up a subcommittee "Vacuum Technique" with the object to create acceptance specifications in the official languages of PNEUROP - German, English, French - covering the scope of relevant vacuum pumps. In 1967 Part I for positive displacement pumps and Roots Pumps and in 1972 Part II for vapour pumps was published. The relevant working group in the subcommittee "Vacuum Technique", being under German chairmanship (Secretariat: Fachgemeinschaft PUMPEN UND VERDICHTER im VDMA, Frankfurt/Main-Niederrad, Lyoner Straße) now presents this publication and thanks all delegates for their active co-operation.

June, 1973, Frankfurt/Main

## P R E F A C E

PNEUROP, association des constructeurs de compresseurs, pompes à vide et outils à air comprimé, formée par douze pays européens: Allemagne, Belgique, Danemark, France, Grand-Bretagne, Italie, Liechtenstein, Luxembourg, les Pays-Bas, Suede et Suisse, avait crée, un sous-comité "Technique du Vide", qui fut chargé de constituer pour les pompes à vide appartenant au ressort du PNEUROP des conditions de réception dans les langues allemande, anglaise et française. En 1967 la partie I pour les pompes primaires volumétriques et les pompes roots et en 1972 la partie II pour les pompes à fluide moteur était publiée. Le groupe de travail correspondant du sous-comité "Technique du Vide" sous la direction allemande (secrétariat: Fachgemeinschaft PUMPEN UND VERDICHTER im VDMA, Frankfurt/Main-Niederrad, Lyoner Straße) présente maintenant la publication suivante et a le plaisir, de remercier tous les délégués de leur collaboration active.

Frankfurt/Main, Juin 1973

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
4. Turbomolekularpumpen	5
4.1 Saugvermögen	5
4.2 Enddruck	11
4.3 Betriebsenddruck	11
4.4 Kompressionsverhältnis	12
4.5 Maximaler Betriebsdruck	14
4.6 Hochlaufzeit und Auslaufzeit	15
4.7 Vibrationen	15
Messgeräte für den Gasstrom (Tabelle 1)	16

## INDEX

	Page
4. Turbo-molecular pumps	5
4.1 Pump speed (volume flow rate)	5
4.2 Ultimate pressure	11
4.3 Ultimate operational pressure	11
4.4 Compression ratio	12
4.5 Maximum working pressure	14
4.6 Speeding up and slowing down times	15
4.7 Vibrations	15
Flow measuring equipment (Table 1)	16

## SOMMAIRE

	Page
4. Pompes Turbo-moléculaires	5
4.1 Débit-volume	5
4.2 Pression limite	11
4.3 Pression limite operationelle	11
4.4 Mesure du taux de compression	12
4.5 Pression maximale de fonctionnement	14
4.6 Temps de mise en vitesse et de descente en vitesse	15
4.7 Vibrations	15
Instruments de mesure du flux gazeux (Tableau 1)	16

#### 4. Turbomolekularpumpen

Der Zweck dieser Empfehlung ist es, sicherzustellen, daß die Messung der charakteristischen Daten von Turbomolekularpumpen so weit wie möglich nach einheitlichen Verfahren und unter einheitlichen Bedingungen durchgeführt wird. Hierdurch soll erreicht werden, daß die Messungen, die von verschiedenen Herstellern oder von verschiedenen Laboratorien durchgeführt werden und die Informationen, die in den Katalogen der Hersteller geliefert werden, grundsätzlich vergleichbar sind.

Turbomolekularpumpen benötigen Vorvakuumpumpen. Ihre Leistungen können nicht vollständig definiert werden, ohne daß zu der Kurve des Saugvermögens als Funktion des Ansaugdruckes Kurven für das Druckverhältnis und Kurven für die Änderungen des Ansaugdruckes als Funktion des Vorvakuumsdruckes über den gesamten Arbeitsbereich und für verschiedene Gase angegeben werden.

Das Saugvermögen der benutzten Vorvakuumpumpencombination soll zwischen 0,02 und 0,1mal dem Nennsaugvermögen der Turbomolekularpumpe für das entsprechende Gas liegen.

Da die Verwendung von Turbomolekularpumpen sich über einen weiten Druckbereich erstreckt, werden verschiedene Messverfahren entsprechend dem jeweiligen Vakuumbereich angegeben.

##### 4.1 Saugvermögen

##### 4.1.1 Definition des Saugvermögens

Das Saugvermögen ist ideell der mittlere Volumendurchfluß des Gases aus einem gegebenen Messdom durch den Querschnitt der Ansaugöffnung der Pumpe. Für praktische Zwecke wird das Saugvermögen für ein gegebenes Gas als der  $p_v$ -Durchfluß dieses Gases geteilt durch den Gleichgewichtsdruck gemessen an einer spezifizierten Stelle angenommen. Es wird angegeben in  $m^3 \cdot h^{-1}$  oder in  $l \cdot s^{-1}$ .

##### 4.1.2 Methode für die Messung des Saugvermögens

##### 4.1.2.1 Messverfahren für Ansaugdrücke $> 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

Die Messung des Saugvermögens  $q_v$  erfolgt nach der Methode des konstanten Druckes, wobei der Gasstrom ausserhalb des Messdomes gemessen wird. Wenn  $q_G$  der Gasstrom ist, der bei Atmosphärendruck ermittelt wird, und wenn  $p_a$  der konstant gehaltene Druck ist, welcher mit dem Vakuummeter an einer bestimmten Stelle im Messdom gemessen wird, erhält man das Saugvermögen durch die Relation

$$q_v = \frac{p_G}{p_a}$$

##### 4.1.2.2 Messverfahren für Ansaugdrücke $< 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

Die Methode für die Messung des Saugvermögens ist die Leitwertmethode bei konstantem Druck, bei welcher eine dünne, mit einer kleinen Öffnung versehene Querwand (Blende) den Messdom in zwei Volumina teilt. Wenn Vakuummeter gleicher Empfindlichkeit den Druck in jedem Volumen messen, ist das Saugvermögen gegeben durch

$$q_v = C \left( \frac{p_1}{p_2} - 1 \right)$$

wobei C der aus den Dimensionen der Blende des Domes und der Gasart berechnete Leitwert ist.

#### 4. Turbo-molecular pumps

The purpose of this recommendation is to ensure that the measurements of performance characteristics of turbo-molecular pumps are as far as possible carried out according to uniform procedures and under uniform conditions. It is hoped that this will result in measurements carried out by different manufacturers or in different laboratories and the information provided in manufacturer's literature being genuinely comparable.

Since turbo-molecular pumps are backed by primary pumps, their performance cannot be completely defined without adding to the volume rate of flow curve against the suction pressure, the compression ratio curve and the curve for the variation in inlet pressure against the backing pressure over the whole of the range concerned and for various gases.

The flow rate of the primary pumps used should be within 0.02 and 0.1 times the nominal flow rate of the turbo-molecular pump for the gas concerned.

As the application field of turbo-molecular pumps extends over wide ranges of pressure, various individual procedures are required according to the test pressure range concerned.

##### 4.1 Pump speed (volume flow rate)

##### 4.1.1 Definition of pump speed (volume flow rate)

Under ideal conditions, the volume of gas which flows from the test dome through the pump inlet per unit time. For practical reasons, however, the volume rate of flow of a given pump for a given gas is conventionally taken as equal to the quotient of the throughput of this gas and of the equilibrium pressure at a given point.

The units adopted for the volume rate of flow are the cubic meter per hour ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ) or the litre per second ( $l \cdot s^{-1}$ ).

##### 4.1.2 Method of measurement of pump speed (volume flow rate)

##### 4.1.2.1 Method for inlet pressures $> 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

The method adopted for the measurement of the volume rate of flow  $q_v$  is the steady pressure method for which gas throughput is measured outside the dome. If  $q_G$  is the gas throughput thus measured at atmospheric pressure and  $p_a$  is a pressure held constant and measured using a pressure gauge in a determined area of the test dome, the volume rate of flow is obtained by the relationship:

$$q_v = \frac{p_G}{p_a}$$

##### 4.1.2.2 Methods for inlet pressures $< 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

The method adopted for the measurement of the volume rate of flow is the steady pressure method known as "standard conductance" method in which a thin orifice plate divides the test dome into 2 volumes. If pressure is measured in each volume by pressure gauges having the same sensitivity, the volume rate of flow is then given by:

$$q_v = C \left( \frac{p_1}{p_2} - 1 \right)$$

where C is the calculated conductance taking account of the dome orifice size and of the gas nature.

#### 4. Pompes Turbo-moléculaires

La présente Recommandation a pour objet de s'assurer que les mesures des caractéristiques de fonctionnement des pompes turbo-moléculaires soit effectuées, dans toute la mesure du possible, selon des procédés uniformes et dans des conditions uniformes. Le résultat souhaité est que les mesures effectuées par différents fabricants ou dans différents laboratoires et que les indications concernant le fonctionnement fournies par la documentation des fabricants, soient bien comparables.

Les pompes turbo-moléculaires étant amorcées par des pompes primaires, leur comportement ne peut être défini de façon complète qu'en ajoutant à la courbe du débit-volume, en fonction de la pression d'aspiration, la courbe du taux de compression et la courbe de la variation de pression à l'admission en fonction de celle au refoulement dans toute la gamme considérée et pour différents gaz.

Le débit-volume de la chaîne primaire utilisée doit se situer entre 0,02 et 0,1 fois le débit nominal de la pompe turbo-moléculaire pour le gaz considéré.

Le domaine d'emploi s'étendant sur une vaste gamme de pression, il est fait appel à des procédés différents de caractérisation suivant le domaine de la pression d'essai.

##### 4.1 Débit-volume

##### 4.1.1 Définition du débit-volume

Dans des conditions idéales, le volume de gaz s'écoulant en une unité de temps par l'orifice d'admission de la pompe. Toutefois, pour des raisons pratiques, le débit-volume d'une pompe donnée pour un gaz donné est, par convention, considéré comme le quotient du flux de ce gaz et de la pression d'équilibre en un point déterminé.

Les unités adoptées pour le débit-volume sont le mètre cube par heure ( $m^3 \cdot h^{-1}$ ) ou le litre par seconde ( $l \cdot s^{-1}$ ).

##### 4.1.2 Méthode de mesure du débit volume

##### 4.1.2.1 Pression d'aspiration $> 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

La méthode adoptée pour la mesure du débit-volume  $q_v$  est la méthode à pression constante pour laquelle le flux gazeux est mesuré à l'extérieur du dôme. Si  $q_G$  est le flux gazeux ainsi mesuré à la pression tenue constante et mesurée par la manomètre en une zone déterminée du dôme d'essai, on obtient alors le débit-volume par la relation:

$$q_v = \frac{p_G}{p_a}$$

##### 4.1.2.2 Pression d'aspiration $< 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

La méthode adoptée pour la mesure du débit-volume est la méthode à pression constante dite de la "conductance étalon" dans laquelle un orifice en mince paroi divise le dôme en 2 volumes. Si des manomètres de même sensibilité mesurent la pression, dans chaque volume, le débit-volume est alors donné par

$$q_v = C \left( \frac{p_1}{p_2} - 1 \right)$$

où C est la conductance calculée compte tenu des dimensions de l'orifice du dôme et de la nature du gaz.

Der Leitwert C der Blende im Gebiete der Molekularströmung kann nach folgender Formel berechnet werden:

$$C = \sqrt{\frac{R \cdot T \cdot \gamma}{32 M}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{d}} \cdot d^2$$

Der Ausdruck  $\frac{1}{1 + \frac{1}{d}}$  ist ein

Korrektur-Faktor, der als die mittlere Durchlaufwahrscheinlichkeit definiert werden kann.

In der Formel für C sind zusammengehörige Einheiten zu verwenden; als Beispiel hierfür dient die nachstehende Tabelle:

The orifice conductance may be calculated using the following formula:

$$C = \sqrt{\frac{R \cdot T \cdot \gamma}{32 M}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{d}} \cdot d^2$$

The term  $\frac{1}{1 + \frac{1}{d}}$  is a correc-

tion-factor, which can be defined as the average throughput probability.

The formula should be applied with consistent units. An example is given in the following table:

La conductance de l'orifice peut se calculer à l'aide de la formule suivante:

$$C = \sqrt{\frac{R \cdot T \cdot \gamma}{32 M}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{d}} \cdot d^2$$

L'expression  $\frac{1}{1 + \frac{1}{d}}$  est un facteur

correctif qu'on peut définir comme la probabilité de passage moyenne.

La formule s'exprime en unités cohérentes. Le tableau suivant donné à titre d'exemple est relatif aux unités fondamentales:

Symbol Symbol Symbole	Benennung Designation Désignation	Einheit Unit Unité
R	Allgemeine Gaskonstante ideal gas constant constante de gaz parfaits	N · m/mol · K
T	Kelvin-Temperatur absolute temperature température absolue	K
M	Molare Masse gas molecular mass masse molaire du gaz	kg/mol
l	Dicke der Blendenöffnung thickness of orifice wall épaisseur de la paroi de l'orifice	m
d	Durchmesser der Blendenöffnung orifice diameter diamètre de l'orifice	m
C	Strömungsleitwert conductance conductance	m <sup>3</sup> /s (= 10 <sup>3</sup> l/s)

Spezielle Werte:

$$R = 8,314 \text{ N} \cdot \text{m/mol} \cdot \text{K} = 8,314 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$M_{\text{Luft}} = 28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$T = 293\text{K} = 20^\circ\text{C}$$

Damit ergibt sich für Luft von 20°C:

$$C_{\text{Luft}} = 91 \cdot \frac{d^2}{1 + \frac{1}{d}} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_{\text{Luft}} = 91.000 \frac{d^2}{1 + \frac{1}{d}} \text{ l/s}$$

Special values:

$$R = 8,314 \text{ N} \cdot \text{m/mol} \cdot \text{K} = 8,314 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$M_{\text{air}} = 28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$T = 293\text{K} = 20^\circ\text{C}$$

Therefore for air at 20°C:

$$C_{\text{air}} = 91 \cdot \frac{d^2}{1 + \frac{1}{d}} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_{\text{air}} = 91000 \frac{d^2}{1 + \frac{1}{d}} \text{ l/s}$$

Valeurs particulières:

$$R = 8,314 \text{ N} \cdot \text{m/mol} \cdot \text{K} = 8,314 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$M_{\text{air}} = 28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}$$

$$T = 293\text{K} = 20^\circ\text{C}$$

Ou déduit pour l'air à 20°C:

$$C_{\text{air}} = 91 \frac{d^2}{1 + \frac{1}{d}} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_{\text{air}} = 91.000 \frac{d^2}{1 + \frac{1}{d}} \text{ l/s}$$

4.1.3 Messgeräte für die Saugvermögensmessung

4.1.3.1 Messdom

4.1.3.1.1 Messdom für Ansaugdrücke > 10<sup>-6</sup>mbar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Bei der Messung ist ein Messdom nach Fig. 1 zu verwenden, dessen Durchmesser D gleich dem Innendurchmesser der Ansaugöffnung der Pumpe ist. Die obere Partie muß entweder abgerundet, konisch oder geneigt sein. Der mittlere Abstand zum Flansch entspricht dem der ebenen Fläche. Der Dom ist mit einer Heizeinrichtung für eine gleichmäßige Temperatur von 120°C versehen.

Für Pumpen, deren Ansaugöffnung eine kleinere Nennweite als NW 100 haben, entspricht der Durchmesser des Domes NW 100. Der Übergang zu der Ansaugöffnung der Pumpe geschieht dann durch ein Verbindungsstück gemäß Fig. 1, dessen Konus 45° beträgt.

4.1.3 Measuring apparatus for pump speed (volume flow rate) measurement

4.1.3.1 Testdome

4.1.3.1.1 Test dome for inlet pressures > 10<sup>-6</sup>mbar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

For measurement, a test dome as shown in figure 1 with the same diameter D as that of the pump inlet is to be used. The face of the dome opposite the inlet flange may be flat, conical, curved or sloping with the same average height above the flange as the flat face. The test dome should be fitted with a device for bakeout ensuring uniform heating of the dome to 120°C.

For pumps with an inlet flange diameter less than a nominal diameter of 100 mm, the diameter of the dome should correspond to a nominal diameter of 100 mm. The transition to the pump inlet flange should be made through a 45° taper fitting as short as possible according to Fig. 1.

4.1.3 Appareils de mesure

4.1.3.1 Dôme d'essai

4.1.3.1.1 Dôme d'essai pour une pression d'aspiration > 10<sup>-6</sup>mbar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Pour la mesure on prend un dôme d'essai de la forme indiquée figure 1 avec un diamètre intérieur D égal au diamètre intérieur de la bride d'aspiration de la pompe. La face du dôme opposée à la bride d'aspiration peut être plane, conique, arrondie, inclinée, son élévation moyenne par rapport à la bride étant celle de la face plane. Le dôme d'essai sera équipé d'un dispositif d'étuvage assurant un échauffement uniforme du dôme à 120°C.

Pour les pompes dont le diamètre de la bride d'aspiration est inférieur au diamètre nominal 100, le diamètre du dôme correspondra au diamètre nominal 100. La transition à la bride d'aspiration de la pompe se fera par un raccord conique à 45° aussi court que possible (voir fig.1).

4.1.3.12 Messdom für Ansaugdrücke  
< 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Der Messdom ist zylindrisch und hat die Form wie in Fig. 2 angegeben. Der Dom wird mit einer Ausheizvorrichtung für eine gleichmäßige Erwärmung auf 300°C versehen.

Für Pumpen, deren Durchmesser der Ansaugöffnung kleiner ist als NW 100, entspricht der Durchmesser des Domes NW 100. Der Übergang zum Saugstutzen der Pumpe geschieht durch ein mit 45° konisches Verbindungsstück gemäß Fig. 1. Der Durchmesser d der Öffnung in der dünnen Wand wird in Abhängigkeit von erwarteten Saugvermögen gewählt. Er soll so groß sein, daß das Verhältnis der bei p<sub>1</sub> und p<sub>2</sub> gemessenen Drücke zwischen 10 und 100 liegt.

Für Pumpen, bei denen der Durchmesser der Ansaugöffnung größer ist als NW 100, entspricht der innere Durchmesser D des Domes dem inneren Durchmesser der Ansaugöffnung. Der Durchmesser der Öffnung in der dünnen Wand wird so gewählt, daß der Durchmesser des Domes und dem erwarteten Saugvermögen Rechnung getragen wird. Er soll so sein, daß sein Wert zwischen 0,05 D und 0,1 D liegt und daß das Verhältnis der Drücke bei p<sub>2</sub> und p<sub>1</sub> größer ist als 10.

4.1.3.2 Vakuummessgeräte

4.1.3.2.1 Vakuummessgeräte für den Vorvakuumdruck

Für die Messung des Vorvakuumdruckes kann man ein Vakuummeter vom Typ McLeod oder ein Hochdruckionisationsvakuummeter mit heißer Kathode mit vorgeschalteter Kühlfalle oder ein Membranvakuummeter verwenden. Im Falle der Verwendung des Vakuummeters vom Typ McLeod müssen Vorkehrungen getroffen werden, um den Pumpeffekt, der durch die Diffusion des Quecksilberdampfes entsteht, zu verhindern. Im Falle eines Glühkathodenionisationsvakuummeters muß dieses vorher für das benutzte Gas geeicht werden. Die auf eine Temperatur zwischen -10°C und -80°C gekühlte Kühlfalle zwischen dem Vakuummeter und dem Vorvakuumstutzen besteht aus einem U-Rohr mit 25 mm Durchmesser. Der Leitwert der Kühlfalle und der Verbindungsleitung muß mindestens 3 l · s<sup>-1</sup> betragen.

4.1.3.2.2 Vakuummessgeräte für Ansaugdrücke > 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Die Druckmessungen werden mit Geräten durchgeführt, die eine Genauigkeit von ± 5 % für Drücke oberhalb von 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr) und von ± 10 % unterhalb dieses Wertes haben.

Es wird empfohlen, sich davon zu überzeugen, daß sich die Empfindlichkeit des Vakuummeters während der Messung nicht geändert hat, z.B. durch Vergleich mit einem gleichzeitig angeschlossenen Referenz-Vakuummeter.

4.1.3.2.3 Vakuummessgeräte für Ansaugdrücke < 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Die Messung der Drücke erfolgt mit Geräten, die mit einer Genauigkeit von ± 5 % für Drücke oberhalb von 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr) und von ± 10 % unterhalb dieses Wertes geeicht sind. Die verwendeten Geräte müssen auch innerhalb dieser Grenzen in ihrer Anzeige linear sein.

Man kann die Übereinstimmung der Messgeräte sicherstellen, indem man bei B über das im unteren Teil des Domes (Fig. 2) gegen den Saugstutzen der Pumpe gerichtete Rohr mit Hilfe eines Dosierventiles Luft einläßt bis sich etwa der gewünschte Druck einstellt. Nach Stabilisierung des Druckes müssen die Messgeräte an den Stellen p<sub>1</sub> und p<sub>2</sub> die gleichen Werte anzeigen. Wenn das nicht der Fall ist, ist eine entsprechende Korrektur durchzuführen.

4.1.3.12 Test dome for inlet pressures  
< 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

The test dome is cylindrical and of the shape shown in figure 2. The dome should be fitted with a device for bake out ensuring uniform heating of the dome to 300°C.

For pumps with an inlet flange diameter less than a nominal diameter of 100 mm, the diameter of the dome should correspond to a nominal diameter of 100 mm. The transition to the pump inlet flange should be made through a 45° taper fitting according to Fig. 1. For these pumps the diameter of the thin wall orifice plate should be chosen according to the expected flow rate and should be such that the ratio of the pressures measured at p<sub>1</sub> and p<sub>2</sub> lies between 10 and 100.

For pumps with an inlet flange diameter greater than a nominal diameter of the dome D should be equal to the internal diameter of the inlet flange. The diameter of the orifice in the thin plate should be chosen according to the expected flow rate and the diameter of the dome. It should be such that its value lies within 0,05 D and 0,1 D and that the ratio of the pressures measured at p<sub>1</sub> and p<sub>2</sub> is greater than 10.

4.1.3.2 Pressure gauges

4.1.3.2.1 Pressure gauges for backing pressure

For backing pressure measurement either a McLeod type gauge, a hot cathode ionization gauge of high pressure type with a trap or a diaphragm gauge can be used. In the case of use of the McLeod type gauge, care should be taken to avoid the pumping effect due to mercury vapour diffusion.

If a hot cathode ionization gauge is chosen, this should previously be calibrated for the gas used. The trap, cooled down to a temperature between -10°C and -80°C, and located between the gauge and the outlet pipe line should take the form of a U tube of 25 mm diameter; the minimum conductance of the trap and its pipe should be at least 3 l · s<sup>-1</sup>.

4.1.3.2.2 Pressure gauges for inlet pressures > 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Pressure measurements should be made using pressure gauges calibrated to within ± 5 % accuracy for pressures greater than 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup> torr) or within ± 10 % for pressures less than this value.

It is recommended that after completion of the tests, the calibration of the vacuum gauge is checked, e.g. by comparison with a reference gauge in situ.

4.1.3.2.3 Pressure gauges for inlet pressures < 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Pressure measurements should be made using pressure gauges calibrated to within ± 5 % accuracy for pressures greater than 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup> torr) or within ± 10 % for lower pressures. Pressure gauges used should also be linear with the same accuracies.

One may ensure pressure gauge agreement by fitting at B a gas admission pipe directed to the pump orifice in the lower part of the dome (figure 2). The adjustable valve for gas admission in this pipe line should be opened so as to obtain the desired pressure approximately. After stabilization pressure gauges at the points p<sub>1</sub> and p<sub>2</sub> should give the same indications; otherwise the correction required can be deduced therefrom.

4.1.3.12 Dôme d'essai pour une pression d'aspiration < 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

Le dôme d'essai est cylindrique et a la forme indiquée par la figure 2. Le dôme sera équipé d'un dispositif d'étuvage assurant un chauffage uniforme du dôme à 300°C.

Pour les pompes dont le diamètre de la bride d'aspiration est inférieur au diamètre nominal 100, le diamètre du dôme correspondra au diamètre nominal 100. La transition à la bride d'aspiration de la pompe se fera par un raccord conique à 45° comme indiqué fig. 1. Pour ces pompes, le diamètre de l'orifice en mince paroi est choisi en fonction du débit attendu. Il doit être tel que le rapport des pressions mesurées en p<sub>1</sub> et en p<sub>2</sub> soit compris entre 10 et 100.

Pour les pompes dont le diamètre de la bride d'aspiration est supérieur au diamètre nominal 100, le diamètre intérieur D du dôme sera égal au diamètre intérieur de la bride d'aspiration. Le diamètre de l'orifice en mince paroi sera choisi compte tenu du diamètre du dôme et du débit attendu; il doit être tel que sa valeur soit comprise entre 0,05 D et 0,1 D et que le rapport des pressions mesurées en p<sub>1</sub> et en p<sub>2</sub> soit supérieur à 10.

4.1.3.2 Manomètres

4.1.3.2.1 Manomètres pour les pressions au refoulement

Pour la mesure des pressions au refoulement, on peut utiliser un manomètre de type McLeod ou un manomètre à ionisation à cathode chaude type haute pression piégé ou un manomètre à membrane. Dans le cas de l'utilisation du manomètre de type McLeod des précautions doivent être prises pour éviter l'effet de pompage dû à la diffusion de la vapeur de mercure. Dans le cas de l'utilisation du manomètre à ionisation à cathode chaude, celui-ci doit être au préalable étalonné pour le gaz utilisé. Le piège refroidi à une température comprise entre -10°C et -80°C est situé entre le manomètre et la tubulure de refoulement sera constitué par un tube en U de diamètre 25 mm; la conductance minimale du piège et de sa tubulure doit être d'au moins 3 l · s<sup>-1</sup>.

4.1.3.2.2 Manomètres pour une pression d'aspiration > 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

Les mesures de pression se feront à l'aide de manomètres étalonnés avec une précision de ± 5 % pour les pressions supérieures à 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup> torr) et de ± 10 % pour les pressions inférieures à cette valeur.

Il est souhaitable de vérifier la constance de l'étalonnage du manomètre, par exemple par comparaison in situ avec un manomètre de référence.

4.1.3.2.3 Manomètres pour une pression d'aspiration < 10<sup>-6</sup>bar  
(7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

Les mesures de pression se feront à l'aide de manomètres étalonnés avec une précision de ± 5 % pour les pressions supérieures à 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup> torr) et de ± 10 % pour les pressions inférieures. Les manomètres utilisés doivent aussi être linéaires avec les mêmes précisions.

On pourra s'assurer de la correspondance des manomètres en ouvrant la partie inférieure du dôme (fig. 2) d'une tubulure d'admission de gaz B dirigée vers l'orifice de la pompe. Le robinet réglable d'injection de gaz de cette canalisation est ouvert de façon à obtenir environ la pression désirée. Après stabilisation les manomètres p<sub>1</sub> et p<sub>2</sub> doivent donner les mêmes indications, sinon on déduit la correction.

#### 4.1.3.2.4 Geräte für die Messung der Partialdrücke

Die Messung des Partialdruckes im Vakuum kann mit einem Vakuummeter mit vorgeschalteter Kühlfalle gemäß 4.1.3.2.1 erfolgen, die Messung des Ansaugdruckes mit einem Partialdruck-Vakuummeter, ergänzt durch ein Totaldruckmessgerät.

Die Partialdruck-Vakuummeter, die auf der Ansaugseite der Pumpe verwendet werden, müssen ein ausreichendes Auflösungsvermögen im Bereich der Massen von 1 bis 100 haben.

#### 4.1.3.3 Messgeräte für den Gasstrom

Die Messung des in den Messdom einströmenden Gasvolumens erfolgt bei Atmosphärendruck. Die Methode ist von der Größe des Gasvolumens abhängig. (Siehe Tab. 1). Während der Messung muß dafür gesorgt werden, daß die Temperaturänderungen auf ein Minimum reduziert werden. Man muß z.B. längere Berührung mit den Händen oder Erwärmung durch Atem vermeiden. Derartige Einflüsse und solche von Sonneneinstrahlung oder Zugluft sollten durch entsprechende Abschirmung verhindert werden.

Für Gasströme größer als  $1 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $0,75 \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) können Schwebekörpermessgeräte, Geräte mit Blende oder thermoelektrische Gasdurchflussmesser verwendet werden. Die Genauigkeit des thermoelektrischen Gasdurchflussmessers muß mindestens  $\pm 5\%$  betragen. Bei der Messung mit Blende geht man nach den Vorschriften der Empfehlung ISO R 541 (TC 30) vor. Die erreichte Genauigkeit muß im Protokoll festgehalten werden.

Für Gasströme zwischen  $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  und  $10^3 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $7,5 \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  und  $7,5 \cdot 10^4 \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) kann die Messung mit einem thermoelektrischen Gasdurchflussmesser oder mit einer Bürette durchgeführt werden. Als Bürette kann ein mit zwei Messpunkten versehenes senkrechttes Rohr verwendet werden (Fig. 3). Man misst die Zeit, in welcher das Flüssigkeitsniveau die Strecke zwischen Punkt 2 und 1 passiert. Das Volumen des Messrohres zwischen den Messpunkten muß mit einer Genauigkeit von  $\pm 1\%$  bekannt sein. Die Messflüssigkeit darf keine höhere Dichte als 1,5 haben und ihr Dampfdruck bei Umgebungstemperatur ( $20^\circ\text{C}$ ) darf nicht höher sein als  $10^{-4} \text{ mbar}$  ( $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ Torr}$ ). Das Dibutylphthalat entspricht diesen Bedingungen. Seine geringe Viskosität erlaubt es, Messungen innerhalb von kurzen Intervallen zu wiederholen. Der innere Durchmesser der Bürette darf nicht kleiner sein als 12 mm. Der hydrostatische Druck muß kompensiert werden, indem das Flüssigkeitsniveau außerhalb der Bürette während des Versuchs dem Niveau innerhalb der Bürette angeglichen wird.

Das Totvolumen soll klein gehalten werden, um die Fehler aus dem hydrostatischen Druck, dem barometrischen Druck und der Umgebungstemperatur zu minimieren.

Für Gasströme zwischen 2 und  $0,66 \cdot 10^3 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1,5$  und  $5 \cdot 10^3 \text{ Torr Liter sec}^{-1}$ ) kann auch ein Durchflussmesser mit geeichten Kapillaren verwendet werden. Er besteht aus einer Anzahl von austauschbaren geeichten Kapillaren C oder anderen dafür geeigneten Strömungswiderständen, an deren Enden jeweils ein Anschluß für ein Differenzdruckmessgerät vorgesehen ist (Fig. 4). Dieses Gerät kann aus einem U-Rohr bestehen, welches mit einer leichten Flüssigkeit mit niedrigem Dampfdruck gefüllt ist. Eine Skala ermöglicht die Messung des Niveauunterschiedes in den beiden Schenkeln des U-Rohres. An den oberen Enden bringt man zweckmäßigerweise kleine Behälter an, die die Flüssigkeit aufnehmen können, falls der maximale Differenzdruck überschritten wird.

#### 4.1.3.2.4 Measurement of partial pressures

For backing pressure measurement a pressure gauge with a trap according to 4.1.3.2.1 can be used and for inlet pressure measurement a partial pressure gas analyser supplemented by a total pressure gauge.

Partial pressure gas analysers used at the pump inlet should have sufficient resolving power in the mass range from 1 to 100.

#### 4.1.3.3 Equipment for measuring the volume flow rate

The measurement of the gas flowing into the test dome is carried out at atmospheric pressure. The method is indicated in table 1. It is dependent on the volume flow rate required. During the measuring procedure, care must be taken to keep temperature variations to a minimum. For example avoid excessive handling of the equipment or breathing too close to it. These effects and those of sunshine and draughts should be prevented by means of appropriate screening.

For gas throughputs greater than  $1 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $0,75 \text{ torr dm}^3 \text{ s}^{-1}$ ), float type devices, orifice plate devices or thermal flow meters may be used. The accuracy of the thermal flowmeters used should be at least  $\pm 5\%$ . If measurements are to be carried out with an orifice plate, procedure laid down in ISO R 541 (TC 30) should be followed. The accuracy achieved should be stated.

For gas throughputs between  $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $10^3 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $7,5 \text{ torr dm}^3 \text{ s}^{-1}$  and  $7,5 \cdot 10^4 \text{ torr dm}^3 \text{ s}^{-1}$ ) the measurement may also be carried out using a thermal flowmeter or a vertical tube with two measuring points, see figure 3. The time interval is measured during which the liquid level passes from point 2 to point 1. The volume of the measuring tube between the measuring points must be known to an accuracy within  $\pm 1\%$ . The measuring liquid must have a density not higher than 1.5 and the vapour pressure at ambient temperature ( $20^\circ\text{C}$ ) must not exceed  $10^{-4} \text{ mbar}$  ( $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ torr}$ ). Dibutylphthalate satisfies these conditions. The low viscosity permits measurements to be repeated within short intervals of time. The inner diameter of the tube must not be less than 12 mm. The hydrostatic pressure must be compensated for during the experiment by comparing the inner level of the fluid to the outer level of the fluid. The "dead" volume should be kept small to minimize errors due to the hydrostatic pressure, barometer pressure and temperature effects.

For measurement of gas throughputs between 2 and  $0,66 \cdot 10^3 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{sec}^{-1}$  ( $1,5$  and  $5 \cdot 10^3 \text{ torr} \cdot \text{l} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) calibrated capillaries may be used.

The flow measuring equipment consists of a number of interchangeable capillaries or any other suitable means of flow restriction each having terminations suitable for a differential pressure measuring apparatus (fig. 4).

This apparatus can be in the form of a U tube containing a light fluid of low vapour pressure. A scale must be provided for the measurement of the differential levels in each arm of the U tube. At the upper end a suitable small reservoir can be incorporated to accommodate any fluid if the maximum differential pressure is exceeded.

#### 4.1.3.2.4 Mesure des pressions partielles

Pour la mesure des pressions au refoulement on utilise un manomètre comme indiqué 4.1.3.2.1 muni d'un piège et pour la mesure des pressions à l'aspiration un analyseur de gaz résiduels complété par un manomètre à pression totale.

Les analyseurs de gaz résiduels utilisés à l'aspiration de la pompe auront un pouvoir de résolution suffisant dans la gamme des masses 1 à 100.

#### 4.1.3.3 Instruments de mesure de flux gazeux

Le flux du gaz qui est introduit dans le dôme est mesuré à la pression atmosphérique à l'aide d'une méthode adaptée à l'importance de celui-ci (voir tableau 1). On prendra garde au cours du processus de mesure, de réduire les variations de température à leur minimum. On évitera par exemple les manipulations excessives de l'équipement ou de souffler à sa proximité. Ces effets, ainsi que ceux des rayons solaires ou des courants d'air seront prévenus au moyen d'écrans appropriés.

Pour des flux supérieur à  $1 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $0,75 \text{ torr} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) on peut utiliser des appareils à flotteur, à diaphragme ou des débitmètres thermiques. La précision des débitmètres thermiques utilisés devra être d'au moins  $\pm 5\%$ . Dans le cas d'emploi d'un appareil à diaphragme, on procédera suivant les indications du document ISO R 541 (TC 30). Le calcul d'erreur sera annexé au protocole d'essai.

Pour des flux compris entre  $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  et  $10^3 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $7,5 \text{ torr} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et  $7,5 \cdot 10^4 \text{ torr} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) la mesure peut être réalisée à l'aide d'un débitmètre thermique ou d'un tube calibré vertical avec deux points de mesure comme indiqué en figure 3. On mesure le temps mis par le niveau du liquide pour passer du repère 2, tracé sur le tube, au repère 1. Le volume compris entre les repères du tube de mesure doit être connu à  $\pm 1\%$ . La densité du liquide ne doit pas être supérieure à 1,5 et sa pression de vapeur à la température ambiante ( $20^\circ\text{C}$ ) à  $10^{-4} \text{ mbar}$  ( $7,5 \cdot 10^{-5} \text{ torr}$ ). Le phthalate de dibutyle répond à ces conditions. Sa faible viscosité permet en outre d'effectuer des mesures répétées à des intervalles de temps relativement faibles. Le diamètre intérieur de la pipette ne doit pas être inférieur à 12 mm. La pression hydrostatique sera compensée en maintenant permanence le niveau liquide à l'extérieur de la pipette à la hauteur de celui déplacé à l'intérieur de celle-ci. Le volume "mort" doit être aussi réduit que possible de façon à minimiser les erreurs liées à la pression hydrostatique et aux variations de la pression barométrique et de la température.

Pour la mesure des flux entre 2 et  $0,66 \cdot 10^3 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $1,5$  et  $5 \cdot 10^3 \text{ torr} \cdot \text{l} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) on pourra utiliser aussi un débitmètre à capillaires étalonnés.

Ce débitmètre comporte un certain nombre de capillaires C ou d'autres dispositifs de restriction du courant de gaz, étalonnés interchangeables de chaque côté desquels est prévu un raccordement aux extrémités d'un manomètre différentiel (voir fig. 4). Celui-ci peut être constitué par un tube en U garni d'un fluide léger et à pression de vapeur faible. Une échelle graduée lui est associée grâce à laquelle une différence de niveau du liquide dans les deux branches est mesurée. On peut prévoir à chacune des extrémités d'un tube en U un ballon susceptible de recevoir le fluide dans le cas de dépassement de la pression différentielle maximale admissible.

Die Eichung einer jeden Kapillare geschieht vorher mit Hilfe eines geschlossenen Wasserbehälters von einigen Litern Volumen, der mit einem vertikalen Rohr von 3-5 m Länge verbunden ist. Am unteren Ende dieses Rohres befindet sich ein Ventil. Man öffnet dieses so weit, daß eine bestimmte Menge Wasser gleichmäßig ausfließt. Es entsteht ein bestimmter Volumenstrom durch die Kapillare und damit ein Niveauunterschied im U-Rohr, welcher diesem jeweiligen Volumenstrom entspricht. Für verschiedene Niveauunterschiede misst man die in der Zeiteinheit ausgeströmte Wassermenge und erhält eine Eichkurve für die Kapillare, die die Abhängigkeit des Differenzdruckes vom Volumenstrom aufzeigt.

Der Wert für den Gasstrom, der in die Pumpe eingelassen wird, ist durch das Produkt des Volumenstromes und des mittleren Druckes in der Kapillare gegeben. Unterschiede des barometrischen Druckes können vernachlässigt werden. Dagegen muß eine Temperaturkorrektur durchgeführt werden, wenn die Temperatur  $T$  (K), bei welcher die Messung durchgeführt wird, von derjenigen  $T_0$  (K), bei welcher die Eichung durchgeführt wurde, abweicht. Der Volumenstrom ist umgekehrt proportional dem Viskositätskoeffizienten des Gases. Um die Korrektur mit ausreichender Genauigkeit durchzuführen, ist der Wert für den Gasstrom, der auf der Eichkurve abgelesen wird, mit  $\left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2}$ .

Der Fehler infolge einer Änderung des Atmosphärendruckes während der Messung des Gasstromes kann vernachlässigt werden, da man voraussetzen kann, daß die Zeit, die die Messungen in Anspruch nimmt, ausreichend kurz ist.

#### 4.1.4 Durchführung der Saugvermögensmessung

##### 4.1.4.11 Messung bei Ansaugdrücken $>10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

Der allgemeine Aufbau der Messeinrichtung ist in Fig. 5 angegeben. Wenn nichts anderes angegeben wird, dient getrocknete Luft als Testgas.

Bei geschlossenem Ventil A wartet man ab, bis man im Dom den Betriebsenddruck erreicht hat (Abschnitt 4.3). Danach wird in den Dom Gas eingelassen (Fig. 5). Die Messungen werden bei steigendem Druck durchgeführt, von einem Ausgangspunkt ab, der die exakte Benutzung der Messgeräte für den Gasstrom erlaubt. Für Pumpen mit kleinem Saugvermögen wird dieser mit  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-6}$  Torr) festgelegt. Für Pumpen mit großem Saugvermögen ( $500 \text{ l} \cdot \text{sec}^{-1}$ ) wird dieser nicht unter  $10^{-6}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$  Torr) sein.

Wenn der gewünschte Druck erreicht ist, wartet man mindestens eine halbe Stunde. Wenn das Saugvermögen während der folgenden halben Stunde innerhalb der Grenzen von  $\pm 5\%$  stabil bleibt, wird der Punkt als gut bezeichnet. Wenn eine Unstabilität auf eine vorübergehende Ursache zurückzuführen ist, wartet man die notwendige Zeit ab, bis die Stabilität wieder eingetreten ist. Man notiert den Druck, die Temperatur, den Atmosphärendruck und im Falle der Verwendung eines Gasdurchflußmessers die zugeführte Gasmenge, oder im Falle der Messung mit der Bürette das Volumen des eingelassenen Gases und die Zeit. Wenn die Messung des Gasstromes länger als 60 sec. dauert, muß der Druck im Dom jede Minute abgelesen werden. Wenn während der Zeit der Messung der Druck mehr als  $\pm 5\%$  variiert, muß die Messung erneuert werden, bis man eine gute Stabilität erreicht hat. Als Ergebnis verwendet man den Mittelwert der gemessenen Punkte.

Each capillary tube is calibrated prior to use by means of a closed water reservoir of several litres volume to which is connected a vertical tube 3 to 5 metres long. At the lower end of this tube is a valve. The valve is opened sufficiently to produce a constant flow of gas through the capillary and thereby a specific difference in level in the U tube.

The rate of flow of water is measured for various differences of level and a curve of differential pressure against volume flow derived for the capillary. The value of the gas flow which is admitted to the pump is given by the product of the volume flow and the average pressure in the capillary. Differences in barometric pressure can be ignored. On the other hand a temperature correction must be made if the temperature  $T$  (K) at which the measurement was carried out deviates from  $T_0$  (K) at which temperature the calibration was made. The volume flow is inversely proportional to the viscosity coefficient of the gas. In order to make a sufficiently accurate correction the value of the gas flow read off the calibration curve is multiplied by  $\left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2}$ .

Any error resulting from a change in atmospheric pressure during the measurement of the gas flow can be neglected provided the test time is adequately short.

#### 4.1.4 Procedure for measuring pump speed (volume flow rate)

##### 4.1.4.11 Test for inlet pressures $>10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

The arrangement of the measuring equipment is given in Fig. 5. Unless otherwise stated, the gas used is dried air.

Once valve A is closed one should wait until the ultimate operational pressure is prevailing in the dome (4.3). Gas is then introduced into the dome through adjustable valve A (figure 5). Measurements are made with increasing pressures from a threshold allowing the correct use of throughput measuring instruments. For pumps with lower volume rate of flow this threshold is fixed at  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-6}$  Torr). For pumps with higher volume rate of flow (greater than  $500 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ) the threshold should not be less than  $10^{-6}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$  Torr).

Once the pressure required is obtained, one should wait for at least half an hour. If the flow rate remains steady for the next half hour within  $\pm 5\%$  this point should be declared valid. If flow rate unsteadiness is due to a transient cause, one should wait until the flow rate stabilizes. Pressure, temperature, barometric pressure and either admitted volume rate of flow, in the case of flow meter use, or in the case of the calibrated tube method the displaced air volume and time required, should be measured.

If throughput measurement lasts for more than 60 seconds the pressure in the dome should be noted every minute. If during measurement, pressure varies by more than  $\pm 5\%$ , measurement should be carried out again until stability is obtained. The value taken should be the average of the points.

La calibration de chacun des capillaires est préalablement effectuée grâce à un appareil composé d'un réservoir d'eau fermé, de quelques litres de capacité, et d'un long tube vertical de 3 à 5 m de longueur dont l'extrémité inférieure est fermée par un robinet. On ouvre ce robinet de façon à définir un débit donné d'eau. Il en résulte un débit-volume équivalent de gaz à travers la capillaire et une dénivellation du liquide dans le manomètre en U, fonction de celui-ci. On mesure l'écoulement d'un certain volume d'eau dans l'unité de temps pour diverses dénivellations. On obtient ainsi une courbe d'étalonnage du capillaire qui lie les indications du manomètre au débit-volume de gaz qui le traverse.

La valeur du flux de gaz ainsi admis dans la pompe est donnée par le produit du débit-volume et de la pression moyenne dans la capillaire. Une correction de température est à faire quand celle  $T$  (K), à laquelle s'effectuent les mesures, diffère de la celle  $T_0$  (K) à laquelle l'étalonnage a été opéré. Le débit-volume est en effet inversement proportionnel au coefficient de viscosité du gaz, et la valeur lue sur la courbe d'étalonnage est, avec une approximation suffisante, à multiplier par  $\left(\frac{T_0}{T}\right)^{1/2}$ .

Il est admis que la durée maximale autorisée pour les essais est suffisamment courte pour la variation de pression barométrique n'introduise pas d'erreurs significatives.

#### 4.1.4 Mode opératoire de la mesure des débits

##### 4.1.4.11 Deroulement de l'essai pour une pression d'aspiration $>10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

La disposition générale est conforme à la Figure 5. Sauf indication particulière, le gaz utilisé est de l'air séché.

On attendra d'avoir atteint la pression limite opérationnelle dans le dôme, après fermeture du robinet A, (4.3). Le gaz est alors admis dans le dôme par l'intermédiaire du robinet réglable A (figure 5). Les mesures se feront à pression croissante, à partir d'un seuil qui permette l'utilisation correcte des appareils de mesure du flux gazeux. Pour les pompes de petit débit-volume le seuil est fixé à  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-6}$  Torr). Pour les pompes de grand débit-volume (supérieur à  $500 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ ), le seuil ne sera pas inférieur à  $10^{-6}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$  Torr).

Une fois la pression obtenue, on attendra une demi-heure au moins. Si le débit reste stable pendant la demi-heure suivante dans une limite de  $\pm 5\%$ , le point sera déclaré bon. Si l'instabilité du débit est due à une cause fugitive, on attendra le temps nécessaire au rétablissement de la stabilité. On notera la pression, la température, la pression barométrique et soit le débit-volume admis dans le cas de l'utilisation d'un débitmètre soit le volume d'air déplacé et le temps mis à le faire dans le cas d'utilisation d'un tube calibré.

Si la mesure du flux dure plus de 60 secondes, la pression dans le dôme doit être notée toutes les minutes. Si pendant le temps de la mesure la pression varie de plus de  $\pm 5\%$ , la mesure devra être recommencée jusqu'à l'obtention d'une bonne stabilité. On prendra comme valeur la moyenne des points.



Man kann dann zu dem folgenden Punkt übergehen, der sich bei einem höheren Druck befindet und der nach der gleichen Methode aufgenommen wird, eine halbe Stunde abwarten, gefolgt von einer halben Stunde Stabilität. Oberhalb von  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-4}$  Torr) kann man die Wartezeit für die Stabilität auf eine Viertelstunde abkürzen.

Man misst drei Punkte pro Dekade. Die Messung wird beendet, wenn das Saugvermögen der Turbomolekularpumpe gleich dem zweifachen des Saugvermögens der Vorvakuumpumpe ist. Dieses ist durch das Verhältnis des bei Atmosphärendruck gemessenen Gasstromes zu dem Druck auf der Vorvakuumsseite, welcher durch das Messgerät C (Fig. 5) angezeigt wird, angegeben:

$$\text{Saugvermögen auf der Vorvakuumsseite} \\ \text{Flow rate at outlet} \quad S_{Vr} = \frac{q_{pV}}{P_r} \\ \text{débit au refoulement}$$

$P_r$  ist der Druck auf der Vorvakuumsseite.

$P_r$  is the pressure at the backing side.

$P_r$  étant la pression au refoulement.

#### 4.1.4.12 Auswertung der Messung

Man zeichnet die Kurve des Saugvermögens  $S$  auf der Hochvakuumsseite und auf der Vorvakuumsseite auf dem gleichen Blatt, um den Typ der gewählten Vorpumpe klar herauszustellen (Fig. 7).

#### 4.1.4.21 Messung bei Ansaugdrücken $< 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

Der allgemeine Aufbau der Messeinrichtung ist in Fig. 6 angegeben. Wenn nichts anderes angegeben ist, wird als Testgas getrocknete Luft verwendet. Man wartet ab, bis man den Betriebsenddruck (Abschnitt 4.3) im Dom erreicht hat. Es wird dann in den Dom durch das Ventil A Testgas eingelassen, bis ein Druck in Höhe des Doppelten des Enddruckes erreicht ist.

Man wartet mindestens eine halbe Stunde. Wenn das Saugvermögen während der folgenden halben Stunde in Grenzen von  $\pm 5\%$  konstant bleibt, wird der Punkt für gut erklärt. Wenn eine Unstabilität des Saugvermögens auf eine vorübergehende Ursache zurückgeführt werden kann, wartet man die notwendige Zeit, bis die Stabilität wieder eingetreten ist. Man notiert die Drücke, die durch die beiden Manometer  $p_1$  und  $p_2$  am Dom angezeigt werden, den Vorvakuumdruck und die Temperatur. Die Messungen werden in gleicher Weise bei steigendem Druck fortgesetzt, und zwar zwei Messungen pro Dekade bis  $10^{-6}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$  Torr) und drei Messungen pro Dekade bei darüberliegenden Drücken.

Die Messungen werden beendet, wenn der Druck auf der Hochvakuumsseite der Pumpe  $6,6 \cdot 10^{-5}$  mbar ( $5 \cdot 10^{-5}$  Torr) erreicht, oder wenn im oberen Teil des Domes die mittlere freie Weglänge der Moleküle kürzer wird als das 20-fache des Durchmesser  $d$ . Falls die Saugvermögensmessung nach höheren Drücken hin fortgesetzt werden soll, muß nach 4.1.4.11 verfahren werden.

#### 4.1.4.22 Auswertung der Messungen

Die Kurve der Ergebnisse der Saugvermögensmessung wird in halblogarithmischen Koordinaten in Abhängigkeit vom Hochvakuumdruck eingetragen (Fig. 7). Auf dem gleichen Blatt wird auch die Kurve des Saugvermögens der Vorvakuumpumpe eingetragen. Der Bereich der Abzisse soll den ganzen Druckbereich umfassen. Die Betriebsenddrücke der Vorvakuumpumpe und der Turbomolekularpumpe werden auf dem Kurvenblatt angegeben.

One may then proceed to the next point which should correspond to a higher pressure and should be recorded following the same method with 30 minutes waiting followed by 30 minutes stability. Beyond  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-4}$  torr) waiting and stabilizing times should be reduced to 15 minutes each.

Three points should be recorded per decade. Measurements should be stopped when the volume rate of flow of the turbo molecular pump is twice that measured at outlet. The flow rate at the outlet is given by the ratio of the throughput measured at atmospheric pressure to the backing pressure as measured by pressures gauge C (figure 5).

#### 4.1.4.12 Evaluation of measurement

The curve of the volume rate of flow  $S$  at inlet and outlet should be plotted on the same graph so as to show the type of backing pump chosen (Fig. 7).

#### 4.1.4.21 Test for inlet pressures $< 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ torr)

The arrangement of the measuring equipment is given in Fig. 6. Unless otherwise indicated the gas to be used should be dried air.

One should wait until the ultimate operational pressure (clause 4.3) is obtained in the dome. Gas is then admitted into the dome through adjustable valve A until a pressure twice the ultimate is obtained.

If flow rate unsteadiness is due to a transient cause, one should wait for the necessary time interval for the flow rate to stabilize.

The pressures given by both pressure gauges  $p_1$  and  $p_2$  in the dome should be noted together with the backing pressure and the temperature. Measurement is carried out at higher pressures under identical conditions.

Two points should be recorded per decade up to  $10^{-6}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$  torr) and three points above this.

Measurement should be stopped when the inlet pressure of the pump reaches  $6,6 \cdot 10^{-5}$  mbar ( $5 \cdot 10^{-5}$  torr) or when the mean free path of the molecules in the upper part of the dome becomes less than 20 times diameter  $d$ .

If pump speed measurements are to be continued to higher pressures 4.1.4.11 must be applied.

#### 4.1.4.22 Evaluation of measurement

The curve representing the volume rate of flow as a function of inlet pressure is plotted on a graph having semi-logarithmic coordinates (see figure 7). The curve of the volume rate of flow at the outlet should be plotted on this graph. The range of abscissae should cover the whole range of pressure. The ultimate operational pressures of the backing and turbo-molecular pumps should be indicated on the curve.

On pourra alors passer au point suivant qui se situera à une pression plus élevée et qui sera relevée suivant la même méthode, une demi-heure d'attente suivie d'une demi-heure de stabilité. Audelà de  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-4}$  torr) les temps d'attente et de stabilité seront réduits à un quart d'heure chacun.

On effectuera 3 points par décade. Les mesures seront arrêtées quand le débit-volume de la pompe turbo-moléculaire sera égal à 2 fois celui mesuré au refoulement. Le débit au refoulement est donné par le rapport du flux gazeux mesuré à la pression atmosphérique à la pression au refoulement mesuré par le manomètre C (figure 3).

#### 4.1.4.12 Evaluation de l'essai

On tracera sur le même graphique la courbe du débit-volume  $P_{Vr}$  à l'aspiration et au refoulement de façon à bien mettre en évidence le type de pompe primaire choisi (fig. 7).

#### 4.1.4.21 Déroulement de l'essai pour une pression d'aspiration $< 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ torr)

La disposition générale est conforme à la figure 6.

Sauf indication particulière, le gaz utilisé est de l'air séché.

On attend d'avoir atteint la pression limite opérationnelle (§ 4.3) dans le dôme. Le gaz est ensuite admis dans le dôme par l'intermédiaire du robinet réglable A jusqu'à l'obtention d'une pression double de celle-ci.

On attendra au moins une demi-heure. Si le débit reste stable pendant la demi-heure suivante, dans une limite de  $\pm 5\%$ , le point sera déclaré bon. Si l'instabilité du débit est due à une cause fugitive, on attendra le temps nécessaire au rétablissement de la stabilité.

On notera alors les pressions données par les deux manomètres  $p_1$  et  $p_2$  du dôme, la pression de refoulement et la température. Les mesures se font à pression croissante dans des conditions identiques.

On effectuera 2 points par décade jusqu'à  $10^{-6}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$  torr) 3 points au-dessus. Les mesures seront terminées quand la pression à l'aspiration de la pompe atteindra  $6,6 \cdot 10^{-5}$  mbar ( $5 \cdot 10^{-5}$  torr) ou lorsque le libre parcours moyen des molécules dans la partie supérieure du dôme deviendra inférieur à 20 fois le diamètre  $d$ .

Si la mesure du débit doit être continué pour des pressions plus élevées, on appliquera 4.1.4.11.

#### 4.1.4.22 Evaluation de la mesure

La courbe représentative du débit-volume en fonction de la pression d'admission est tracée en coordonnées semi-logarithmiques (voir figure 7). La courbe du débit-volume au refoulement sera portée sur ce graphique. La gamme des abscisses doit couvrir tout le domaine de pression. Les deux pressions limites opérationnelles des pompes primaire et turbo-moléculaire seront indiquées sur la courbe.

it suivant plus vant la l'attente bilité. (torr) illité ure chacun.

ads. Les le débit- ulaire sera refolement. nné par le à la pression refolement ure 3).

e la courbe ion et mettre en ire

i pour une <10<sup>-6</sup>bar

forme à

e gaz

ession ans le dans le inet ré- me

ure. Si de ± 5 %, 'instabi- saire is.

nnées du dôme, temp- pression dentiques.

e jusqu'à ts

rnées de la 5 · 10<sup>-5</sup> torr en des ure du is le dia-

continué on

l-volume sation garith- du dé- rée sur es doit on. Les elles culaire

#### 4.2 Enddruck

##### 4.2.1 Definition des Enddruckes

Der Enddruck ist der Wert, dem sich der Druck innerhalb des Testdomes asymptotisch nähert. Er ist der niedrigste Druck, der mit der Pumpe erreicht werden kann.

Es wird empfohlen, Werte für den Enddruck in den Katalogen nicht anzugeben. Daher wird auch die Messmethode für den Enddruck in diesem Dokument nicht behandelt. Wenn jedoch ein Hersteller Angaben über den Enddruck macht, muß er die Betriebsbedingungen, unter denen diese Messergebnisse erreicht wurden, angeben.

#### 4.3 Betriebsenddruck

##### 4.3.1 Definition des Betriebsenddruckes

Der Betriebsenddruck ist der Druck, der in Messdom maximal 48 Stunden nach dem Ausheizen erreicht wird.

##### 4.3.2 Betriebsbedingungen

Die Betriebsbedingungen der Pumpe müssen den Vorschriften des Herstellers entsprechen (Drehzahl, Menge und Art des Schmiermittels usw.). Die Umgebungstemperatur muß während der gesamten Dauer der Messung zwischen 15 und 25°C liegen. Nach der Ausheizperiode soll die Temperatur der gesamten Einrichtung zwischen 15 und 25°C liegen. Nach der Ausheizperiode soll die Temperatur der gesamten Einrichtung zwischen 15 und 25°C auf einer gleichmäßigen Temperatur mit einer Abweichung von höchstens ± 3°C gehalten werden.

##### 4.3.3 Messung des Betriebsenddruckes bei Pumpen mit Betriebsenddrücken > 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Eine Stunde nach Inbetriebnahme von Pumpe und Messdom heizt man den Dom auf eine max. Temperatur von 120°C für 3 Stunden. Wenn die Pumpe mit einer Heizeinrichtung versehen ist, sollte sie ebenfalls gemäß der Vorschrift des Herstellers ausgeheizt werden. Dabei ist zu beachten, daß der Ausheizvorgang von Dom und Pumpe gleichzeitig beendet werden. Der Ausheizvorgang muß im Versuchsprotokoll beschrieben sein.

Im Verlaufe des Ausheizens und am Ende desselben werden die Elektroden der Ionisationsvakuummeter entsprechend den Vorschriften des Herstellers entgast. Die letzte Entgasung erfolgt mindestens 5 Stunden vor der Messung. Gleichzeitig misst man den Vorvakuumdruck.

Der Betriebsenddruck ist durch den Druck (p<sub>1</sub>) definiert, der durch das Vakuummeter maximal 48 Stunden nach dem Ende der Ausheizperiode gemessen wird. Die Druckzeitkurve darf dabei keine ansteigende Tendenz zeigen.

##### 4.3.4 Messung des Betriebsenddruckes bei Pumpen mit Betriebsenddrücken < 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)

Bei der Montage des Domes sind die gemeinsamen für das Erreichen von Ultra-hochvakuum anerkannten Sauberkeitsregeln zu beachten. Eine Stunde nach Inbetriebnahme von Pumpe und Messdom heizt man den Dom auf eine max. Temperatur von 300°C. Wenn die Pumpe mit einer Heizvorrichtung versehen ist, ist sie gemäß Vorschrift des Herstellers auszuheizen. Die Heizung bleibt eingeschaltet, bis ein Druck, der 100mal höher liegt als der erwartete Betriebsenddruck, erreicht ist, jedoch maximal für 48 Stunden. Wenn am Ende von 48 Stunden der gewünschte Druck nicht erreicht ist, schaltet man die Heizung ab.

#### 4.2 Ultimate pressure

##### 4.2.1 Definition of ultimate pressure

The ultimate pressure is the value towards which the pressure in the test dome approaches asymptotically. It is the lowest pressure obtainable with the pump.

It is recommended not to specify ultimate pressures in the manufacturers catalogues. Therefore the method of measuring ultimate pressure is not dealt with in this document. However, if a manufacturer lists the ultimate pressure the operating conditions under which the measurement was made must be stated.

#### 4.3 Ultimate operational pressure

##### 4.3.1 Definition of the ultimate operational pressure

The ultimate operational pressure is the pressure obtained in the dome after a maximum bake-out period of 48 hours.

##### 4.3.2 Operating conditions

The operating conditions of the pump are those prescribed by the manufacturer (speed of rotation, quantity and quality of lubricating fluid, etc...). The room temperature should be within 15 - 25°C during the whole duration of the test. After the specified bake out time, the apparatus temperature should be uniform to within ± 3°C and between 15 and 25°C.

##### 4.3.3 Measurement of ultimate operational pressure for pumps with pressures > 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

One hour after the starting of the pump, the dome is heated to the maximum temperature of 120°C for three hours. If the pump is fitted with a bake out device, one should follow the manufacturer's instructions. The bake out of the pump and the test dome should be terminated simultaneously. The bake out cycle should be described in the test report.

The electrodes of ionization manometers should be degassed according to the process recommended by the manufacturer during and at the end of bake out time. The last degassing operation to occur at least 5 hours before the measurement.

The backing pressure P<sub>0</sub> of the pump should be recorded at the same time.

The ultimate operational pressure is defined by the pressure p<sub>1</sub> measured by the pressure gauge 48 hours as a maximum after the bake out ends. The slope of the curve plotting pressure against time should not be positive.

##### 4.3.4 Measurement of ultimate operational pressure for pumps with inlet pressures < 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

When mounting the dome, the cleanliness requirements usually required to reach the ultra-high vacuum range must be met.

One hour after the starting of the pump, the dome is heated to a maximum temperature of 300°C. If the pump is fitted with a bake out device, this should be operated in conformity with the manufacturer's instructions. Bake out should be continued until a pressure 100 times higher than the planned ultimate pressure is reached, for 48 hours at a maximum. If after 48 hours the desired pressure is not reached, bake out should be stopped.

#### 4.2 Pression limite

##### 4.2.1 Définition de la pression limite

Valeur vers laquelle tend asymptotiquement la pression dans le dôme d'essai. C'est la pression la plus basse, qu'il est possible d'atteindre avec la pompe.

Il n'est pas recommandé de spécifier la pression limite dans le catalogue des constructeurs. Le présent document ne comporte donc pas de description de sa mesure. Si toutefois un constructeur indique sa valeur, il doit également spécifier les conditions opératoires auxquelles il a recouru.

#### 4.3 Pression limite opérationnelle

##### 4.3.1 Définition de la pression limite opérationnelle

La pression limite opérationnelle est la pression atteinte, dans le dôme au maximum 48 heures après la fin de l'étuvage.

##### 4.3.2 Conditions de fonctionnement

Les conditions de fonctionnement de la pompe sont celles prescrites par le constructeur (vitesse de rotation, quantité et qualité du fluide de graissage, qualité, débit et température de l'eau de réfrigération, etc...). La température ambiante doit être comprise entre 15 et 25°C pendant la durée de l'essai. Après la période d'étuvage, elle sera maintenue constante à ± 3°C près et comprise entre 15 et 25°C.

##### 4.3.3 Mesure de la pression limite opérationnelle pour des pompes avec une pression d'aspiration > 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

Une heure après la mise en route de la pompe, on chauffe le dôme à une température maximale de 120°C pendant 3 heures. Si la pompe est munie d'un dispositif d'étuvage, il faut se conformer aux instructions du constructeur. Il faut faire attention que l'étuvage de la pompe et du dôme sera terminé simultanément. Le cycle d'étuvage sera décrit dans le procès-verbal d'essai. Les électrodes des manomètres à ionisation doivent être dégazées suivant le processus recommandé par le constructeur, durant l'étuvage et à la fin de l'étuvage. Le dernier dégazage doit précéder d'au moins 5 heures la mesure.

On relèvera au même moment la pression p<sub>0</sub> au refolement de la pompe.

La pression limite opérationnelle est définie par la pression p<sub>1</sub> mesurée par le manomètre en maximum 48 heures après la fin de l'étuvage. La courbe du relevé de la pression en fonction du temps ne doit pas alors présenter de pente positive.

##### 4.3.4 Mesure de la pression limite opérationnelle pour une pression d'aspiration < 10<sup>-6</sup>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)

Le dôme muni de ses accessoires doit être monté suivant les règles de propreté communément admises pour pouvoir atteindre le domaine de l'ultra-vide.

Une heure après la mise en service de la pompe, on chauffe le dôme à une température maximale de 300°C. Si la pompe est munie d'un dispositif d'étuvage, celui-ci sera mis en service en se conformant aux instructions du constructeur. L'étuvage restera enclenché tant qu'une pression 100 fois plus élevée que la pression limite prévue ne sera pas atteinte et ceci au maximum pendant 48 heures. Si au bout de 48 heures la pression désirée n'est pas atteinte, on arrêtera l'étuvage.

Im Verlauf des Ausheizens und am Ende desselben werden die Elektroden der Ionisationsvakuummeter entsprechend den Vorschriften des Herstellers entgast. Diese Entgastung muß alle 10 Stunden wiederholt werden, die letzte erfolgt spätestens 5 Stunden vor der Messung.

Bei angeschlossenem Partialdruck-Vakuummeter wird dieses entsprechend den Vorschriften des Herstellers entgast, und zwar während und am Ende der Ausheizperiode. Gleichzeitig misst man den Vorvakuumdruck. Während der Messung wird das Maximum und das Minimum der Umgebungstemperatur und der Temperatur des Domes notiert.

Der Betriebsenddruck ist durch den Druck ( $p_1$ ) definiert, der durch das Vakuummeter maximal 48 Stunden nach dem Ende der Ausheizperiode gemessen wird. Die Druckzeitkurve darf dabei keine ansteigende Tendenz zeigen.

#### 4.4 Kompressionsverhältnis

##### 4.4.1 Definition des Kompressionsverhältnisses

Das Kompressionsverhältnis ist das Verhältnis des Vorvakuumdruckes zum Ansaugdruck für ein bestimmtes Gas bei der Saugleistung Null, wobei der Vorvakuumdruck zumindest 90 % vom Partialdruck dieses Gases im Vorvakuumstutzen bewirkt werden muß.

##### 4.4.2 Messmethode

Die Bestimmung des Druckverhältnisses geschieht ohne Gaseinlass in den Dom, indem ein variabler Gasstrom in die Vorvakuumseite der Turbo-Molekularpumpe eingelassen wird. Man misst die Partialdrücke des Gases auf der Vor- und auf der Hochvakuumseite. Das Druckverhältnis ist dann durch das Verhältnis dieser Drücke gegeben.

##### 4.4.3 Messung des Kompressionsverhältnisses bei Ansaugdrücken $> 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ Torr)

Die verwendeten Gase sind getrockneter Stickstoff, Helium oder Wasserstoff. Die Messung der Drücke muß mit Vakuummetern erfolgen, die für das zur Verwendung kommende Gas geeicht sind. Ein Dosierventil (B) (Fig. 5) für den Gaseinlass ist an der Saugseite der Vorpumpe oder des Vorpumpensatzes angebracht, um den Vorvakuumdruck zu regulieren.

Ein Vakuummeter (C) für die Messung des Druckes in der Vorvakuumleitung ist möglichst nahe am Auspuffstutzen der Turbo-Molekularpumpe angebracht. Dieses Vakuummeter ist an einem Teil der Vorvakuumleitung anzubringen, welches geradlinig und gleichbleibend im Durchmesser ist und dessen Durchmesser dem des Vorvakuumstutzens der Turbo-Molekularpumpe entspricht. Das Anschlußrohr des Vakuummeters ist senkrecht zur Achse des Rohres zu montieren und darf nach innen nicht überstehen.

In dem Falle, wo man nacheinander die Messung für Wasserstoff, Helium und Stickstoff machen will, muß man in allen Fällen vor jedem Gaseinlass den Betriebsenddruck erreicht haben.

Man wartet zunächst ab, bis man den Betriebsenddruck  $p_1$  im Dom erreicht hat. Dabei ist  $p_{10}$  der entsprechende Druck auf der Vorvakuumseite. Um diese Messung zu ermöglichen, muß der Druck  $p_{10}$  niedriger als  $10^{-3}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-4}$  Torr) sein. Das Dosierventil B wird dann so geöffnet, daß der Druck langsam steigt. Man notiert gleichzeitig die Werte des Druckes  $p_1$  auf der Vorvakuumseite und  $p_2$  auf der Hochvakuumseite, wenn sich jeweils die beiden Drücke stabilisiert haben.

Die hier gewonnenen Werte zeichnet man Punkt für Punkt zu einer Kurve des Ansaugdruckes  $p_2$  in Abhängigkeit vom Vorvakuumdruck  $p_1$ . Je Dekade des Vorvakuumdruckes und des Ansaugdruckes sind 3 Messungen vorzunehmen.

During and at the end of bake out ionization gauge electrodes should be degassed according to the process recommended by the gauge manufacturer. De-gassing should be repeated every 10 hours, the last operation to occur at least 5 hours before the measurement.

In the event that a partial pressure gas analyzer is connected to the system it should be baked out in conformity with the manufacturer's instructions during and at the end of the baking-out process. The ultimate operational pressure is defined as the pressure measured by the pressure gauge 48 hours after bake-out ends. The slope of the curve of pressure against time should not be positive.

#### 4.4 Compression ratio

##### 4.4.1 Definition of compression ratio

The relationship of the backing pressure to the inlet pressure, for a given gas of zero flow rate, 90 % at least of the backing pressure being due to the partial pressure of this gas in the outlet duct.

##### 4.4.2 Method of measurement

The determination of the compression ratio is made without gas injection into the test dome by introducing a variable throughput of gas into the turbo-molecular pump outlet. Partial gas pressure at inlet and outlet are measured. The compression ratio is then given by the relationship of both pressures.

##### 4.4.3 Execution of compression ratio test for pumps with an inlet pressure $> 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ torr)

The gas used should be dried nitrogen, helium or hydrogen. Pressure records should be made using devices calibrated with the gas used. An adjustable valve (B) (Fig. 5) for gas admission is fitted at the inlet of the backing pump to regulate backing pressure.

A pressure gauge (C) intended for pressure measurement at the outlet of the turbo-molecular pump is mounted in a straight uniform length of the backing line, the diameter of which is equal to that of the pump outlet. The connecting pipe of the pressure gauge is normal to the pipe axis and flush with the inside wall of this pipe.

In the case when measurement should be made successively with hydrogen, helium and nitrogen, in each case the ultimate operational pressure should first be obtained before any gas introduction.

One should first wait until the ultimate operational pressure  $p_1$  is prevailing in the dome. Let  $p_{10}$  be the corresponding backing pressure. Pressure  $p_{10}$  should be less than  $10^{-3}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-4}$  torr) to make measurements possible. Valve B is then progressively opened so that the pressure may increase in steps. The values of backing pressure  $p_1$  and inlet pressure  $p_2$  are noted simultaneously when pressure increase is stabilized. The curve of inlet pressure  $p_2$  in terms of backing pressure  $p_1$  is thus plotted point by point. Three points should be recorded per decade of the backing and inlet pressures.

Au cours de l'étuvage et à la fin de celui-ci les électrodes des jauges à ionisation seront dégazées suivant le processus recommandé par le constructeur, ce dégazage sera répété toutes les 10 heures, le dernier devant précéder d'au moins 5 heures la mesure.

L'analyseur de gaz résiduels sera étuvé conformément aux instructions données par le constructeur, pendant et à la fin de l'étuvage.

On relèvera à cet instant la pression au refoulement. Durant cet essai, les valeurs maximale et minimale de la température ambiante et du dôme seront notées.

La pression limite opérationnelle est définie comme étant la pression mesurée par le manomètre au maximum 48 heures après la fin de l'étuvage. La courbe du relevé de la pression en fonction du temps ne doit pas alors présenter de pente positive.

#### 4.4 Mesure du taux de compression

##### 4.4.1 Définition du taux de compression

Rapport de la pression au refoulement à la pression à l'aspiration, pour un gaz déterminé et pour une puissance d'aspiration nulle la pression au refoulement étant due pour 90 % au moins à la pression partielle de ce gaz dans la tubulure de refoulement.

##### 4.4.2 Méthode de mesure

La détermination du taux de compression se fait sans injection de gaz dans le dôme d'essai, en introduisant un flux variable de gaz au refoulement de la pompe turbo-moléculaire. On mesure les pressions partielles de gaz au refoulement et à l'aspiration. Le taux de compression est alors donné par le rapport de ces pressions.

##### 4.4.3 Déroulement des essais pour une pression d'aspiration $> 10^{-6}$ mbar ( $7,5 \cdot 10^{-7}$ torr)

Le gaz utilisé est de l'azote séché, de l'hélium ou de l'hydrogène. Les relevés de pression seront faits avec des appareils étalonnés pour le gaz utilisé. Un robinet réglable (B) (figure 5) d'admission du gaz est monté à l'entrée de la pompe primaire pour régler la pression au refoulement.

Un manomètre (C) destiné à mesurer la pression dans la tuyauterie de refoulement est situé près de l'ajutage de la pompe turbo-moléculaire. Ce manomètre est monté dans une partie rectiligne et uniforme de la tuyauterie de refoulement dont le diamètre est égal à celui de l'orifice de refoulement de la pompe. Le tube d'attache du manomètre est perpendiculaire à l'axe de la tuyauterie et affleure la paroi intérieure de celle-ci.

Dans le cas où on veut faire successivement la mesure pour l'hydrogène, l'hélium et l'azote, on devra obtenir dans les trois cas, avant toute introduction de gaz, la pression limite opérationnelle.

On attendra d'abord que l'on ait atteint la pression limite opérationnelle  $p_1$  dans le dôme (§ 3.3). Soit  $p_{10}$  la pression au refoulement qui lui correspond. La pression  $p_{10}$  doit être inférieure à  $10^{-3}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-4}$  torr) pour que les mesures soient possibles. Le robinet B est alors ouvert de façon que celle-ci augmente progressivement. On note simultanément les valeurs de la pression au refoulement  $p_1$  et de la pression d'aspiration  $p_2$  quand l'évolution des pressions s'est stabilisée. On trace ainsi point par point la courbe de la pression à l'aspiration  $p_2$  en fonction de la pression au refoulement. On effectuera 3 points par décade de la pression au refoulement et de la pression à l'aspiration.

Dann zeichnet man die Kurve

$$(p_a - p_1) = f(p_r - p_{r0})$$

die sich aus der experimentell gewonnenen Kurve ableitet. Sie wird nur ab dem Wert aufgezichnet, der dem Betriebsenddruck entspricht.

Schliesslich zeichnet man die Kurve des Druckverhältnisses

$$k = \frac{p_r - p_{r0}}{p_a - p_1}$$

in Abhängigkeit vom Vorvakuuudruck  $p_r$ .

**4.4.4 Messung des Druckverhältnisses für Ansaugdrücke <math>10^{-6}</math>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>Torr)**

Die verwendeten Gase sind getrockneter Stickstoff, Helium oder Wasserstoff. Der Anteil der Verunreinigungen, die in diesen Gasen enthalten sind, darf 100 ppm nicht überschreiten. Wenn man nacheinander die Messungen für Wasserstoff, Helium und Stickstoff machen will, muß man vor jeder Messserie den Betriebsenddruck wieder erreichen, bevor man Gas einlässt.

Man wartet zunächst ab, bis man den Betriebsenddruck im Dom erreicht hat. Man sieht dann das Partialdruck-Vakuuometer. Man geht in folgender Weise vor:

Man läßt durch das Ventil B (Fig. 6) vom gewählten Testgas eine solche Menge ein, daß das entsprechende Signal des Partialdruck-Vakuuometers eine merkbare Erhöhung zeigt. Man notiert dann den Strom  $i_1$  entsprechend diesem Signal, ebenso wie den entsprechenden Totaldruck  $p_1$ . Diese Operation wird dreimal wiederholt, ohne die Einstellung des Partialdruck-Vakuuometers zu ändern. Hieraus leitet man das Verhältnis  $\Delta i / \Delta p$  des Partialdruck-Vakuuometers für das betreffende Gas ab.

$$\frac{\Delta i}{\Delta p} = \frac{i_1 - i_2}{p_1 - p_2} = \frac{i_1 - i_3}{p_1 - p_3} = \frac{i_2 - i_3}{p_2 - p_3}$$

Diese Operation wird für alle Empfindlichkeitsbereiche des Partialdruck-Vakuuometers wiederholt.

Wenn das Verhältnis  $\Delta i / \Delta p$  bestimmt ist, schließt man das Ventil B und wartet, bis der Druck im Dom wieder auf den Betriebsenddruck gesunken ist. Dann macht man ein Massenspektrogramm und notiert gleichzeitig die Total- und Partialdrücke auf der Vor- und auf der Hochvakuuseite.

Man läßt dann Testgas durch das Ventil C (Fig. 6) ein, bis man einen Ansaugdruck in doppelter Höhe des vorhergehenden erreicht. Wenn nach einer Wartezeit von 30 Minuten die Drücke auf der Vor- und auf der Hochvakuuseite stabilisiert sind, nimmt man ein Massenspektrogramm auf, gleichzeitig liest man den Partialdruck auf der Vorvakuuseite ab. Aus der Differenz der Ströme  $\Delta i$  der beiden Spektren errechnet man die Erhöhung des Partialdruckes des Gases  $\Delta p_a$  auf der Saugseite. Wenn  $\Delta p_r$  die Differenz der Partialdrücke auf der Vorvakuuseite ist, errechnet sich das Druckverhältnis wie folgt:

$$k = \frac{\Delta p_r}{\Delta p_a}$$

Man kann dann zum folgenden Punkt übergehen, der sich bei einem höheren Druck befindet. Man nimmt ein Massenspektrogramm auf, und das Druckverhältnis an diesem Punkt wird gegeben durch

$$k = \frac{\Delta(p_r - p_r \text{ Enddruck})}{\Delta(p_a - p_a \text{ Enddruck})}$$

The curve

$$(p_a - p_1) = f(p_r - p_{r0})$$

is then plotted by deduction from the experimental curve. This curve should be plotted starting from a value corresponding to the ultimate operational pressure.

A graph of the compression ratio

$$k = \frac{p_r - p_{r0}}{p_a - p_1}$$

in terms of backing pressure  $p_r$  should be plotted.

**4.4.4 Execution of compression ratio test for pumps with an inlet pressure <math>10^{-6}</math>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)**

The gas used should be dried nitrogen, helium or hydrogen. The impurity content in these gases should not exceed 100 parts per million.

If measurement are to be made successively with hydrogen, helium and nitrogen, before each measurement series the ultimate operational pressure should be obtained before any gas introduction. One should wait until the ultimate operational pressure is reached in the dome. The partial pressure gas analyser is then calibrated. The procedure should be as follows:

A certain flow rate of the test gas chosen, is introduced through valve B (figure 6) in such a way that the corresponding signal of the analyser shows a noticeable increase; the current  $i_1$  corresponding to this signal is then noted together with the total corresponding pressure ( $p_1$ ). This operation is repeated three times without altering the partial pressure gas analyser setting. The ratio  $\Delta i / \Delta p$  of the analyser for the gas concerned is deduced therefrom:

$$\frac{\Delta i}{\Delta p} = \frac{i_1 - i_2}{p_1 - p_2} = \frac{i_1 - i_3}{p_1 - p_3} = \frac{i_2 - i_3}{p_2 - p_3}$$

This operation is repeated for all sensitivity ranges of the analyser. One ratio  $\Delta i / \Delta p$  determined, valve B is closed and enough time is left for the pressure in the dome to approach closely the value of the ultimate operational pressure. A mass spectrum is then taken and the total and partial pressures at inlet and outlet are measured.

The test gas is then introduced through valve C (fig. 6) so as to obtain an inlet pressure twice as high as the preceding ultimate pressure. If after a waiting time of 30 minutes the pressures at the inlet and the outlet are stabilized a mass spectrum is taken. Simultaneously the partial pressure at the outlet is recorded. The partial pressure  $\Delta p_a$  of the gas at the inlet is deduced from the difference in the currents  $\Delta i$  of both spectra. Let  $\Delta p_r$  be the difference in partial backing pressures, the compression ratio is then given by

$$k = \frac{\Delta p_r}{\Delta p_a}$$

One may then proceed to the next point which should correspond to a higher pressure. A mass spectrum is taken and the corresponding compression ratio at this point is given by:

$$k = \frac{\Delta(p_r - p_r \text{ ultimate})}{\Delta(p_a - p_a \text{ ultimate})}$$

On trace ensuite la courbe

$$(p_a - p_1) = f(p_r - p_{r0})$$

déduite de la courbe expérimentale. Cette courbe ne sera tracée qu'à partir d'une valeur qui corresponde à pression limite opérationnelle.

Un graphique du taux de compression

$$k = \frac{p_r - p_{r0}}{p_a - p_1}$$

sera tracé en fonction de la pression au refoulement  $p_r$ .

**4.4.4 Déroutement des essais pour des pompes avec une pression d'aspiration <math>10^{-6}</math>bar (7,5 · 10<sup>-7</sup>torr)**

Le gaz utilisé est de l'azote séché, de l'hélium ou de l'hydrogène. La proportion d'impuretés contenue dans ces gaz ne devra pas excéder 100 parties par million.

Si l'on veut effectuer successivement des mesures en présence d'hydrogène, d'hélium et d'azote on devra, avant chaque série de mesures, obtenir la pression limite opérationnelle, avant toute introduction de gaz.

On attend d'avoir atteint la pression limite opérationnelle dans le dôme. On étalonne ensuite le spectromètre de masse et procédera de la manière suivante:

On introduit par le robinet B (figure 6) un certain débit du gaz d'essai choisi, de telle sorte que le signal correspondant de l'analyseur montre une augmentation notable; on note alors le courant ( $i_1$ ) correspondant à ce signal ainsi que la pression totale correspondante ( $p_1$ ). Cette opération est répétée 3 fois sans changer les réglages du spectromètre de masse. On en déduit le rapport  $\Delta i / \Delta p$  du spectromètre pour le gaz considéré

$$\frac{\Delta i}{\Delta p} = \frac{i_1 - i_2}{p_1 - p_2} = \frac{i_1 - i_3}{p_1 - p_3} = \frac{i_2 - i_3}{p_2 - p_3}$$

Cette opération sera répétée pour toutes les gammes de sensibilité du spectromètre. Une fois ce rapport  $\Delta i / \Delta p$  déterminé, on ferme le robinet B et on attend un temps suffisant pour que la pression dans le dôme soit revenue à une valeur voisine de la pression limite opérationnelle. On fait alors un spectre des masses et on note les pressions totale et partielle correspondantes à l'aspiration et au refoulement.

On admet alors le gaz d'essai par le robinet C (fig. 6) de façon à obtenir une pression à l'aspiration double de la précédente. Si après un temps d'attente de 30 minutes, les pressions au refoulement et à l'aspiration sont établies, un spectre des masses est relevé ainsi que la pression partielle correspondante au refoulement. De la différence des courants  $\Delta i$  des deux spectres, on déduit l'augmentation de pression partielle des gaz  $\Delta p_a$  à l'aspiration. Soit  $\Delta p_r$  la différence des pressions partielles au refoulement, le taux de compression est alors donné par

$$k = \frac{\Delta p_r}{\Delta p_a}$$

On pourra alors passer au point suivant qui se situera à une pression supérieure. On fera un relevé du spectre de masse; le taux de compression correspondant à ce point sera donné par

$$k = \frac{\Delta(p_r - p_r \text{ limite})}{\Delta(p_a - p_a \text{ limite})}$$

Man macht drei Messungen pro Dekade, mindestens bis zum Erreichen eines Totaldruckes von  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-6}$  Torr) auf der Hochvakuumsseite.

Aufgezeichnet wird die Kurve des Partialdruckes des Testgases auf der Hochvakuumsseite in Abhängigkeit des Partialdruckes auf der Vorvakuumsseite und die Druckverhältnisse in Abhängigkeit vom Partialdruck auf der Vorvakuumsseite.

#### Anmerkung:

Im Falle von Wasserstoff kann man entsprechend Abschnitt 4.4.3 arbeiten, wenn man das Partialdruck-Vakuummeter nicht verwenden will.

#### 4.4.5 Darstellung der Ergebnisse

Die Kurve des Totaldruckes auf der Hochvakuumsseite wird in Abhängigkeit vom gemessenen Druck auf der Vorvakuumsseite auf einem Kurvenblatt mit logarithmischer Abszisse für den Vorvakuumsdruck und logarithmischer Ordinate für den Hochvakuumsdruck aufgetragen. Der Betriebsdruck wird auf diesem Kurvenblatt angegeben.

Die Kurve für den Partialdruck eines Gases auf der Hochvakuumsseite in Abhängigkeit von dem auf der Vorvakuumsseite wird in einem logarithmischen System aufgetragen. Die Kurve des Druckverhältnisses in Abhängigkeit vom Vorvakuumsdruck wird ebenfalls in einem logarithmischen System aufgetragen. Das oder die Testgase müssen klar für jede Kurve angegeben werden.

#### 4.5 Maximaler Betriebsdruck

##### 4.5.1 Definition

Der maximale Betriebsdruck ist der höchste Druck auf der Ansaugseite, den die Pumpe bei eingeschaltetem Antrieb noch ertragen kann, ohne daß Beschädigungen der Pumpe oder der Antriebs Elemente auftreten. Dieser maximale Betriebsdruck wird vom Hersteller festgelegt, da er weitgehend von der Konstruktion der Pumpe abhängig ist.

##### 4.5.2 Messmethode

Die Tatsache, daß die Pumpe den maximalen Betriebsdruck aushält, wird dadurch nachgewiesen, daß sie eine Stunde lang bei diesem Druck betrieben wird.

##### 4.5.3 Durchführung der Messung

Die Pumpe wird mit einem Testdome nach Fig. 1 versehen. An diesem Messdom werden ein Membranvakuummeter für den Messbereich von 1 bis 1000 mbar (0,76 bis 760 Torr) sowie ein ausreichend großes Lufteinlassventil angegeschlossen. Die Pumpe wird eingeschaltet und so lange betrieben, bis mindestens ein Druck von 1/100 des angegebenen maximalen Betriebsdruckes erreicht ist. Dann wird das Lufteinlassventil so weit geöffnet, daß sich der maximale Betriebsdruck im Dom einstellt. Eventuell vorhandene Sicherungseinrichtungen, die die Pumpe beim Erreichen dieses Druckes abschalten, müssen vorher außer Betrieb gesetzt werden. Nach Ablauf einer Stunde schließt man das Lufteinlassventil und stellt durch das Absinken des Druckes fest, ob die Pumpe Beschädigungen erlitten hat.

Es empfiehlt sich, diesen Versuch vor allen anderen Prüfungen durchzuführen, damit der Nachweis der Funktionstüchtigkeit für die späteren Prüfungen eindeutig gegeben ist.

At least three measurements per decade should be made until a total pressure of  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-6}$  torr) is obtained at the inlet.

The curve of the partial pressure of test gas at the inlet should be plotted against the partial pressure at the outlet, as well as that of the compression ratio against partial pressure at the outlet.

#### Note:

In the case of hydrogen the procedure may be as in clause 4.4.3 if it is not desired to use a partial pressure gas analyser.

#### 4.4.5 Presentation of results

The curve representing the total input pressure as a function of the pressure measured at the outlet should be plotted on a graph having logarithmic abscissae for backing pressure and a logarithmic ordinate for inlet pressure. The ultimate operational pressure should be indicated on the graph.

The curve representing the partial pressure of the gas at the inlet as a function of that at the outlet, should be plotted using a logarithmic system.

The curve representing the compression ratio as a function of backing pressure should be plotted using a logarithmic system.

Test gases should be clearly stated on each curve.

#### 4.5 Maximum working pressure

##### 4.5.1 Definition

The maximum working pressure is the highest pressure on the inlet side which the pump and the driving device can withstand without being damaged.

This maximum pressure ought to be determined by the manufacturer as it greatly depends upon the pump technology.

##### 4.5.2 Method of measurement

The fact that the pump can withstand the maximum working pressure is proved by running the pump for one hour at this pressure.

##### 4.5.3 Execution of test

A test dome according to fig. 1 is fitted to the pump. To the dome is connected a diaphragm gauge with a range from 1 to 1000 mbar (0,76 to 760 torr) and a sufficiently large air inlet valve. The pump is switched on and run until a pressure of about 1/100 of the maximum working pressure is attained. Then the air inlet valve is opened so as to produce the maximum working pressure in the dome. Existing safety devices, which switch off the pump when this pressure is reached, must be isolated during this operation. After one hour the air inlet valve is closed and by the lowering the pressure it can be determined if the pump is damaged.

It is recommended to make this test before all other tests to prove the function of the pump.

On effectuera trois mesures par décade au moins jusqu'à l'obtention d'une pression totale de  $10^{-5}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-6}$  torr) à l'aspiration.

La courbe de la pression partielle du gas d'essai à l'aspiration en fonction de la pression partielle au refoulement sera tracée ainsi que celle du taux de compression en fonction de la pression partielle au refoulement.

#### Note:

Dans le cas de l'hydrogène on peut opérer conformément au par. 4.4.3 si on ne veut pas utiliser d'analyseur de gaz résiduels.

#### 4.4.5 Méthode pour enregistrer les résultats

La courbe représentative de la pression totale d'admission en fonction de la pression mesurée au refoulement sera tracée sur un graphique ayant une abscisse logarithmique pour la pression au refoulement et une ordonnée logarithmique pour la pression à l'aspiration. La pression limite opérationnelle sera indiquée sur ce graphique.

La courbe représentative de la pression partielle d'un gaz à l'aspiration en fonction de celles au refoulement sera tracée dans un système logarithmique. La courbe représentative du taux de compression en fonction de la pression au refoulement sera tracée dans un système logarithmique.

La ou les gaz d'essai seront clairement indiqués sur chaque courbe.

#### 4.5 Pression maximale de fonctionnement

##### 4.5.1 Définition

La pression maximale de fonctionnement est la pression maximale à l'aspiration que la pompe peut supporter, entraînement enclenché, sans que la pompe ou les éléments d'entraînement soient détériorés.

Cette pression maximale devrait être déterminée par le constructeur car elle dépend beaucoup de la technologie de la pompe.

##### 4.5.2 Méthode de mesure

La vérification que la pompe peut supporter la pression maximale se fait en la faisant tourner durant une heure à cette pression.

##### 4.5.3 Déroulement de l'essai

La pompe doit être munie d'un dôme selon fig. 1. Il est muni d'un manomètre à membrane pour la gamme de mesure de 1 à 1000 mbar (0,75 à 750 torr) et d'un robinet d'entrée d'air suffisamment dimensionné. La pompe est démarrée et on attend, robinet fermé, qu'on ait atteint une pression environ 1/100 de la pression maximale de fonctionnement. Le robinet est alors ouvert de façon que la pression maximale dans la dôme soit atteinte. Les dispositifs de sécurité éventuels, qui déclenchent l'entraînement de la pompe à cette pression, doivent être mis hors service. Après une heure on ferme le robinet d'entrée d'air pour vérifier par la descente en pression du dôme, que la pompe n'a subi aucun dommage.

Il est recommandé d'exécuter cet essai avant les autres, preuve du bon fonctionnement de la pompe.

#### 4.6 Hochlaufzeit und Auslaufzeit

##### 4.6.1 Definitionen

Die Hochlaufzeit der Pumpe ist die Zeitspanne, die die Pumpe zur Erreichung von 90 % ihrer Nenndrehzahl benötigt.

Die Auslaufzeit der Pumpe ist die Zeitspanne, die von der Pumpe benötigt wird, um von ihrer Betriebsdrehzahl auf 10 % dieser Zahl herunterzukommen.

##### 4.6.2 Messung der Hochlaufzeit

Die Pumpe wird mit einem Dom nach Fig. 1 versehen. Die Vorvakuumpumpe und die Turbomolekularpumpe sind im Stillstand, der Dom auf Atmosphärendruck. Man schaltet beide Pumpen zu gleicher Zeit ein. Das Zeitintervall vom Augenblick des Einschaltens der beiden Pumpen bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Turbomolekularpumpe 90 % der Nenndrehzahl erreicht, ist die Hochlaufzeit.

##### 4.6.3 Messung der Auslaufzeit

Die Turbomolekularpumpe ist mit einem Dom nach Fig. 1 versehen und läuft mit Betriebsdrehzahl (diese kann leicht unterhalb der Nenndrehzahl liegen). Der Druck im Dom muß unterhalb  $10^{-2}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-3}$  Torr) liegen. Man misst die Drehzahl der Pumpe und schaltet die Stromzuführung zur Turbomolekularpumpe ab. Danach registriert man regelmäßig die Drehzahl als Funktion der Zeit.

Das Zeitintervall zwischen dem Abschalten und dem Zeitpunkt, an dem die Pumpe 10 % ihrer Maximaldrehzahl erreicht, ist die Auslaufzeit der Pumpe.

#### 4.7 Vibrationen

Falls vom Hersteller der Pumpe Angaben über die Größe der Vibrationen gemacht werden, ist mit anzugeben, wie und unter welchen Bedingungen diese Werte gemessen wurden. Insbesondere ist anzugeben, an welchen Stellen der Pumpe gemessen wurde, auf welche Weise der Saugutzen der Pumpe verschlossen wurde, wie die Pumpe aufgestellt wurde und in welcher Weise die Pumpe mit der Vorpumpe verbunden war. Die Angabe des Messverfahrens kann evtl. durch Nennung der nationalen Norm, nach der die Messung durchgeführt wurde, ersetzt werden.

#### 4.8 Zusätzliche Angaben im Protokoll

Das Messprotokoll muß folgende Punkte enthalten:

- Abmessung des oder der Messdome mit Angabe des Durchmessers der Blendenöffnung.
- Wert der Leitfähigkeit der Blende und die Formel, die für die Berechnung benutzt wurde.
- Maximaltemperatur und Dauer der Ausheizung.
- Typ und Betriebsbedingungen von allen gebrauchten Messgeräten.
- Typ der verwendeten Dichtungen.
- Maximal- und Minimaltemperatur des Kühlwassers am Ein- und Austritt.
- Kühlwassermenge

#### 4.6 Speeding up and slowing down times

##### 4.6.1 Definitions

The time of speeding up is defined as the time interval required by the pump to reach 90 % of its nominal speed.

The time of slowing down is defined as the time interval required by the pump running at its maximum speed to reach 10 % of this speed.

##### 4.6.2 Measurement of speeding-up time

The pump should be fitted with the test dome (figure 1). The backing pump and the turbo-molecular pump should be at rest, the dome at atmospheric pressure. Both pumps should be started simultaneously and the speed of rotation should be recorded as a function of time. The time interval elapsing between the starting of both pumps and the moment when the turbo-molecular pump reaches 90 % of its nominal speed is the speeding-up time.

##### 4.6.3 Measurement of slowing down time

The turbo-molecular pump is equipped with the test dome (figure 1) and run at its maximum speed (this may be slightly lower than the nominal speed). The pressure in the dome should be less than  $10^{-2}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-3}$  Torr).

The speed of rotation of the pump should be recorded. Power input to the pump is switched off and the speed of rotation is regularly noted as a function of time.

The time interval elapsing between switching off and the moment when the pump speed reaches 10 % of the maximum speed of rotation is the slowing down time.

#### 4.7 Vibrations

In the case where a pump manufacturer quotes the maximum measured vibration, both the method and conditions under which the measurements were taken are to be given. In particular, the measuring points on the pump, the manner in which the inlet port of the pump was closed, how the pump outfit was supported and in which way the pump was connected to the backing pump must all clearly stated. The statement of the measuring method can alternatively be given in accordance with a published National Standard.

#### 4.8 Additional indications

The test report should compulsorily include the following items:

- size of the test dome(s) with the indication of the orifice diameter
- value of standard conductance and formula used for calculation thereof
- maximum temperature and duration of bake out
- type and performance conditions of all measuring apparatus used
- type of joints used
- maximum and minimum temperature of cooling water at inlet and outlet
- flow rate of cooling water

#### 4.6 Temps de mise en vitesse et de descente en vitesse

##### 4.6.1 Définition

Le temps de mise en vitesse est défini comme le laps de temps mis par la pompe pour atteindre 90 % de sa vitesse nominale.

Le temps de descente en vitesse est défini comme le laps de temps mis par la pompe, tournant à sa vitesse opérationnelle, pour atteindre 10 % de cette vitesse.

##### 4.6.2 Mesure du temps de mise en vitesse

La pompe est équipée du dôme d'essai (figure 1). La pompe primaire et la pompe turbo-moléculaire sont à l'arrêt, le dôme à la pression atmosphérique. On enclenchera en même temps les deux pompes et on relèvera la vitesse de rotation en fonction du temps. L'intervalle de temps séparant l'instant d'enclenchement des 2 pompes du moment où la pompe turbo-moléculaire atteint 90 % de sa vitesse nominale est le temps de mise en vitesse.

##### 4.6.3 Mesure du temps de descente en vitesse

La pompe turbo-moléculaire est équipée du dôme d'essai (figure 1) et tourne à sa vitesse maximale (celle-ci peut être légèrement inférieure à sa vitesse nominale). La pression dans le dôme doit être inférieure à  $10^{-2}$  mbar ( $7,5 \cdot 10^{-3}$  Torr).

On relève la vitesse de rotation de la pompe. On interrompt l'arrivée de puissance à la pompe et on note régulièrement la vitesse de rotation en fonction du temps.

L'intervalle de temps séparant l'instant de l'interruption du moment où la vitesse de la pompe atteint 10 % de la vitesse de rotation maximale est le temps de descente en vitesse.

#### 4.7 Vibrations

Au cas où le constructeur de la pompe est amené à spécifier la grandeur des vibrations de celle-ci, il est tenu d'indiquer comment et dans quelles conditions cette valeur a été obtenue. Il doit, en particulier, spécifier à quel endroit de la pompe s'est effectuée la mesure, de quelle façon était fermée son admission, comment elle était placée et de quelle façon elle se trouvait reliée à la pompe primaire. L'indication du processus de mesure peut éventuellement être remplacée par la dénomination de la norme nationale selon les indications de laquelle la mesure a été opérée.

#### 4.8 Indications complémentaires

Le procès-verbal devra inclure obligatoirement les points suivants:

- dimension du ou des dômes d'essai avec l'indication du diamètre de l'orifice
- valeur de la conductance étalon et formule utilisée pour son calcul
- température maximale et durée de l'étuvage
- type et conditions de fonctionnement de tous les instruments de mesure utilisés
- type des joints utilisés
- température maximale et minimale de l'eau de refroidissement à son entrée et à sa sortie
- débit de l'eau de refroidissement

- Typ, Quantität und Qualität (Dampfdruck bei 20°C des verwendeten Schmiermittels.
- Typ und Saugvermögen der verwendeten Vorpumpen.
- Leistungsaufnahme des Antriebsmotors.
- Umgebungstemperatur für jede Messung.
- Drehzahl der Pumpe.
- type, quantity and quality (vapour pressure at 20°C) of lubricating fluid used
- type and flow rate of backing pumps used
- power input of the driving motor
- room temperature
- speed of rotation of pump
- type, quantité et qualité (tension de vapeur à 20°C du fluide de graissage utilisé
- type et débit des pompes primaires utilisées
- puissance du moteur d'entraînement
- température ambiante
- vitesse de rotation de la pompe

Meßgeräte für den Gasstrom

Flow measuring equipment

Instruments de mesure du flux gazeux

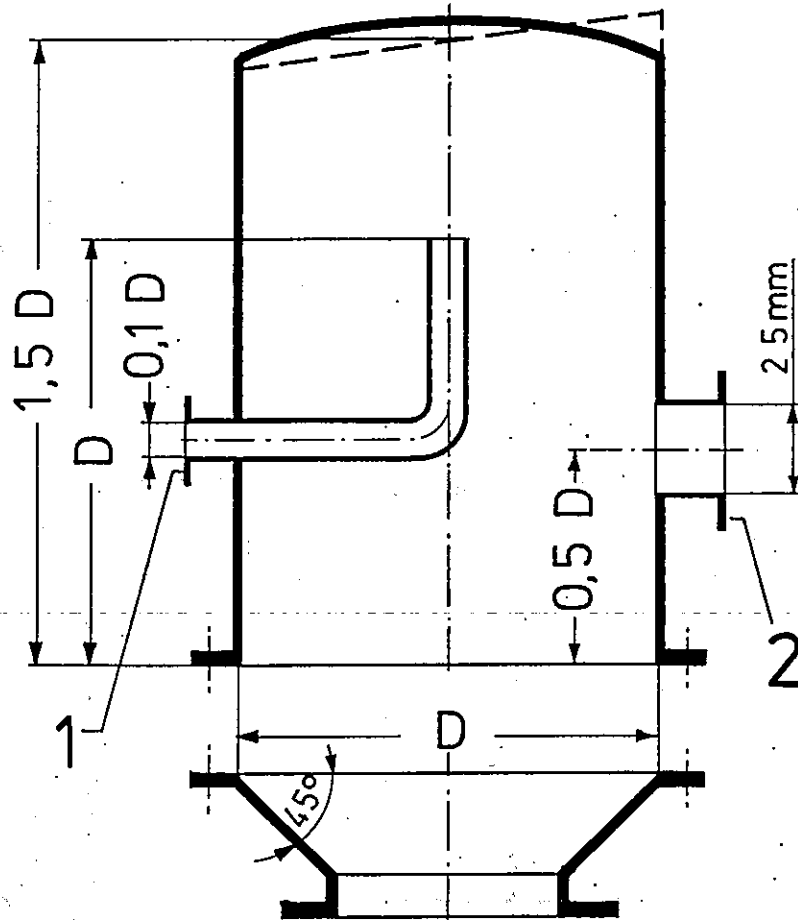
Tabelle 1

Table 1

Tableau 1

Bereich Range Gamme	Meßmethode Measuring method Méthode de Mesure	Fehler % accuracy % erreur %
$> 1 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ( $0,75 \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Blende oder Schwebekörper Orifice or Float type Méthode de mesure	$\pm 5$
$10 \dots 1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ( $7,5 \dots 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Bürette Vertical tube Volumètre à pipette	$\pm 5$
$2,5 \dots 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ( $2 \dots 5 \cdot 10^{-3} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	gezeichnete Kapillare calibrated capillary capillaire étalonné	$\pm 5$
Alle Bereiche All ranges Tous les gammes	$> 2 \cdot 10^{-4} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ $(1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1})$ Thermoelektrischer Durchflußmesser Thermal flowmeter Débitmètre thermoélectrique	$\pm 10$
$< 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ( $7,5 \cdot 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Leitwert Conductance Conductance	$\pm 10$

Fig. 1    Meßdom  
Test Dome  
Dôme d'essai

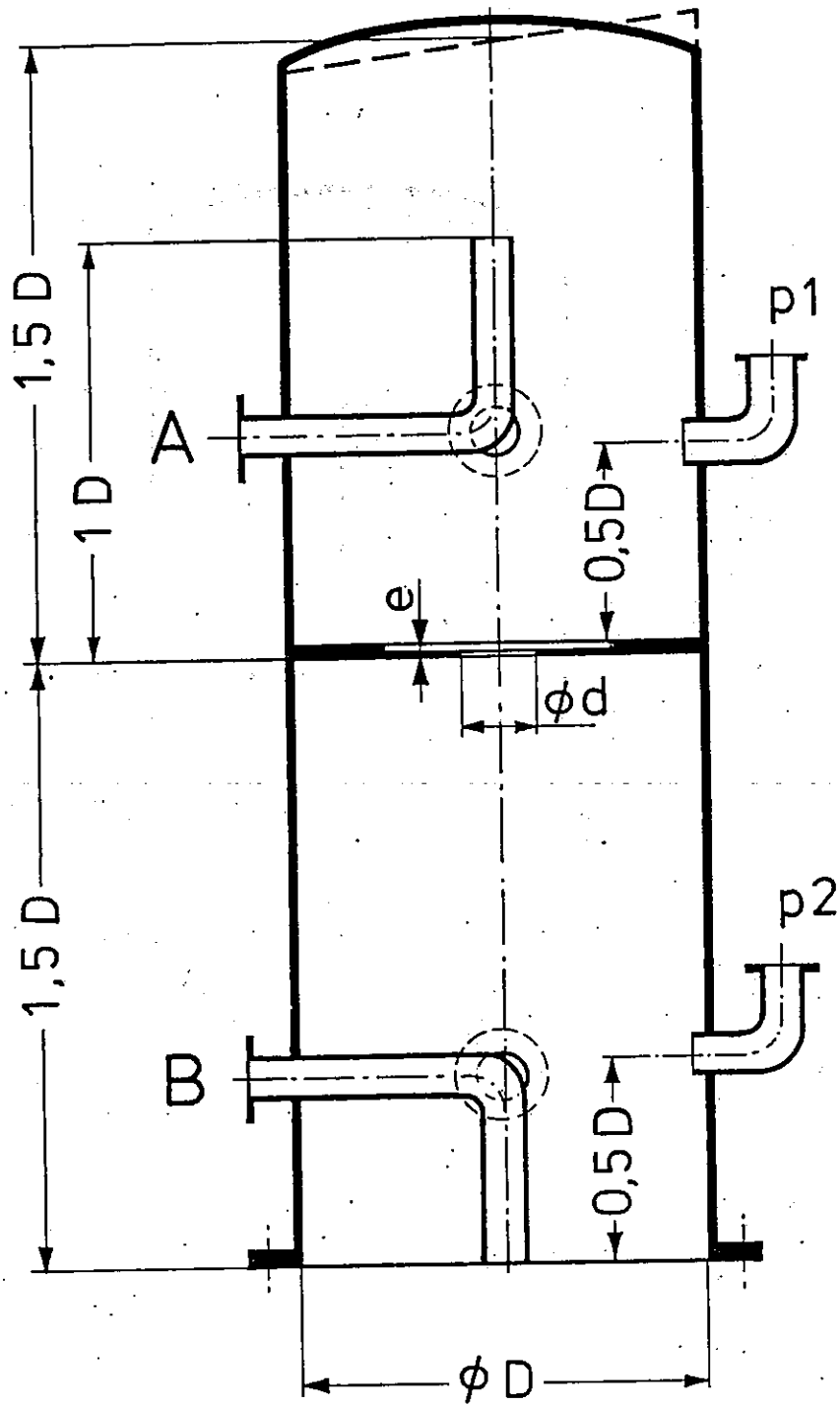


1 = Gaseinlaß  
Gas inlet  
Admission de Gaz

2 = Anschluß des Vakuummeßgerätes  
Vacuum gauge connection  
Raccordement du dispositif de mesure



Fig. 2 Meßdom  
 Test Dome  
 Dôme d'essai



1 = Gaseinlaß  
 Gas inlet  
 Admission de Gaz

2 = Anschluß des Vakuummeßgerätes  
 Vacuum gauge connection  
 Raccordement du dispositif de mesure

Fig. 3 Meßgerät für den Volumendurchfluß  
Measuring tube  
Volumètre à pipette

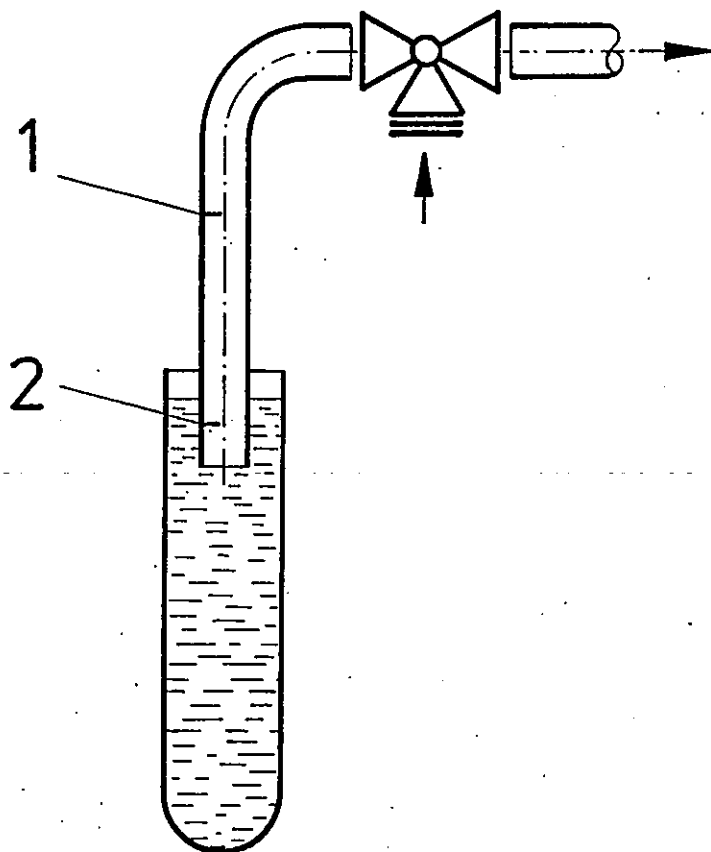


Fig. 4 Meßgerät für den Volumendurchfluß oder pV-Durchfluß mit geeichter Kapillare mit Eicheinrichtung  
Flowmeter with calibrated capillary and calibrating device  
Débitmètre à capillaire étalonné avec appareil d'étalonnage

Meßkapillare  
Calibrated capillary  
Capillaire étalonné

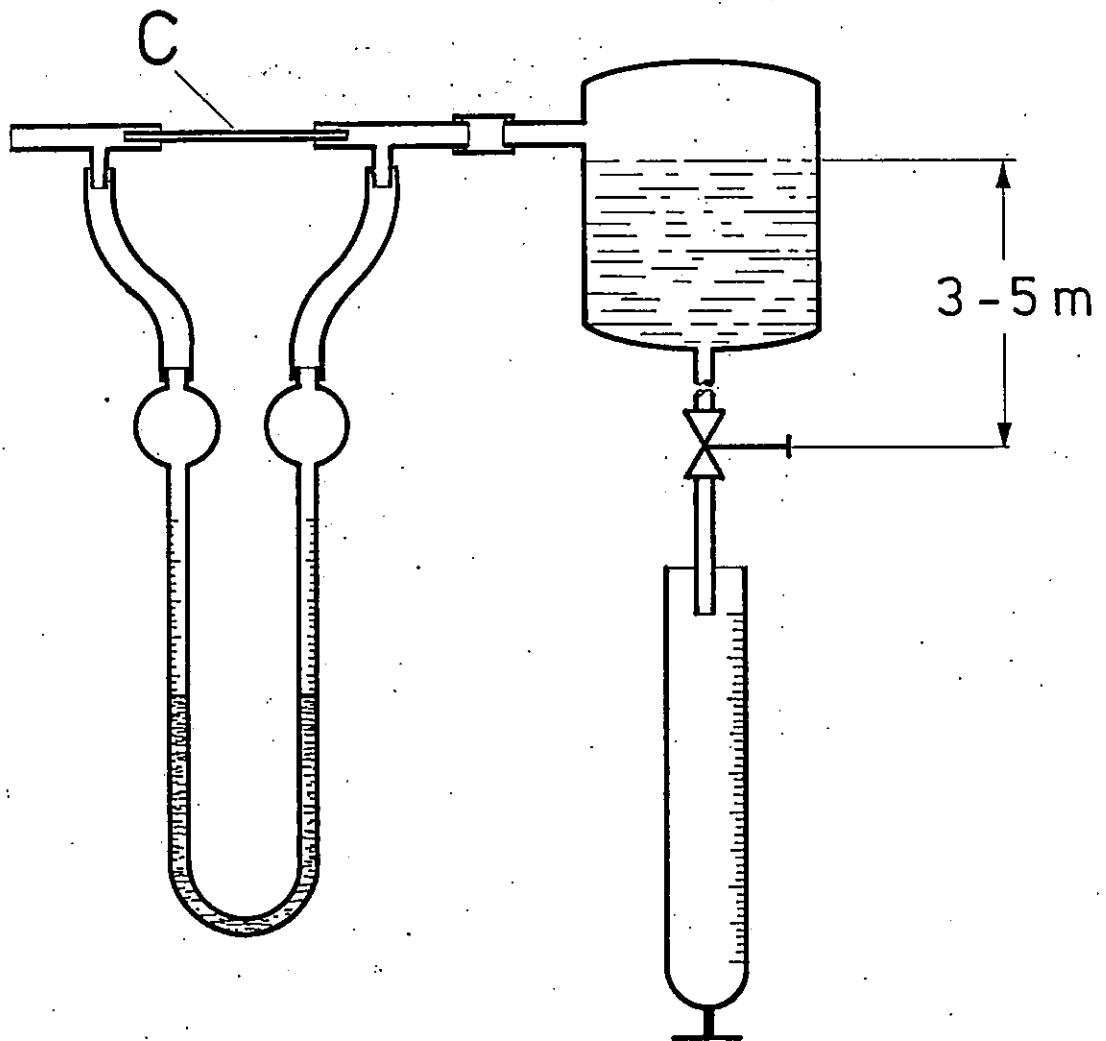
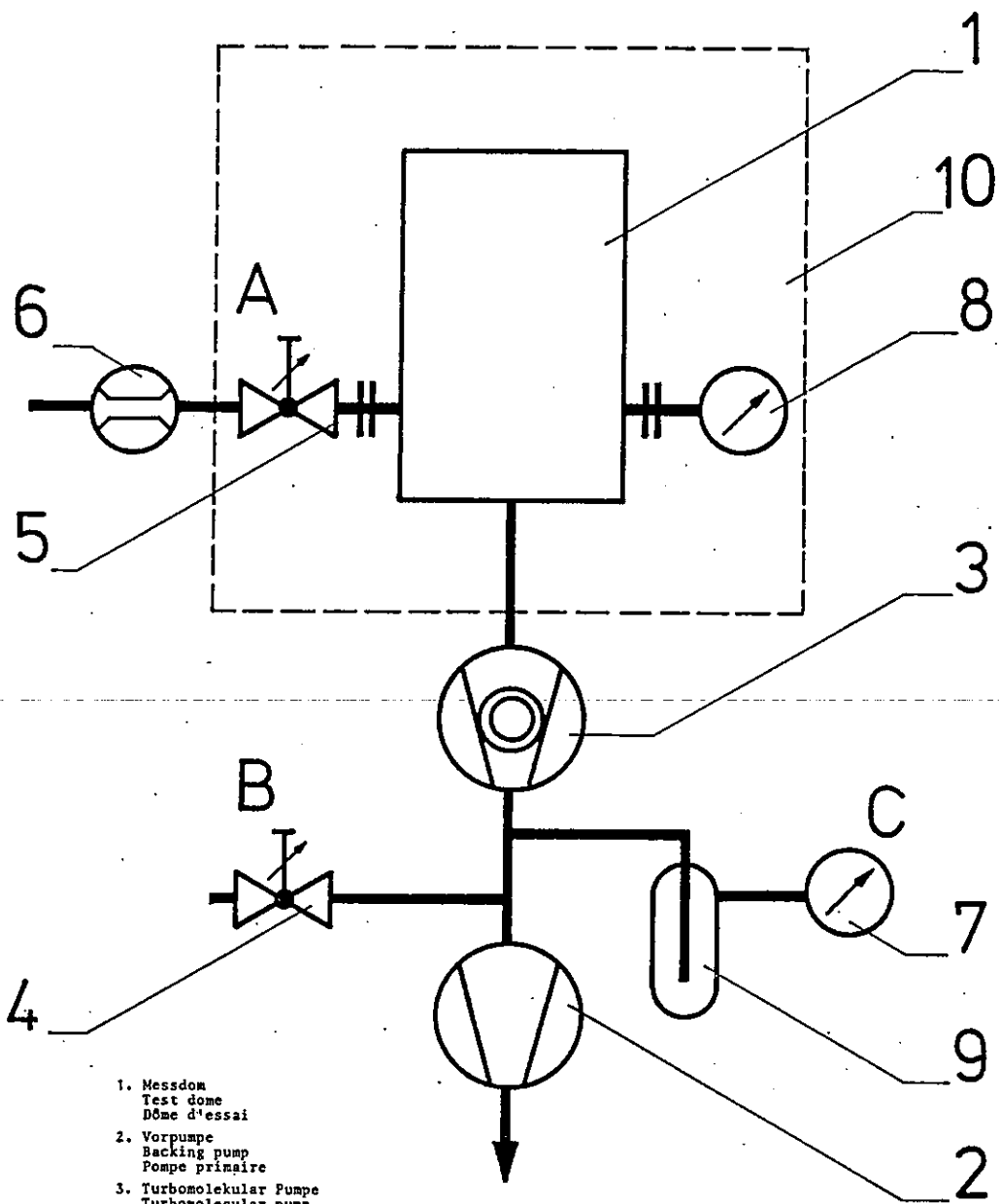
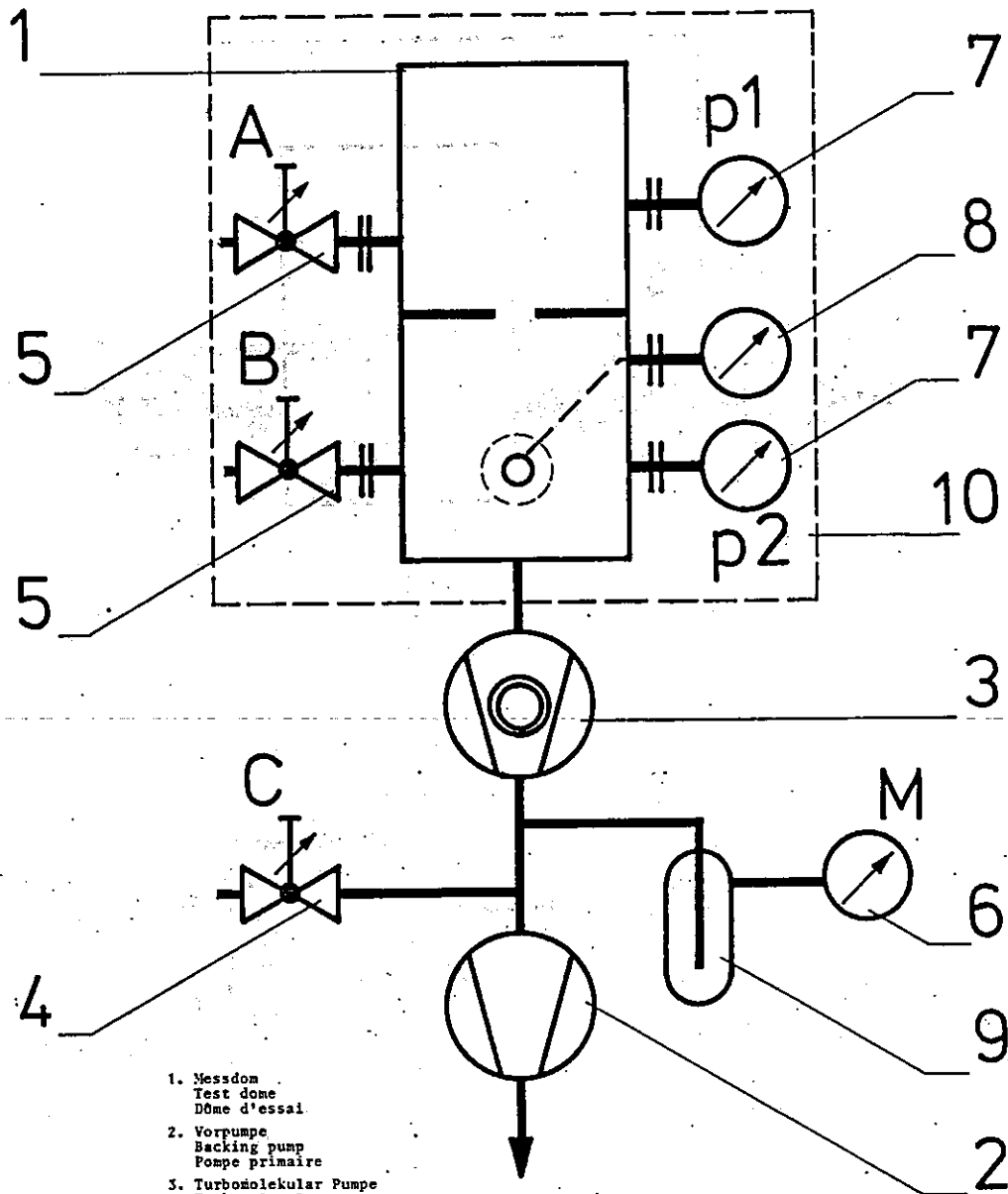


Fig. 5 Meßaufbau für Saugvermögensmessung  
 Arrangement for pumping speed measurement  
 Montage des appareils pour la mesure du débit-volume



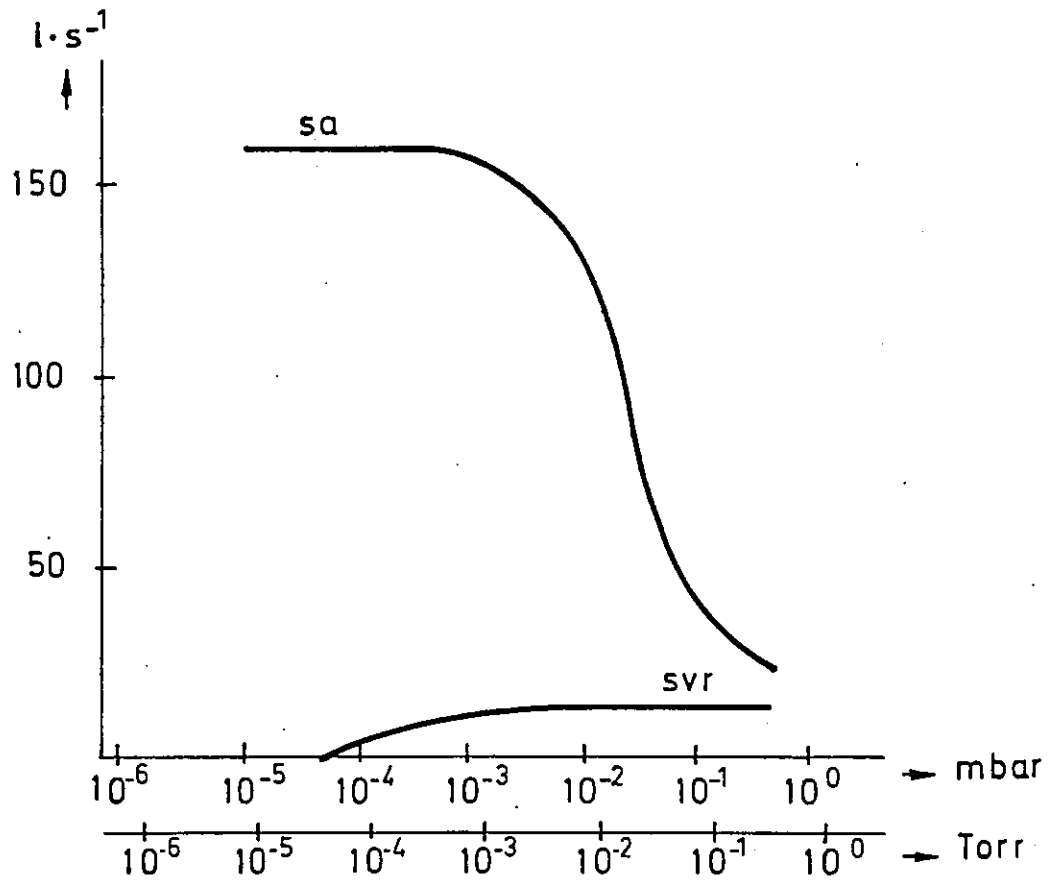
1. Messdom  
Test dome  
Dôme d'essai
2. Vorpumpe  
Backing pump  
Pompe primaire
3. Turbomolekular Pumpe  
Turbomolecular pump  
Pompe turbo-moléculaire
4. Gaseinlaßventil  
Gas inlet valve  
Robinet à fuite réglable
5. Gaseinlaßventil  
Gas inlet valve  
Robinet à fuite réglable
6. Durchflußmesser  
Flowmeter  
Débitmètre
7. Vakuummeßgerät  
Vacuum gauge  
Manomètre
8. Vakuummeßgerät  
Vacuum gauge  
Manomètre
9. Kühlfalle  
Cold trap  
Piège thermique
10. Ausheizeinrichtung  
Heating jacket  
Manteau d'étuvage

Fig. 6 Meßaufbau für Saugvermögensmessung  
 Arrangement for pumping speed measurement  
 Montage des appareils pour la mesure du débit-volume



1. Messdom  
Test dome  
Dôme d'essai
2. Vorpumpe  
Backing pump  
Pompe primaire
3. Turbomolekular Pumpe  
Turbomolecular pump  
Pompe turbo-moléculaire
4. Gaseinlaßventil  
Gas inlet valve  
Robinet à fuite réglable
5. Gaseinlaßventil  
Gas inlet valve  
Robinet à fuite réglable
6. Vakuummessgerät  
Vacuum gauge  
Manomètre
7. Vakuummessgerät  
Vacuum gauge  
Manomètre
8. Partialdruckvakuummeter  
Residual gas analyser  
Spectromètre de masse
9. Kühlfalle  
Cold trap  
Piège thermique
10. Ausheizeinrichtung  
Heating jacket  
Manteau d'étuvage

Fig. 7 Muster für Saugvermögenskurve  
Example of pumping speed curve  
Exemple de courbe du débit-volume



Bestell-Nr.:

<b>PNEUROP Vakuumpumpen</b> Systematik und Fachwörterverzeichnis Kunststoff-Einband, 35 Seiten	56 03
<b>PNEUROP Vakuumpumpen Abnahmeregeln, Teil 1</b> Verdränger- und Wälzkolbenpumpen, Format A 4, kart., 19 Seiten	56 06
<b>PNEUROP Vakuumpumpen Abnahmeregeln, Teil 2</b> Treibmittelpumpen, Format A 4, kart., 22 Seiten	56 07

## PNEUROP MEMBERS

- B Belgium - FABRIMETAL** Mr Guy Van Doorslaer  
Federation des Entreprises de l'Industrie des Fabrications Metalliques  
21 Rue des Drapiers, B-1050 BRUSSELS  
Tel: 00 32 2 510 2311 Fax: 00 32 2 510 2301
- CH/FL Switzerland and Liechtenstein - VSM** Mr H P Finger  
Verein Schweizerischer Maschinen-Industrieller  
Kirchenweg 4, CH-8032 ZÜRICH, Switzerland  
Tel: 00 41 1 384 48 44 Fax: 00 41 1 384 48 49
- D Germany - VDMA** Herr Josef Hüggelmeier  
Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau EV  
Fachgemeinschaft Kompressoren und Vakuumpumpen  
Postfach 71 08 64, Niederrad, Lyoner Straße 18, D-60528 FRANKFURT AM MAIN  
Tel: 00 49 69 6603-1281 Fax: 00 49 69 6603-1690
- Fachgemeinschaft Bergbaumaschinen Herr Manfred Schmidt  
Postfach 71 08 64, Niederrad, Lyoner Straße 18, D-60498 FRANKFURT AM MAIN  
Tel: 00 49 69 6603-680 Fax: 00 49 69 6603-812
- F France - SIO and SCC** M. L-N Jacob (SIO) and M. J-P Corbet (SCC)  
Syndicat de l'Industrie de l'Outillage  
Syndicat des Constructeurs de Compresseurs  
Maison de la Mécanique, 39/41 rue Louis Blanc, 92400 Courbevoie  
Cedex 72 92038 PARIS LA DEFENSE  
Tel: 00 33 1 47 17 64 59 Fax: 00 33 1 47 17 64 55
- 
- GB Great Britain - BCAS and PNEUROP Secretariat** Mr R D Wall  
British Compressed Air Society  
33/34 Devonshire Street, LONDON W1N 1RF  
Tel: 00 44 (0)171 935 2464 Fax: 00 44 (0)171 935 3077
- I Italy - ANIMA** Signora Loredana Nicola  
Federazione delle Associazioni Nazionali dell'Industria Meccanica Varia ed Affine  
Via Luisa Battistotti Sassi 11/b, 20133 MILANO  
Tel: 00 39 2 73971 Fax: 00 39 2 739 7316
- NL The Netherlands - FME and GFC** Mr Timo Corporaal  
Vereniging voor de Metaal - en de Elektrotechnische Industrie  
Groep Fabrikanten van Compressoren  
Postbus 190, Boerhaavelaan 40, NL-2700 AD ZOETERMEER  
Tel: 00 31 79 531 100 Fax: 00 31 79 531 365
- S Sweden - TLG** Mr Tommy Lind  
Tryckluftgruppen inom Sveriges Verkstadsindustrier  
Box 5510, Storgatan 5, S-114 85 STOCKHOLM  
Tel: 00 46 8 782 0800 Fax: 00 46 8 660 3378
- SF Finland** Mr Jyrki Mäkiö  
Federation of Finnish Metal and Engineering Industries  
c/o Mr Jyrki Mäkiö  
Tamrotor Ltd, PO Box 516, 33101 TAMPERE  
Tel: 00 358 31 249 3854 Fax: 00 358 31 249 3900



# PNEUROP

33/34 Devonshire Street

London

---

W1N 1RF

UK

Telephone +44 (0)171 935 2464

Facsimile +44 (0)171 935 3077