



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

6602

VACUUM PUMPS
ACCEPTANCE SPECIFICATIONS
PART 1

GENERAL SECRETARIAT

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

VORWORT

Das PNEUROP, der Zusammenschluß der Hersteller von Kompressoren, Vakuumpumpen und Druckluftwerkzeugen aus 11 europäischen Ländern — Belgien, Deutschland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Liechtenstein, den Niederlanden, Österreich, Schweden und der Schweiz — hat seinen Ausschuß Nr. 5, der sich mit Vakuumtechnik beschäftigt, beauftragt, Empfehlungen für Abnahmeregeln für Verdränger-Vakuumpumpen auszuarbeiten. Die erste Ausgabe wurde 1967 veröffentlicht. Nach Ablauf von 10 Jahren erwies sich eine Überarbeitung als notwendig.

Die vorliegende Ausgabe der Empfehlung wurde in Einzelheiten revidiert und verwendet die anerkannten Druckeinheiten Millibar (mbar) und Pascal (Pa) anstelle des Torr.

Der zuständige Arbeitskreis unter deutschem Vorsitz und mit deutschem Sekretariat: Fachgemeinschaft Kompressoren und Vakuumpumpen im VDMA, Frankfurt am Main 71, Lyoner Straße 18, legt diese Veröffentlichung vor und dankt allen Delegierten und Wirtschaftsverbänden für ihre aktive Teilnahme und Mitarbeit.

Frankfurt am Main, 1979

FOREWORD

PNEUROP, the association of manufacturers of compressors, vacuum pumps and pneumatic tools, from 11 European countries, Austria, Belgium, Finland, France, Germany, Great Britain, Italy, Liechtenstein, the Netherlands, Sweden and Switzerland, commissioned its committee No. 5 dealing with vacuum techniques to prepare recommendations for acceptance specifications covering positive displacement pumps. The first edition was published in 1967. After ten years, a revised edition proved to be necessary.

This current edition of the recommendation includes a detailed revision of the text as well as the accepted pressure units of Millibar (mbar) and Pascal (Newton per square meter) in place of the torr.

The relevant working group under the German chairmanship and its secretariate: Fachgemeinschaft Kompressoren und Vakuumpumpen, Frankfurt am Main 71, Lyoner Straße 18, present this publication and thank all delegates and trade associations for their active participation and co-operation.

1979, Frankfurt/Main

PREFACE

PNEUROP, association des constructeurs de compresseurs, pompes à vide et outils pneumatiques, formée par onze pays européens: Allemagne, Autriche, Belgique, France, Grande-Bretagne, Italie, Liechtenstein, les Pays Bas, Suède et Suisse, a chargé son comité No. 5, s'occupant des techniques du vide, de préparer des recommandations pour les conditions de réception des pompes volumétriques. La première édition est parue en 1967. Après dix ans d'application une édition révisée était devenue nécessaire.

La présente édition de la recommandation contient une révision détaillée du texte et emploie en même temps les unités de pressions normalisées dérivées du système SI qui sont les Millibar (mbar) et Pascal (Newton/m²) au lieu du Torr.

Le groupe de travail correspondant, sous direction allemande et avec son secrétariat, assuré par: la Fachgemeinschaft Kompressoren und Vakuumpumpen à VDMA, Frankfurt a. Main 71, Lyoner Str.18, présente cette publication et remercie les délégués et leurs sociétés pour leur participation et leur active collaboration.

Francfort s/Main, 1979

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Ölgedichtete Rotationsvakuumpumpen	3
1.1 Geltungsbereich	3
1.2 Saugvermögen	3
1.3 Enddruck	6
1.4 Absaugen von Wasserdampf	7
1.5 Niedrigste Anlauftemperatur	10
1.6 Größte Antriebsleistung	10
1.7 Drehzahl	10
1.8 Abmessungen	11
1.9 Gewicht	11
1.10 Kennzeichnung einer Pumpe	11
2. Wälzkolbenpumpen (Rootspumpen)	12
2.1 Definition	12
2.2 Geltungsbereich	12
2.3 Saugvermögen	12
2.4 Kompressionsverhältnis bei Nullförderung	12
2.5 Höchste zulässige Druckdifferenz im Dauerbetrieb	13
2.6 Antriebsleistung	14
2.7 Drehzahl	14
2.8 Abmessungen	14
2.9 Gewicht	14
2.10 Kennzeichnung einer Pumpe Anhang	14 15

INDEX

	Page
1. Oil sealed rotary vacuum pumps	3
1.1 Scope	3
1.2 Volume rate of flow (Pumping Speed)	3
1.3 Ultimate Pressure	6
1.4 Pumping of Water Vapour	7
1.5 Minimum Starting Temperature	10
1.6 Maximum Power Consumption	10
1.7 Rotational speed	10
1.8 Dimensions	11
1.9 Weight	11
1.10 Designation of a pump	11
2. Roots Pumps	12
2.1 Definition	12
2.2 Scope	12
2.3 Volume rate of flow (Pumping Speed)	12
2.4 Compression ratio at nil-throughput	12
2.5 Maximum permissible pressure difference during continuous operation	13
2.6 Power input	14
2.7 Rotational Speed	14
2.8 Installation dimensions	14
2.9 Weight	14
2.10 Designation of a pump Annex	14 15

SOMMAIRE

	Page
1. Pompes à vide rotatives à huile	3
1.1 Objet	3
1.2 Débit volume	3
1.3 Pression limite	6
1.4 Pompage de la vapeur d'eau	7
1.5 Température minimale de démarrage	10
1.6 Puissance maximale	10
1.7 Nombre de tours	10
1.8 Dimensions	11
1.9 Poids	11
1.10 Désignation d'une pompe	11
2. Dépresseurs Roots	12
2.1 Définition	12
2.2 Objet	12
2.3 Débit volume	12
2.4 Taux de compression à débit nul	12
2.5 Différence de pressions admissible en régime permanent	13
2.6 Puissance absorbée	14
2.7 Vitesse de rotation	14
2.8 Dimensions	14
2.9 Poids	14
2.10 Désignation d'une pompe Annexe	14 15

1. Ölgedichtete Rotationsvakuum-pumpen

1.1 Geltungsbereich

Diese Abnahmeregel betreffen ölgedichtete Rotationsvakuum-pumpen (Dreh- und Sperrschieber-pumpen, Drehkolbenpumpen), die das geförderte Gas gegen Atmosphärendruck ausstoßen und einen Ansaugdruck von weniger als 1 mbar*) erreichen können.

1.2 Saugvermögen

1.2.1 Definition des Saugvermögens

Unter idealen Bedingungen das Gasvolumen, welches in der Zeiteinheit durch die Ansaugöffnung der Pumpe fließt. Für praktische Zwecke jedoch wird das Saugvermögen S einer gegebenen Pumpe für ein gegebenes Gas durch Übereinkunft als der Quotient aus dem pV-Durchfluß dieses Gases und dem Gleichgewichtsdruck p an einer spezifizierten Stelle eines gegebenen Meßdomes unter spezifizierten Betriebsbedingungen errechnet. So ist

$$S = \frac{q_p V}{p} \text{ und wird angegeben in m}^3/\text{h oder l/s}$$

1.2.2 Messung des Saugvermögens

1.2.2.1 Meßmethode

Die Messung des Saugvermögens wird nach der Methode des konstanten Druckes durchgeführt, d. h., daß der jeweilige Ansaugdruck in der Ansaugöffnung der Pumpe während der Messung konstant gehalten wird. Diese Bedingung gilt als erfüllt, wenn der Druck an der Meßstelle des mit der Ansaugöffnung der Pumpe verbundenen Meßdomes konstant gehalten wird.

1.2.2.2 Meßgeräte

1.2.2.2.1 Meßdom

Bei der Messung ist ein Meßdom nach Fig. 1 zu verwenden, dessen Volumen mindestens dem 5fachen des Kammervolumens der zu messenden Pumpe entspricht. Der Übergang zum Ansaugflansch der Pumpe ist mit einem Übergangsstück vorzunehmen, dessen Länge das Maß 0,5 D nicht überschreitet. Der Meßdom kann in waagerechter oder senkrechter Lage verwendet werden. Das Kammervolumen ist das Nennsaugvermögen dividiert durch die Zahl der Umdrehungen gerechnet in zusammengehörigen Einheiten.

1.2.2.2.2 Druckmeßgeräte

Die Messung von Drücken über 20 mbar kann mit einem U-Rohr-Vakuummeter oder mit einem geeichten Membran-Vakuummeter durchgeführt werden, deren Fehlergrenzen höchstens $\pm 5\%$ beträgt. Für Messungen unter 20 mbar kann ein McLeod-Vakuummeter, Membranvakuummeter oder jedes andere geeignete Vakuummeter verwendet werden, welches in den folgenden Fehler-Grenzen geeicht werden kann. Der gesamte Meßfehler muß im Bereich von 20 bis 10^{-3} mbar geringer sein als $\pm 5\%$ und im Bereich unter 1×10^{-3} mbar geringer als $\pm 10\%$.

Für jedes Instrument, welches bei Drücken von weniger als 1 mbar betrieben wird, soll eine Kühlfalle verwendet werden. Sie sollte die Form eines U-Rohres haben und muß über die gesamte Länge den gleichen inneren Durchmesser haben. Während der gesamten Meßdauer muß sie auf der Temperatur des flüssigen Stickstoffes gehalten werden.

1. Oil sealed rotary vacuum pumps

1.1 Scope

These acceptance specifications refer to oil sealed rotary vacuum pumps (rotary vane and rotary piston pumps) which discharge the gas against atmospheric pressure and which achieve an intake pressure of less than 1 mbar*).

1.2 Volume Rate of Flow (Pumping Speed)

1.2.1 Definition of the volume rate of flow

Under ideal conditions, the volume of gas which flows in unit time through the pump inlet. For practical purposes, however, the volume rate of flow S of a given gas is, by convention, taken to be the quotient of the throughput pV of that gas and the equilibrium pressure p at a specified position in a given test dome and under specified conditions of operation.

$$\text{Thus } S = \frac{q_p V}{p} \text{ and is to be quoted in m}^3/\text{h}^{-1} \text{ or l s}^{-1}$$

1.2.2 Measurement of pumping speed

1.2.2.1 Method for measuring pumping speed

The pumping speed is measured by the constant pressure method, i. e. the pressure at the inlet of the pump is kept constant during the measuring procedure. This condition is considered as fulfilled if the pressure at the gauge point in the test dome fitted to the inlet of the pump is kept constant.

1.2.2.2 Equipment

1.2.2.2.1 Test dome

For measurement a test dome as shown in fig. 1 is to be used; its volume shall be at least 5 times the chamber volume of the pump under test. The connection to the inlet port of the pump shall consist of an adaptor, the length of which must not exceed the dimension 0,5 D. The test dome may be mounted in a horizontal or vertical position.

The chamber volume is the nominal pumping speed divided by the number of revolutions both calculated in consistent units.

1.2.2.2.2 Pressure Gauges

For the measurement of pressure above 20 mbar a U-tube manometer or a calibrated diaphragm vacuum gauge may be used, the total error of which shall not exceed $\pm 5\%$.

For measurement under 20 mbar, a McLeod gauge, diaphragm gauge or any other suitable gauge that can be calibrated within the following limits may be used. The total errors shall be less than $\pm 5\%$ in the range 20 to 1×10^{-3} mbar and less than $\pm 10\%$ in the range below 1×10^{-3} mbar. For every instrument operated below 1 mbar a vapour trap shall be used. It should be in the form of a U-tube and must have the same inside diameter over the whole length and should be kept at liquid nitrogen temperature during the whole measurement period.

1. Pompes à vide rotatives à huile

1.1 Objet

Ces conditions de réception concernent les pompes à vide rotatives à huile (pompes à palettes et pompes à piston oscillant et à piston tournant) qui, refoulant contre la pression atmosphérique, permettent de créer à l'aspiration une pression inférieure à 1 mbar*).

1.2 Débit volume

1.2.1 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 S d'une pompe donnée pour un gaz donné est, par convention, considéré comme le quotient du flux pV de ce gaz et de la pression d'équilibre p en un point déterminé dans un dôme d'essai donné et dans des conditions de fonctionnement déterminées. Ainsi

$$S = \frac{q_p V}{p} \text{ Les unités adoptées pour le débit-volume sont le mètre cube par heure (m}^3/\text{h) ou le litre par seconde (l/s).}$$

1.2.2 Mesure du débit

1.2.2.1 Méthode de mesure

La mesure est effectuée par la méthode dite à pression constante, c'est-à-dire que la pression à l'admission de la pompe est maintenue constante durant l'essai. Cette condition est satisfaite si la pression est maintenue constante au point de mesure du dôme relié à la pompe.

1.2.2.2 Appareillage

1.2.2.2.1 Dôme de mesure

Pour effectuer la mesure, on utilisera un dôme dont la géométrie est définie par la figure 1 et dont le volume représente au moins cinq fois le volume cyclique engendré par la pompe en essai. Le raccordement à la bride d'aspiration de la pompe est assuré par une pièce d'adaptation définie fig. 1.

L'orientation du dôme est indifférente.

Le volume cyclique de la chambre, multiplié par le nombre de révolutions calculé en unités correspondantes définit le débit nominal correspondant.

1.2.2.2.2 Manomètres

Les pressions supérieures à 20 mbar (2000 Pa) peuvent être mesurées à l'aide d'un manomètre en «U» ou d'un manomètre à membrane étalonné, dont l'erreur est au maximum de $\pm 5\%$. Pour la mesure des pressions au dessous de 20 mbar on utilise un manomètre de McLeod, un manomètre à membrane ou n'importe quel autre manomètre approprié, que peut être étalonné dans les limites suivantes. L'erreur totale ne dépasse pas $\pm 5\%$ dans la zone des pressions comprises entre 20 à 1×10^{-3} mbar et $\pm 10\%$ dans la zone inférieure à 1×10^{-3} mbar. Chaque manomètre opéré dans la zone de pression inférieure à 1 mbar doit être précédé d'un piège. Le piège constitué par un tube en «U» doit avoir un diamètre intérieur constant sur toute sa longueur et se trouver pendant toute la durée de la mesure à la température de l'azote liquide.

*) 1 mbar = 100 Pa = 100 N m⁻² = 0,75 Torr

Der Innendurchmesser der Verbindungsleitung zwischen dem McLeod-Meßgerät und Meßdom soll 6 mm bei Umgebungstemperaturen von 20° bis 25° C und 8 mm bei Umgebungstemperaturen unter 20° C nicht überschreiten.

Das Verhältnis von Länge zum Durchmesser der Verbindungsleitung von McLeod zur Kühlfalle soll nicht kleiner als 50, die Länge aber möglichst kurz sein.

Die Temperatur des Quecksilbers in dem McLeod darf 25° C nicht überschreiten.

Für die Messung von Drücken unter 1×10^{-3} mbar ist ein Heißkathoden-Ionisations-Vakuummeter zu verwenden, dem eine mit flüssigem Stickstoff gekühlte Falle vorzuschalten ist. Die Verbindung vom Meßdom zum Meßgerät muß einen Leitwert von mindestens $0,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ besitzen. Für den Anschluß der Meßeinrichtung an den Meßdom nach Fig. 1 sind Stutzen in gleicher Höhe wie der eingezeichnete anzubringen, deren Innendurchmesser mindestens 25 mm beträgt.

1.2.2.3 Meßgeräte für den Gastrom

Die Messung des in den Meßdom einströmenden Gasvolumens erfolgt bei Atmosphärendruck. Die Methode für die Messung des Gastromes ist von dessen Größe abhängig. Für Gastrome größer als $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ muß die Genauigkeit innerhalb von $\pm 3 \%$ liegen. Für Gastrome zwischen 10 und $1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ muß sie innerhalb von $\pm 5 \%$ und für geringere Gastrome innerhalb von $\pm 10 \%$ liegen.

Für Gastrome größer als ca. $1 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ werden handelsübliche Meßgeräte mit Blende oder Schwabekörper verwendet. Wenn mit Blende gemessen wird, ist nach ISO R 541 zu verfahren; die dabei erzielte Genauigkeit der Messung ist anzugeben.

Für Gastrome zwischen $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ und $1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ist für die Messung des Gastromes eine Verdrängungsmethode zu verwenden. Das hierbei verwendete Gerät kann die Form eines senkrechten Meßrohres haben, wie abgebildet in Fig. 2. Dabei ist die Zeit zu messen, in der der Flüssigkeitsspiegel die Strecke zwischen den Markierungen 1 und 2 auf dem Meßrohr durchläuft. Wenn Meßmethoden angewendet werden, bei denen Druckänderungen nicht automatisch kompensiert werden, müssen entsprechende Korrekturen vorgenommen werden. Meßzeiten unter 25 s und über 300 s sind zu vermeiden. Das Volumen des Meßrohres zwischen den Markierungen muß mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \%$ bekannt sein. Bei Messungen nach Fig. 2 darf das Volumen, das zwischen dem Flüssigkeitsspiegel und dem Ventil eingeschlossen ist, nicht größer sein als $5 \times$ Meßvolumen. Die Meßflüssigkeit darf keine höhere Dichte als 1,5 haben.

Im Bereich unter $1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ ist die Messung nach der Leitwertmethode durchzuführen. Einzelheiten hierzu können Teil II dieser Serie von Abnahmeregeln für Vakuumpumpen (Diffusionspumpen) entnommen werden.

1.2.2.3 Durchführung der Saugvermögensmessung

Bei der Durchführung der Saugvermögensmessung sind der Meßdom, die Druckmeßgeräte und ein Volumenmeßgerät nach der Darstellung in Fig. 3 an der zu messenden Pumpe anzubringen. Zwischen dem Volumenmeßgerät und dem Meßdom ist ein Dosierventil mit entsprechendem Einstellbereich vorzusehen.

The inside diameter of the tube connecting a McLeod gauge to the test dome shall not exceed 6 mm for ambient temperatures of 20° to 25° C and 8 mm for ambient temperatures below 20° C. The ratio of the length to diameter of the tube connecting the McLeod gauge to the vapour trap shall not be less than 50, but the length should be as short as possible.

The temperature of the mercury in the McLeod gauge should not exceed 25° C.

For the measurement of pressures below 1×10^{-3} mbar a hot cathode ionisation gauge should be used, to which a liquid nitrogen cooled vapour trap is connected. The tube connecting the test dome to the gauge shall have a conductance of at least $0,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. For the connection of the measuring device to the test dome, as shown in fig. 1, tubes should be attached at the same height as that shown, the bore of which should be at least 25 mm.

1.2.2.3 Flow Metering Instruments

Measurement of the volume of gas admitted to the test dome is carried out at atmospheric pressure. The method adopted for measuring the rate of flow of gas will depend on the flow rate required. The accuracy should reach $\pm 3 \%$ for flow rates greater than $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$; $\pm 5 \%$ for flow rates between 10 and $1 \times 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ and $\pm 10 \%$ for lower flow rates.

For gas flow rates greater than about $1 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ commercially available flow meters of the orifice or float type may be used. If an orifice meter is used, ISO R 541 may be consulted; the achieved accuracy is to be quoted.

For gas flow between $10 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ and $1 \times 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ a displacement method of flow measurement may be used. This can be in the form of a vertical metering tube, as shown in fig. 2. In this case the time shall be recorded during which the liquid level passes through the length between marks 1 and 2 on the metering tube. In the case when metering methods are used in which the pressure changes are not automatically compensated care must be taken to apply a corresponding correction to the measurement. Measuring periods of less than 25 seconds and longer than 300 seconds should be avoided. The volume of the metering tube between markings must be known with an accuracy of $\pm 1 \%$. For measurements in accordance with fig. 2 the volume contained between the liquid level at point 1 and the valve shall not exceed 5 times the measuring volume. The measuring liquid shall have a density not greater than 1.5.

For gas flow rates less than about $1 \times 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ a conductance method of measurement may be used. Refer for details to part II of this series of vacuum pumps acceptance specifications (diffusion pumps).

1.2.2.3 Procedure for measuring pumping speed

For measurement of the pumping speed the test dome, the pressure gauges and a gas metering gauge shall be fitted according to the illustration in fig. 3. A suitable variable leak valve shall be fitted between the test dome and the gas metering gauge.

Le diamètre intérieur de la canalisation reliant le manomètre McLeod au dôme ne doit dépasser 6 mm pour une température ambiante comprise entre 20 et 25° C, et ne doit dépasser 8 mm pour une température ambiante inférieure à 20° C. Le rapport longueur/diamètre de la canalisation reliant le manomètre au piège ne doit pas être inférieur à 50, la longueur si court que possible. La température du mercure dans la jaugue de McLeod ne doit pas dépasser 25° C.

La mesure des pressions inférieures à $1 \cdot 10^{-3}$ mbar (10^{-1} Pa) sera effectuée au moyen d'un manomètre à ionisation à cathode chaude précédé d'un piège refroidi par azote liquide. Le raccordement du dispositif de mesure au dôme, représenté fig. 1, doit avoir une conductance minimale de $0,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Ce raccordement sera réalisé par un ajustage, disposé à la hauteur indiquée dans la figure, dont le diamètre intérieur sera au moins 25 mm.

1.2.2.3 Instruments de mesure du flux gazeux

Le flux de gaz qui traverse le dôme est mesuré à la pression atmosphérique. La méthode de mesure du flux gazeux dépend de l'importance de celui-ci. L'erreur pour des flux dépassant $10 \text{ mbar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($1000 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) n'exécède pas $\pm 3 \%$; elle n'exécède pas $\pm 5 \%$ pour des flux comprise entre $10 \text{ mbar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($1000 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) et $1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Pour les flux plus faibles l'erreur doit être inférieure à $\pm 10 \%$.

Pour des flux supérieurs à $1 \text{ mbar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($100 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) on utilisera des appareils à diaphragme ou à flotteur. Dans le cas d'un appareil à diaphragme, on procédera selon les indications du document ISO R 541, le calcul d'erreur étant alors annexé au protocole d'essai. Dans la zone des flux compris entre 10 et $1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($1000 \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ et $10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), la mesure peut être réalisée à l'aide d'un tube vertical, représenté figure 2. Il suffit alors de mesurer le temps mis par le niveau liquide pour passer de repère 1 au repère 2. Si on utilise des méthodes de mesure pour lesquelles les changements de pression hydrostatique ne sont pas automatiquement compensés, on appliquera les corrections nécessaires. Les temps de mesure ne devront pas être inférieurs à 25 s ni supérieurs à 300 s. Le volume du tube de mesure compris entre les repères doit être connu à $\pm 1 \%$ près. Dans le cas de ces mesures, la densité du liquide ne doit pas être supérieure à 1,5 et le rapport du volume compris entre le niveau du liquide et le robinet au volume mesuré, ne doit pas être, initialement, supérieur à 5.

Dans la zone des flux inférieurs à $1 \cdot 10^{-3} \text{ mbar} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($10^{-1} \text{ Pa} \cdot \text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), la mesure doit être faite suivant la méthode de la conductance. Pour des détails se référer à la partie II de cette série de conditions de réception (pompes à diffusion).

1.2.2.3 Mode opératoire de la mesure des débits

Le dôme, l'appareil de mesure du flux et les manomètres seront montés sur la pompe comme indiqué figure 3, un robinet de réglage étant disposé entre les deux premiers.

Vor Beginn der Saugvermögensmessung ist die Meßanordnung auf eine Leckrate $< 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ zu prüfen.

Bei der Messung ist darauf zu achten, daß die Pumpe mit der vom Hersteller vorgeschriebenen Ölmenge und Ölqualität sowie Drehzahl betrieben wird. Die Umgebungstemperatur soll zwischen 15° und 25° C liegen und auf $\pm 2 \text{ K}$ konstant gehalten werden.

Nach dem Einschalten der Pumpe ist der Meßdom bei geschlossenem Dosierventil zunächst so lange zu evakuieren, bis ein Druckabfall nicht mehr festgestellt werden kann (siehe 1.3.2.2) und die Pumpe ihre Betriebstemperatur erreicht hat. Dann wird das Dosierventil geöffnet und ein Gasstrom (normalerweise Raumluft) in den Meßdom eingelassen, damit sich der für die jeweilige Messung gewünschte Druck im Meßdom einstellt.

Die Messung des Saugvermögens ist punktweise bei verschiedenen Ansaugdrücken (mindestens 3 je Zehnerpotenz, in etwa bei 2,5; 5 und 10) vorzunehmen, wobei der Druck von Meßpunkt zu Meßpunkt steigen soll. Für jeden Meßpunkt sind folgende Werte zu ermitteln:

Atmosphärendruck	P_{at} (mbar oder Pascal)
Ansaugdruck	p (mbar oder Pascal)
das beim Druck P_{at} in der	
Zeit t angesaugte Volumen	V (l)
Meßzeit	t (s)

Die Messung des Ansaugdruckes ist gleichzeitig mit der Volumenmessung vorzunehmen. Dauert die Volumenmessung länger als 60 Sekunden, dann ist während der Meßzeit alle 60 Sekunden eine Druckmessung durchzuführen, von der der Mittelwert in die Auswertung einzusetzen ist. Weichen der größte und der kleinste gemessene Druck um mehr als 10 % des Mittelwertes voneinander ab, so ist die Messung zu wiederholen. Ist die Pumpe mit einem Gasballastventil ausgerüstet, dann werden die Messungen im ersten Durchgang mit geschlossenem, im zweiten Durchgang mit voll geöffnetem Gasballastventil vorgenommen. Die Gasballastmenge ist festzustellen. (siehe 1.4.3.2.3)

1.2.2.4 Auswertung der Saugvermögensmessung

Aus den nach Abschnitt 1.2.2.3 ermittelten Meßwerten ist das Saugvermögen S — mit V in l und t in s — nach der Gleichung

$$S = \frac{V \cdot P_{at}}{t \cdot p} \text{ in } \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \cdot \frac{V \cdot P_{at}}{t \cdot p} \text{ in } \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

zu errechnen. Die so ermittelten Werte für das Saugvermögen S sind in Abhängigkeit vom Ansaugdruck p entsprechend der Fig. 4 aufzutragen. Die einzelnen Meßpunkte können durch einen gemittelten Kurvenzug verbunden werden, wenn sie nicht um mehr als 10 % des jeweiligen Saugvermögens von dieser Kurve abweichen. Die wegen offensichtlicher Meßfehler herausfallenden Punkte können durch Wiederholung der Messung korrigiert werden.

Der gemittelte Kurvenzug ist die Saugvermögenskurve der Vakuumpumpe.

1.2.2.5 Nennsaugvermögen (Theoretisches Saugvermögen)

Das Nennsaugvermögen S_n ist das Produkt aus dem theoretischen Hubvolumen je Umdrehung und der vom Hersteller angegebenen Drehzahl der Pumpe. Es wird in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ oder in $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ angegeben.

Prior to the commencement of the pumping speed measurement, the assembly shall be leak tested to $< 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

During the measurement, the pump should be run with the prescribed quantity and grade of oil, and at the rotational speed specified by the manufacturer of the pump. The ambient temperature shall be kept constant ($\pm 2 \text{ K}$) between 15° and 25° C .

When the pump is started, the test dome shall be evacuated with the variable-leak valve closed until no further pressure drop in the dome is being observed (section 1.3.2.2) and the pump has reached its operating temperature. Then the variable-leak valve is opened and gas (usually ambient air) is admitted to the dome, so as to produce in it the pressure desired for the respective measurement. The pumping speed shall be measured — starting at the lowest pressure — point by point at different pump inlet pressures (at least 3 measurements within one power of ten, at 2.5; 5 and 10 approx.). For each measuring point the following values shall be ascertained:

Atmospheric pressure	P_{at} (mbar or Pascal)
Inlet pressure	p (mbar or Pascal)
Volume of gas pumped during	V (l)
the time t at the pressure P_{at}	
time of measurement	t (sec)

Inlet pressure and volume of gas shall be measured simultaneously. If the metering of the admitted gas takes more than 60 seconds, it will be necessary to make one pressure measurement during each period of 60 seconds and the mean value is to be used for evaluation.

If the highest and the lowest value differ from each other by more than 10 % of the mean, the measurement should be repeated. If the pump is equipped with a gas-ballast device, a first series of measurements shall be made with the gas-ballast valve closed, and a second series with the gas-ballast valve fully open. The amount of gas ballast flow should be stated (see 1.4.3.2.3).

1.2.2.4 Evaluation of pumping speed measurements

From the values measured according to section 1.2.2.3 the pumping speed should be calculated with V in l and t in s according to the equation:

$$S = \frac{V \cdot P_{at}}{t \cdot p} \text{ in } \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \cdot \frac{V \cdot P_{at}}{t \cdot p} \text{ in } \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

The values for the pumping speed S so obtained should be plotted against the inlet pressure p according to fig. 4.

The various measuring points may be rounded-off by a smooth curve, as long as the measuring points do not deviate by more than 10 % from this curve. Such points whose deviation is obviously due to a faulty measurement, can be corrected by repetition of the measurement.

This curve is the speed curve of the vacuum pump.

1.2.2.5 Nominal speed (Theoretical pumping speed)

The nominal speed is the product of the theoretical displacement per revolution and the nominal number of revolutions of the pump. It is to be quoted in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ or in $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

On s'assurera préalablement de l'étanchéité du montage — taux de fuite $< 10^{-6} \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ — et aussi de la conformité de la vitesse de rotation de la pompe et de sa charge d'huile aux spécifications du constructeur.

La température de l'appareillage devra être uniforme à $\pm 2 \text{ K}$ et comprise entre 15° et 25° C . Après le démarrage de la pompe, le dôme doit être évacué, robinet de réglage fermé, jusqu'à obtenir une pression constante et la température de régime de la pompe. (§ 1.3.2.2).

On ouvre ensuite le robinet de réglage pour faire entrer dans le dôme, lors de chaque mesure, la quantité exigée de gaz (en général air ambiant), afin d'obtenir la pression désirée.

Pour établir la courbe du débit en fonction de la pression, on choisira au moins trois points de mesure par décade, soit 2,5; 5 et 10 environ dans l'ordre croissant des valeurs de la pression. Au moment de chaque mesure seront notés:

la pression atmosphérique	P_{at} (pascal ou mbar)
la pression d'admission	p (pascal ou mbar)
le volume aspiré dans le	
temps t à la pression P_{at}	V (dm ³)
le temps de mesure	t (s)

La mesure de la pression d'admission doit se faire en même temps que la mesure du volume. Si la mesure du volume exige plus de 60 secondes, il faut simultanément procéder à une mesure de pression toutes les 60 secondes; la valeur moyenne de cette pression sera adoptée. Si la valeur la plus élevée et la valeur la moins élevée de la pression mesurée diffèrent de plus de 10 % de la valeur moyenne, il faut répéter la mesure.

Si la pompe est munie d'un dispositif à lest d'air, on devra effectuer une première mesure sans lest d'air et une deuxième mesure avec lest d'air ouvert au maximum. La quantité du lest d'air devait être mesurée. (voir 1.4.3.2.3)

1.2.2.4 Calcul du débit

Le débit S doit être calculé — avec V en l et t en s — à partir des résultats obtenus (paragraphe 1.2.2.3) au moyen de l'équation:

$$S = \frac{V \cdot P_{at}}{t \cdot p} \text{ en } \text{l} \cdot \text{s}^{-1} = 3,6 \cdot \frac{V \cdot P_{at}}{t \cdot p} \text{ en } \text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

Les valeurs du débit S ainsi calculées doivent être portées sur le diagramme en fonction de la pression d'admission p conformément à la figure 4.

Les divers points de mesure peuvent être reliés par une courbe, si leur écart ne dépasse pas $\pm 10 \%$ du débit indiqué par la courbe moyenne obtenue. Les points de mesure présentant un écart anormal peuvent faire l'objet de nouvelles mesures.

La courbe des valeurs moyennes obtenue est la courbe de débit de la pompe à vide.

1.2.2.5 Débit nominal (Débit Théorique)

Le débit nominal — ou débit géométrique — est obtenu en effectuant le produit du volume cyclique par le nombre de révolutions par unité de temps et par le nombre de périodes d'aspiration par révolution, la vitesse nominale de rotation étant indiquée par le constructeur.

Le débit nominal sera exprimé en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ou en $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

1.3 Enddruck

1.3.1 Definition des Enddruckes

Der Enddruck einer Vakuumpumpe ist der niedrigste Druck, den sie ohne Gasinlaß auf der Saugseite asymptotisch erreicht.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem Enddruck der Permanentgase und dem Endtotaldruck. Der Endtotaldruck bezieht sich auf eine Temperatur des Testdöms von 20° bis 25° C. Beide Enddrücke werden in mbar angegeben.

1.3.2 Messung des Enddruckes

1.3.2.1 Geräte für die Messung des Enddruckes

1.3.2.1.1 Meßdom

Bei der Messung des Enddruckes ist ein Meßdom entsprechend 1.2.2.2.1 zu verwenden.

Bei der Totaldruckmessung darf der Meßdom nicht wärmer als 25° C sein, erforderlichenfalls ist eine Kühlung vorzusehen.

1.3.2.1.2 Druckmeßgeräte für Totaldruck

Die Endtotaldruckmessung ist mit einem Membranvakuummeter durchzuführen, das eine Fehlergrenze von $\pm 10\%$ bei dem zu messenden Druck nicht überschreitet. Der Hilfs- oder Vergleichsdruck dieses Membranvakuummeters muß während der Messung kontrolliert werden können. In der Verbindungsleitung vom Meßdom zum Membranvakuummeter darf keine Dampfsperre angebracht sein.

1.3.2.1.3 Druckmeßgeräte für Partialdruck

Hierfür sind die in Abschnitt 1.2.2.2.2 beschriebenen Geräte zu verwenden.

1.3.2.2 Durchführung der Enddruckmessung

Für die Ausführung der Enddruckmessung ist auf dem Ansaugstutzen der zu messenden Pumpe ein Meßdom nach Fig. 1 anzubringen. Die Innenoberfläche des Meßdömes muß sauber und trocken sein; er darf nicht während der Messung ausgeheizt werden. Wird der Meßdom vor der Messung ausgeheizt, so ist er nach dem Abkühlen auf 25° C für kurze Zeit durch Einlassen von getrockneter Raumluft auf einen Druck von mindestens 1 mbar zu bringen.

Der Gasinlaßstutzen des Meßdömes ist dann vollständig zu verschließen, so daß kein Gas in den Meßdom eintreten kann.

Für die Messung des Endtotaldruckes ist ein Meßgerät nach Abschnitt 1.3.2.1.2, für die Messung des Endpartialdruckes ein Meßgerät nach 1.3.2.1.3 an den dafür vorgesehenen Flansch des Meßdömes anzuschließen.

Beim Messen muß die Pumpe mit der vom Hersteller vorgeschriebenen Ölmenge und Ölqualität sowie Drehzahl betrieben werden. Die Umgebungstemperatur soll unter 25° C liegen. Nach dem Einschalten soll die Pumpe mindestens 1 Stunde mit Gasballast und anschließend 1 Stunde ohne Gasballast betrieben werden. Diese Maßnahme ist nicht nötig, wenn die Messung des Enddruckes unmittelbar nach der Messung des Saugvermögens erfolgt (siehe Abschnitt 1.2.2.3).

1.3 Ultimate pressure

1.3.1 Definition of the ultimate pressure

The ultimate pressure of a vacuum pump is the lowest pressure which the pump attains asymptotically at the intake side with the gas inlet valve shut.

Differentiation must be made between the ultimate pressure, due to permanent gases, and the ultimate total pressure. The ultimate total pressure refers to a test dome having a temperature of 20° to 25° C.

Both ultimate pressures are to be quoted in mbar.

1.3.2 Measurement of the ultimate pressure

1.3.2.1 Equipment for measurement

1.3.2.1.1 Test Dome

For measuring ultimate pressure a test dome according to 1.2.2.2.1 shall be used.

For the measurement of total pressure, the temperature of the dome shall not exceed 25° C, if necessary it should be cooled.

1.3.2.1.2 Gauges for measuring the blanked-off total pressure

The blanked-off total pressure measurement shall be made by means of a diaphragm vacuum gauge, its error not exceeding $\pm 10\%$ at the pressure to be measured.

It must be possible to control the reference pressure of this gauge during the measurement. A vapour trap shall not be inserted in the connection line between the dome and the diaphragm gauge.

1.3.2.1.3 Gauges for measuring the blanked-off partial pressure

The instruments as mentioned under 1.2.2.2.2 shall be used.

1.3.2.2 Procedure for measuring the blanked-off pressure

For measuring the blanked-off pressure, a test dome according to fig. 1 shall be connected to the inlet port of the pump to be tested. The inner surface of the dome shall be clean and dry. The dome shall not be baked out during the measurement. If the dome is baked out prior to the measurement, it must, after having cooled down to 25° C, attain for a short period of time a pressure of at least 1 mbar by admitting dried ambient air. The gas inlet port of the dome then must be tightly closed, so as to preclude any leaking-in of gas (air).

For the measurement of the ultimate total pressure, gauges according to 1.3.2.1.2 shall be connected and for the measurement of the partial pressure, gauges according to 1.3.2.1.3 shall be connected to the port (flange) provided for this purpose on the test dome.

During the measurement, the pump shall be run with the prescribed quantity and grade of oil, and at the rotational speed specified by the manufacturer. The ambient temperature shall be below 25° C. After starting the pump shall be operated with gas ballast for at least one hour, and then without for another hour. This procedure is not necessary if the measurement of the ultimate pressure immediately follows the measurement of pumping speed (see 1.2.2.3).

1.3 Pression limite

1.3.1 Définition de la pression limite

Valeur limite de la pression vers laquelle tend asymptotiquement celle que maintient la pompe en l'absence du flux gazeux.

Il y a lieu de distinguer la pression limite due aux gaz permanents de la pression limite totale. La pression limite totale est mesurée à une température du dôme comprise entre 20 et 25° C. Les deux pressions limites seront indiquées en mbar ou en pascal.

1.3.2 Mesure de la pression limite

1.3.2.1 Appareillage pour la mesure de la pression limite

1.3.2.1.1 Dôme de mesure

On utilise le dôme de mesure défini dans le paragraphe 1.2.2.2.1. Pour la mesure de la pression totale, le dôme de mesure doit avoir une température qui ne dépasse pas 25° C. Le cas échéant, il faut prévoir un refroidissement.

1.3.2.1.2 Appareils utilisés pour la mesure de la pression totale

La mesure de la pression totale s'effectue à l'aide d'un manomètre à membrane dont la précision doit être meilleure que $\pm 10\%$ dans le domaine de mesure considéré. La pression de référence de ce manomètre doit pouvoir être contrôlée durant la mesure.

La canalisation reliant le manomètre à membrane au dôme, ne doit comporter aucun piège.

1.3.2.1.3 Appareils de mesure de la pression partielle

On utilisera les appareils décrits dans le paragraphe 1.2.2.2.2.

1.3.2.2 Mesure de la pression limite

Pour effectuer la mesure de la pression limite, on monte sur l'ajustage d'aspiration de la pompe le dôme représenté fig. 1. La surface interne de ce dôme doit être propre et sèche; le dôme ne doit pas être étuvé durant les mesures. En cas d'étuvage avant la mesure, la pression dans le dôme doit être établie, après refroidissement de celui-ci à 25° C et pour une courte durée, à une valeur d'au moins 1 mbar, par une entrée d'air ambiant séché.

Le système d'introduction des gaz dans le dôme doit être ensuite obturé de telle sorte qu'aucun flux gazeux ne puisse y pénétrer de l'extérieur. Pour l'exécution de la mesure de la pression limite totale on utilise l'appareil décrit en 1.3.2.1.2, pour la mesure de la pression limite partielle celui décrit en 1.3.2.1.3, l'un et l'autre étant relié à la bride du dôme prévue à cet effet. Avant les mesures on vérifie que la pompe contient la quantité et la qualité d'huile prescrites par le constructeur. La pompe doit tourner à sa vitesse nominale. La température ambiante doit être inférieure à 25° C. Après démarrage, la pompe doit tourner au moins 1 h avec son lest d'air ouvert, puis encore 1 h avec son lest d'air fermé. Ces opérations ne sont pas nécessaires si la mesure des pressions limites suit immédiatement celle du débit (voir § 1.2.2.3).

Anschließend wird mit den Druckmessungen begonnen, die in Abständen von 30 Minuten erfolgen sollen. Der Enddruck ist erreicht, wenn bei drei aufeinander folgenden Messungen keine Druckänderungen mehr festgestellt werden.

Bei der Messung des Enddruckes mit Gasballast ist das Gasballastventil voll zu öffnen und die Messung entsprechend dem Obengesagten durchzuführen, nachdem die Pumpe ihre Gleichgewichtstemperatur erreicht hat. Die Gasballastmenge ist festzustellen.

1.4 Absaugen von Wasserdampf

1.4.1 Definitionen

Wasserdampfverträglichkeit:

Die Wasserdampfverträglichkeit ist der höchste Druck, mit dem eine Vakuumpumpe unter normalen Umgebungsbedingungen (20° C, 1013 mbar) reinen Wasserdampf dauernd ansaugen und fördern kann. Sie wird in mbar angegeben.

Wasserdampfkapazität:

Die Wasserdampfkapazität ist das höchste Wassergewicht je Zeiteinheit, das eine Vakuumpumpe unter normalen Umgebungsbedingungen (20° C, 1013 mbar) in Form von Wasserdampf dauernd ansaugen und fördern kann. Sie wird in g · h⁻¹ angegeben.

Die Wasserdampfkapazität kann aus der Wasserdampfverträglichkeit nach Abschnitt 1.4.2.2 errechnet werden.

1.4.2 Berechnungsverfahren

1.4.2.1 Wasserdampfverträglichkeit p_{WO}

Die Wasserdampfverträglichkeit p_{WO} kann für eine ölgedichtete Rotations-Vakuumpumpe mit Gasballasteinrichtung mit Hilfe der allgemeinen Formel für das Pumpen reiner Dämpfe gefunden werden.

$$p_{WO} = \frac{B}{S} \cdot \frac{1333 (p_s(\vartheta) - p_a^*)}{1333 - p_s(\vartheta)} \text{ in mbar... (1)}$$

Diese Formel bezieht sich auf den Fall, daß das ölüberdeckte Auspuffventil der Pumpe bei einem Auspuffdruck von 1333 ¹⁾ mbar öffnet. Dieses ist etwas höher als der normale atm. Umgebungsdruck p_n = 1013 mbar, weil das Gewicht der Ventilplatte und das des Öles über derselben berücksichtigt worden ist.

p_s (ϑ) ist der Sättigungsdruck des gepumpten Wasser-Dampfes bei der Betriebstemperatur ϑ der Pumpe. Die Temperatur ϑ der Pumpe ist in diesem Zusammenhang die Temperatur des Bereiches des Auspuffs, wenn sich die laufende Pumpe im Gleichgewichtszustand befindet. p_s (ϑ) ist in mbar einzusetzen. Im Falle des Pumpens von Wasserdampf ist die Funktion p_s (ϑ) in Anhang 4 angegeben.

p_a^{*} ist der Wasserdampfpartialdruck der atm. Luft, die als Gasballast in die Pumpe eingelassen wird. In der Praxis wird p_a^{*} = 13 mbar verwendet. Dies entspricht 58 % Feuchtigkeit in Luft von 20° C. Es muß angemerkt werden, daß die Gleichung (1) für den Fall des Pumpens von reinem Dampf (Wasserdampf) gültig ist. Die allgemeinere Formel, die sich auf den Fall des Pumpens von Dampf plus Luft bezieht, und zeigt,

1) Diese Zahl ist ein Mittelwert. Änderung desselben verursacht nur einen kleinen Fehler, der normalerweise vernachlässigt werden kann.

Thereafter the pressure measurement shall be made at intervals of 30 minutes. The blanked-off pressure is reached when three subsequent measurements show no further reduction in pressure.

When measuring the ultimate pressure of a pump with gas-ballast, the gas-ballast valve shall be fully open and the measurement taken as mentioned before, after the pump has reached its equilibrium temperature. The amount of gas ballast should be stated.

1.4 Pumping of water vapour

1.4.1 Definitions

Water vapour tolerance

This is the highest (intake) pressure at which a (gas-ballast) pump under normal ambient conditions (20° C, 1013 mbar) can pump and exhaust water vapour in continuous operation. The water vapour tolerance is given in mbar.

Water vapour pumping capacity

This is the maximum weight of water which a (gas-ballast) pump can pump and exhaust in form of water vapour per unit time in continuous operation under normal ambient conditions (20° C, 1013 mbar). Unit: g · h⁻¹.

The water vapour capacity can be calculated from the water vapour tolerance as per formula (2) in 1.4.2.2.

1.4.2 Method of Calculation

1.4.2.1 Water Vapour Tolerance p_{WO}

For an oil sealed rotary vacuum pump equipped with a gas ballast device the water vapour tolerance p_{WO} can be found from the general formula for pumping pure vapours:

$$p_{WO} = \frac{B}{S} \cdot \frac{1333 (p_s(\vartheta) - p_a^*)}{1333 - p_s(\vartheta)} \text{ in mbar... (1)}$$

This formula applies to the case that the oil-covered exhaust valve of the pump opens at an exhaust (discharge) pressure of 1333 mbar¹⁾ this is somewhat higher than the normal (ambient) atmospheric pressure p_n = 1013 mbar, taking into account the weight of the valve plate and the oil above it.

p_s (ϑ) is the saturation pressure of the pumped water vapour at the operating temperature ϑ of the pump. The temperature ϑ of the pump is in this context the temperature of the exhaust section with the pump in steady state operation. p_s (ϑ) has to be taken in mbar. In the case of pumping water vapour, the function p_s (ϑ) is given in Annex 4.

p_a^{*} is the water vapour partial pressure of the atmospheric air that is introduced in the pump as gas ballast. In practice p_a^{*} = 13 mbar is used; this corresponds to 58 % humidity in air of 20° C. It should be noted that Equ. (1) applies to the case of pumping pure vapour (water vapours). The more general formula which applies to the case of pumping vapour plus air shows

1) This figure is an average value, change of which causes only a small error which usually can be neglected.

Les mesures de pression peuvent ensuite commencer et elles sont exécutées toutes les 30 minutes. La pression limite est atteinte lorsque les résultats de trois des mesures ci-dessus indiquées ne présentent plus d'écart entre eux.

Pour la mesure de la pression limite avec lest d'air, le robinet de lest d'air doit être complètement ouvert et la mesure doit être effectuée comme mentionné ci-dessus, la pompe ayant atteint sa température d'équilibre. La quantité du lest d'air est à mesurer.

1.4 Pompage de la vapeur d'eau

1.4.1 Définitions

Pression de vapeur d'eau maximale admissible

Pression de vapeur maximale à laquelle une pompe peut véhiculer uniquement de la vapeur d'eau en régime continu et dans des conditions d'ambiance normales: 20° C, 1013 mbar.

Elle sera indiquée en mbar ou en pascal.

Capacité de pompage de la vapeur d'eau

Débit massique maximal de vapeur d'eau qu'une pompe peut véhiculer en régime continu et dans des conditions d'ambiance normales: 20° C, 1013 mbar.

Elle s'exprime en g · h⁻¹.

La capacité de pompage de vapeur d'eau peut être calculée à partir de la pression de vapeur d'eau maximale admissible (voir § 1.4.2.2).

1.4.2 Méthode de calcul

1.4.2.1 Pression de vapeur d'eau maximale admissible p_{WO}

Pour une pompe à vide rotative à huile équipée d'un lest d'air, la pression de vapeur d'eau maximale admissible p_{WO} est déterminée à partir de la formule générale du pompage de vapeurs pures:

$$p_{WO} = \frac{B}{S} \cdot \frac{1333 (p_s(\vartheta) - p_a^*)}{1333 - p_s(\vartheta)} \text{ en mbar (1)}$$

Cette formule s'applique dans le cas, où la soupape d'échappement (qui est recouverte d'huile) s'ouvre à une pression de décharge de 1333 mbar¹⁾. Cette valeur est légèrement supérieure à la pression atmosphérique normale (p_n = 1013 mbar) car elle tient compte du poids du clapet de la soupape, de la raideur des ressorts qui l'applique, et de la pression hydrostatique de l'huile qui la recouvre.

p_s (ϑ) est la pression de vapeur saturante du produit pompé à la température de fonctionnement ϑ de la pompe. Plus précisément cette température est celle de l'espace d'échappement de la pompe lorsque cette dernière est en régime permanent. p_s (ϑ) est exprimée en mbar. Dans le cas de pompage de la vapeur d'eau la fonction p_s (ϑ) est donnée dans annexe 4.

p_a^{*} est la pression partielle de la vapeur d'eau qui est contenue dans l'air atmosphérique introduit dans la pompe par le lest d'air. En pratique on peut adopter p_a^{*} = 13 mbar (cette valeur correspond à une humidité relative de 58 % dans l'air à 20° C). Il est à noter que l'équ. (1) n'est valable que dans le pompage de vapeurs pures (par exemple la vapeur d'eau). La formule générale que s'applique au pompage d'un mélange d'air et de vapeur

1) Ce chiffre représente une valeur moyenne dont la modification n'apporte qu'une petite erreur qui peut être négligée dans la plupart des cas.

daß in diesem Falle für die Wasserdampfverträglichkeit höhere Werte errechnet werden. In der Verwendung von Gleichung (1) für die Ermittlung der (wirklichen) Wasserdampfverträglichkeit p_{w0} hat man also den ungünstigsten Fall, wie es in dem Schema Fig. 7 dargestellt ist. Die Relation von p_2 und ϕ wurde aus dem Anhang 4 entnommen.

B ist der Betrag des Gasballastes in m^3/h , bezogen auf 1013 mbar, S ist das Saugvermögen der Pumpe, bei dem Ansaugdruck p_a . Da praktisch alle bei diesen Messungen vorkommenden Drücke über 10 mbar liegen, kann für S in hinreichender Näherung der Zahlenwert für das Nennsaugvermögen S_n (in m^3/h) Verwendung finden (dies folgt aus der Saugvermögenskurve der Pumpe, s. Fig. 4).

1.4.2.2 Wasserdampfkapazität C_{w0}

Die Wasserdampfkapazität C_{w0} — wie in 1.4.1 definiert — kann aus der Wasserdampfverträglichkeit p_{w0} durch Verwendung des Gesetzes für ideale Gas abgeleitet werden. Das Ergebnis ist

$$C_{w0} = 217 \cdot \frac{S \cdot p_{w0}}{T} \text{ in } g \cdot h^{-1} \dots \dots (2)$$

(siehe Anhang 2)

S Saugvermögen in m^3/h , gemessen mit Gasballast bei dem Ansaugdruck p_{w0}
 p_{w0} Wasserdampfverträglichkeit nach Formel (1) in mbar.
 T thermodynamische Temperatur des gepumpten Wasserdampfes am Ansaugstutzen der Pumpe in K. Der üblicherweise verwendete Wert ist:

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

1.4.3 Messung der Wasserdampfverträglichkeit p_{w0}

1.4.3.1 Methode

Wenn Wasserdampf gepumpt wird, verursacht die zusätzliche Belastung einen Anstieg der Pumpentemperatur, der zu berücksichtigen ist, wenn man die Wasserdampfverträglichkeit p_{w0} bestimmt. Da es grundsätzlich schwierig erscheint, direkte Messungen unter Verwendung von reinem Wasserdampf durchzuführen, wird die Messung der Pumpentemperatur unter Belastung mit getrockneter Luft durchgeführt. Die erzielten Resultate werden verwendet, um durch ein entsprechendes Verfahren den Wert von p_{w0} für den Fall des Pumpens von reinem Wasserdampf abzuleiten.

Als Funktion des Ansaugdruckes p_a wird die Temperatur des Auspuffgases ϕ_x gemessen, weiterhin die Umgebungstemperatur ϕ_{amb} und der Betrag des Gasballastes B.

1.4.3.2 Meßgeräte

1.4.3.2.1 Temperaturmeßgeräte

Für die Messung der Temperatur der Abgas- und der Raumluft werden Meßgeräte mit einem größten Fehler von $\pm 0,5^\circ\text{C}$ verwendet (Quecksilber-, Widerstandsthermometer oder andere). Die Messung der Abgastemperatur erfolgt in einem Meßkrümmer nach Fig. 5. Das Maß-D soll der Nennweite des Abgestutzens der Pumpe entsprechen, aber nicht kleiner als 20 mm sein. Die Befestigung des Meßfühlers an der angegebenen Stelle des Meßkrümmers muß so erfolgen, daß eine möglichst geringe Verfälschung der Meßwerte durch Wärmeleitung eintritt.

that in this case higher values for the vapour tolerance p_{w0} are obtained. In using Equ. (1) for finding the (inherent) water vapour tolerance p_{w0} one has therefore the worst case, as represented in diagram fig. 7. The relation of p_2 and ϕ had been taken from Annex 4.

B is the "amount" of gas ballast in m^3/h , related to 1013 mbar, S is the pumping speed (volume flow rate) of the pump at the intake pressure p_a . As virtually all pressures involved in the measurements are above 10 mbar, for S the numerical value of the nominal speed S_n (in m^3/h) of the pump can be taken. (This follows from the speed characteristic of the pump — see fig. 4).

1.4.2.2 Water vapour pumping capacity C_{w0}

The water vapour pumping capacity C_{w0} — as defined in 1.4.1 — can be derived from the water vapour tolerance p_{w0} by use of the ideal gas law. The result is

$$C_{w0} = 217 \cdot \frac{S \cdot p_{w0}}{T} \text{ in } g \cdot h^{-1} \dots \dots (2)$$

(see Annex 2)

S = pumping speed in $m^3 \cdot h^{-1}$ measured with gas ballast open at an intake pressure p_{w0}
 p_{w0} = water vapour tolerance as per formula (1) in mbar.
 T = thermodynamic temperature of the pumped water vapour at the intake of the pump, in K. The usual value taken is:

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

1.4.3 Measurement of the water vapour tolerance p_{w0}

1.4.3.1 Method

When water vapour is being pumped, the extra load produces an increase in pump temperature which has to be taken into account when assessing the water vapour tolerance p_{w0} . As it appears to be genuinely difficult to carry out direct measurements using pure water vapour, measurements of pump temperature under load are made with dried air. The results obtained are used, by a suitable procedure, to deduce the value of p_{w0} in the case of pumping pure water vapour.

As a function of the intake pressure p_a the exhaust gas temperature ϕ_x is measured, furthermore, the ambient temperature ϕ_{amb} and the "amount" of gas ballast B.

1.4.3.2 Gauges

1.4.3.2.1 Thermometers

For measuring the temperature of the exhaust gas and the ambient air, instruments such as mercury thermometers, resistance thermometers and the like are used. The error of these instruments shall not exceed $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

The measurement of the exhaust gas temperature is carried out in a tubular bend according to fig. 5. Dimension D should be equal to the nominal width of the exhaust port of the pump, but not be smaller than 20 mm. The temperature sensing device should be fitted at the location as indicated in such a way that the measured values are not appreciably affected by heat conduction.

donnée dans (1), elle montre que dans ce cas on obtient pour p_{w0} des valeurs plus élevées. L'utilisation de l'équ. (1) pour la détermination de la pression de vapeur d'eau admissible p_{w0} donne systématiquement la valeur la plus défavorable comme le montre la figure 7. La relation entre p_2 et ϕ a été prise dans l'annexe 4.

B est le débit du lest d'air en m^3/h , rapporté à 1013 mbar; S est le débit-volume de la pompe à la pression d'aspiration p_a . Comme en pratique toutes les pressions impliquées dans ces mesures sont supérieures à 10 mbar, on peut utiliser au lieu de S le débit nominal S_n de la pompe (comme le montre la courbe caractéristique de la figure 4).

1.4.2.2 Capacité de pompage de la vapeur d'eau C_{w0}

La capacité de pompage de la vapeur d'eau C_{w0} (telle que définie au paragraphe 1.4.1) peut être obtenue à partir de la pression de vapeur d'eau maximale p_{w0} en appliquant la formule des gaz parfaits; on obtient ainsi:

$$C_{w0} = 217 \cdot \frac{S \cdot p_{w0}}{T} \text{ en } g \cdot h^{-1} \dots \dots (2)$$

(voir annexe 2).

S = débit de la pompe en $m^3 \cdot h^{-1}$, mesuré, avec le lest d'air ouvert, à une pression d'aspiration p_{w0}
 p_{w0} = pression de vapeur d'eau maximale admissible formule (1) en mbar.
 T = température thermodynamique du gaz pompé, à l'orifice d'aspiration de la pompe, en K. La valeur usuellement adoptée est:

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

1.4.3 Mesure de la pression de vapeur d'eau maximale admissible

1.4.3.1 Méthode de mesure

Lorsqu'on pompe de la vapeur d'eau, on provoque une élévation de température de la pompe dont il faut tenir compte dans la détermination de la pression de vapeur d'eau maximale admissible p_{w0} . Comme il est très délicat d'effectuer directement des mesures en utilisant de la vapeur d'eau pure, on mesure l'élévation de température, provoquée par la charge thermique supplémentaire, en utilisant de l'air séché. Les résultats ainsi obtenus sont transposés (par une procédure appropriée) au cas de pompage de vapeur d'eau pure et l'on en déduit la valeur de p_{w0} .

On mesurera la température du gaz à l'échappement ϕ_x en fonction de la pression d'aspiration p_a ainsi que la température ambiante ϕ_{amb} et le débit du lest d'air B.

1.4.3.2 Instruments de mesure

1.4.3.2.1 Thermomètres

Les thermomètres employés pour mesurer la température des gaz d'échappement et de l'air ambiant doivent avoir une précision de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ (thermomètre à mercure, thermomètre à résistance, etc.).

La température du gaz d'échappement sera mesurée dans un coude schématisé figure 5. La dimension D correspond en principe au diamètre nominal de la tubulure d'échappement de la pompe mais ne doit pas être inférieure à 20 mm. Le montage sera tel, que la conduction thermique de la connexion de la sonde au dispositif de la figure 5 n'altère pas de façon sensible les valeurs mesurées.

1.4.3.2.2 Druckmeßgeräte

Die Messung des Ansaugdruckes p_a wird mit einem U-Rohr-Vakuummeter oder einem geeichten Membran-Vakuummeter vorgenommen, dessen Fehler nicht größer als $\pm 5\%$ des zu messenden Druckes ist. Diese Meßgeräte werden ohne Zwischenschaltung einer Kühlfalle direkt an den Meßdom nach Fig. 6 angeschlossen. Die zwischen dem Auspuffstutzen der Pumpe und der Atmosphäre herrschende Druckdifferenz ist mit einem U-Rohr-Manometer mit einer Genauigkeit von ± 1 mbar zu messen.

1.4.3.2.3 Volumenmeßgeräte

Die Messung der Gasballastmenge erfolgt mit einem Gaszähler, dessen Fehler $\pm 1\%$ nicht überschreiten darf oder mit einem Meßgerät mit Schwerekörper (siehe auch 1.2.2.2.3).

1.4.3.3 Ausführung der Messung

Der Aufbau der Meßeinrichtung und die Anordnung der Meßgeräte sind in Fig. 6 dargestellt. Die zu messende Pumpe wird nach dem Einschalten bei geschlossenem Dosierventil und voll geöffnetem Gasballastventil so lange betrieben, bis an der Temperaturmeßstelle am Auspuff der Temperaturanstieg innerhalb 15 Minuten unter $0,5^\circ\text{C}$ liegt. Dann wird die Gasballastmenge gemessen, die über alle folgenden Messungen konstant gehalten wird. Das Gasballastventil ist normalerweise so konstruiert, daß die Menge B bei vollständig geöffnetem Ventil 0,1 oder 0,15 des Nennsaugvermögens der betreffenden Pumpe entspricht: $B/S_n = 0,1$ oder $0,15$ in den meisten Fällen. Anschließend wird das Dosierventil betätigt und die Temperatur des Auspuffgases für mindestens 4 verschiedene Ansaugdrücke p_a im Meßdom — so gleichmäßig abgestuft wie möglich — gemessen, nachdem jeweils das Temperaturgleichgewicht erreicht wurde. Mindestens einer dieser Ansaugdrücke sollte höher sein als die zu erwartende Wasserdampfverträglichkeit p_{w0} in mbar.

Für jeden Ansaugdruck sollen die folgenden Werte gemessen werden:

Endtemperatur des Auspuffgases	ϑ_x in $^\circ\text{C}$
Ansaugdruck	p_a in mbar
Umgebungstemperatur	ϑ_{amb} in $^\circ\text{C}$

Die Messungen dürfen nur vorgenommen werden, wenn der Atmosphärendruck unter 1070 mbar liegt. Außerdem ist bei jedem Meßpunkt darauf zu achten, daß die Druckdifferenz zwischen Auspuff- und Atmosphärendruck höchstens 10 mbar beträgt. Falls diese Druckdifferenz überschritten wird, ist die Auspuffleitung im Sinne einer geringeren Drosselung zu ändern.

1.4.3.4 Auswertung der Messung

Die gemessene Temperatur des Auspuffgases muß nun korrigiert werden, indem man berücksichtigt:

- daß die gemessene Umgebungstemperatur ϑ_{amb} von der Umgebungstemperatur von 20°C , auf welche die Wasserdampfverträglichkeit bezogen ist, abweicht
- daß die Messung mit (trockener) Luft von der Temperatur ϑ_{amb} durchgeführt wurde anstelle von reinem gesättigten Wasserdampf von der Temperatur ϑ_s , wie es gefordert wird, um der Definition der Wasserdampfverträglichkeit zu

1.4.3.2.2 Pressure gauges

The intake pressure p_a is to be measured by means of a U-tube manometer or a calibrated diaphragm manometer, the error of which shall not exceed 5 % of the pressure to be measured. The gauges are to be connected to the test dome as indicated in fig. 6, without an intermediate cold trap. The pressure difference between the exhaust flange of the pump and the ambient atmosphere shall be measured with a U-tube manometer having an accuracy of ± 1 mbar.

1.4.3.2.3 Gas-ballast metering device

For measuring the amount of gas-ballast a gas-meter having an accuracy of $\pm 1\%$ or a float type meter shall be used (see also 1.2.2.2.3).

1.4.3.3 Procedure of measurement

The measuring rig and the arrangement of the gauges are shown in fig. 6.

The pump under consideration is to be run with the variable-leak valve closed and the gas-ballast valve fully open for an adequate length of time, i.e. until the increase of temperature as measured at the specified point at the exhaust is less than $0,5^\circ\text{C}$ within 15 minutes. Now the gas ballast quantity B is measured which is kept constant during all subsequent measurements. The gas ballast valve is usually so designed that with the valve fully open the quantity B is 0,1 or 0,15 of the nominal speed of the pump under consideration: $B/S_n = 0,1$ or $0,15$ in most cases. Now the variable leak valve is operated and for at least four different intake pressures p_a in the test dome — as equally stepped as possible, — the exhaust gas temperature ϑ_x is measured after a steady state has been reached. At least one of these intake pressures should be higher than the water vapour tolerance p_{w0} in mbar to be expected.

For each intake pressure the following data shall be measured:

End temperature of the exhaust gas	ϑ_x $^\circ\text{C}$
Intake pressure	p_a mbar
Ambient temperature	ϑ_{amb} $^\circ\text{C}$

Measurements are only permissible if the atmospheric pressure is lower than 1070 mbar. In addition, care must be taken that the pressure difference between the exhaust pressure and atmospheric pressure does not exceed 10 mbar. If the pressure difference exceeds 10 mbar, the exhaust line is too restrictive and should be changed for better conductance.

1.4.3.4 Evaluation of measurements

The measured exhaust gas temperature must now be corrected taking into account:

- that the measured ambient temperature ϑ_{amb} deviates from the ambient temperature of 20°C to which the water vapour tolerance is being related,
- that the measurement has been made with (dry) air of temperature ϑ_{amb} instead of pure saturated water vapour of temperature ϑ_s as required for meeting the definition of the water vapour tolerance.

1.4.3.2.2 Manomètres

La pression d'admission p_a sera mesurée à l'aide d'un manomètre en «U» ou d'un manomètre à membrane étalonné dont l'erreur maximale ne doit pas excéder $\pm 5\%$ de la pression à mesurer. Ces manomètres seront raccordés au dôme comme indiqué figure 6, sans insertion d'un piège refroidi. La différence de pression qui existe entre l'échappement de la pompe et l'atmosphère sera mesurée par un manomètre en «U» ayant une précision de ± 1 mbar (100 Pa).

1.4.3.2.3 Instruments de mesure du débit lest d'air

Le débit de lest d'air sera mesuré à l'aide d'un compteur à gaz dont la précision sera de l'ordre de $\pm 1\%$ ou, à défaut, d'un débitmètre à flotteur rotatif (voir aussi 1.2.2.2.3).

1.4.3.3 Mode opératoire des mesures

L'agencement des dispositifs et instruments de mesure est illustré figure 6.

La pompe en essai doit d'abord fonctionner sans introduction de gaz dans le dôme et le dispositif de lest d'air entièrement ouvert, jusqu'à ce que la température mesurée à l'échappement ne varie plus d'une valeur supérieure à $0,5^\circ\text{C}$ en 15 minutes.

Après que le débit de lest d'air B est mesuré, cette valeur sera maintenue constante pour toutes les mesures ultérieures. Le robinet de lest d'air est généralement conçu pour faire en sorte, qu'en position complètement ouverte le débit B soit égal à 0,1 ou 0,15 du débit nominal de la pompe considérée: on a ainsi dans les cas les plus courants $\frac{B}{S_n} = 0,1$ à $0,15$.

Dans la suite des mesures on réglera la pression dans le dôme de mesure, à l'aide du robinet de fuite réglable, pour réaliser au moins quatre valeurs aussi régulièrement espacées que possible, l'une au moins de ces pressions devra être supérieure à la pression p_{w0} supposée. La température ϑ_x du gaz à l'échappement devra être mesurée après avoir vérifié que l'équilibre thermique est atteint.

Pour chaque valeur de la pression d'aspiration on notera:

ϑ_x	Température d'équilibre du gaz à l'échappement	$^\circ\text{C}$
p_a	Pression du gaz à l'aspiration de la pompe	mbar
ϑ_{amb}	Température ambiante	$^\circ\text{C}$

Ces mesures ne peuvent être faites que lorsque la pression atmosphérique est plus basse que 1070 mbar.

D'autre part on devra veiller à ce que la différence entre la pression d'échappement et la pression atmosphérique n'excède pas 10 mbar (10^3 Pa), la conductance du dispositif d'échappement étant, pour ce faire, éventuellement augmentée.

1.4.3.4 Exploitation des mesures

La température ϑ_x du gaz à l'échappement doit être corrigée pour tenir compte des remarques suivantes:

- La température ambiante ϑ_{amb} est différente de la température de référence (20°C) à laquelle la capacité en vapeur d'eau est rapportée.
- Les mesures sont faites avec de l'air sec à la température ϑ_{amb} au lieu de vapeur d'eau pure à la pression de vapeur saturante qui correspond à la température ϑ_s , ainsi qu'il est indiqué dans la définition de la pression de vapeur d'eau maximale admissible.

entsprechen. Beide Korrekturen sind (siehe Anhang 3) enthalten in der Formel:

$$\theta_0 = \theta_x - (\theta_{amb} - 20) + \frac{\theta_s - \theta_{amb}}{1 + \frac{B}{S} \frac{1013}{p_a} \frac{5}{6}} \text{ in } ^\circ\text{C} \dots (3)$$

θ_s ist die Sättigungstemperatur von Wasserdampf bei dem gemessenen Ansaugdruck p_a siehe Anhang 4.

Die Werte für θ_0 als Funktion vom Ansaugdruck p_a sollen aufgezeichnet werden, wie in Fig. 7: $p_a = f(\theta_0)$. Die Ordinate des Punktes P des Schnittpunktes dieser Kurve mit der Charakteristik für p_{w0} , die zu dem gemessenen Wert für B/S_n gehört (dies ist in Fig. 7 mit dem beispielsweise gewählten Wert 0,15 dargestellt) ergibt den gesuchten Wert für die Wasserdampfverträglichkeit p_{w0} ($p_{w0} = 42$ mbar in Fig. 7).

1.5 Niedrigste Anlauftemperatur

Die niedrigste Anlauftemperatur ist die mittlere Temperatur der Pumpe, bei der sie in saugseitig belüftetem Zustand mit dem vom Hersteller gelieferten oder empfohlenen Antriebsmotor nach einer mindestens 1stündigen Betriebsunterbrechung noch einwandfrei anläuft. Wenn keine andere Temperatur vereinbart ist, so gilt 12° C als niedrigste Anlauftemperatur.

Wenn die niedrigste Anlauftemperatur nicht dadurch geprüft werden kann, daß die Pumpe zu Beginn des Anlaufversuches gleichmäßig auf diese Temperatur gebracht wird, dann können die Anlaufverhältnisse durch Verwendung eines Pumpenöls anderer Viskosität simuliert werden. Das hierfür verwendete Öl muß bei der Pumpentemperatur, die zu Beginn des Anlaufversuches vorhanden ist, die gleiche Viskosität wie das vom Hersteller der Pumpe vorgeschriebene Pumpenöl bei der niedrigsten Anlauftemperatur haben. Nach dem Einfüllen des Versuchsöls in die Pumpe muß diese ca. 10 Minuten betrieben werden. Anschließend ist die erforderliche Betriebsunterbrechung von mindestens 1 Stunde einzuhalten.

1.6 Größte Antriebsleistung

Die Antriebsleistung ist die größte Leistung, welche die Vakuumpumpe im Betriebszustand ihrer höchsten Leistungsaufnahme bei der jeweiligen Gleichgewichtstemperatur benötigt. Sie wird in kW angegeben.

Für die Ermittlung der Antriebsleistung ist es zulässig, die abgegebene Leistung des Elektromotors aus den elektrischen Daten des Motors nach den Angaben des Herstellers zu errechnen. Die Messung wird bei dem Ansaugdruck der Vakuumpumpe vorgenommen, bei dem die Leistungsaufnahme ihr Maximum hat, nachdem die Pumpe mindestens eine Stunde bei diesem Ansaugdruck betrieben wurde. Zu verwenden ist das vom Hersteller für die Pumpe vorgesehene Öl.

1.7 Drehzahl

Die Ist-Drehzahl der Vakuumpumpe darf während der Messung nicht mehr als $\pm 3\%$ von der angegebenen Drehzahl abweichen.

Wird eine Pumpe mit angeflanschem oder direkt gekuppeltem Motor geliefert, so gilt die auf dem Typenschild des Motors angegebene Drehzahl. Bei indirekt angetriebenen Pumpen ist das Übersetzungsverhältnis zu berücksichtigen.

Both corrections are included (see Annex 3) in the formula:

$$\theta_0 = \theta_x - (\theta_{amb} - 20) + \frac{\theta_s - \theta_{amb}}{1 + \frac{B}{S} \frac{1013}{p_a} \frac{5}{6}} \text{ in } ^\circ\text{C} \dots (3)$$

θ_s is the saturation temperature of water vapour at the measured intake pressure p_a , see Annex 4. The values for θ_0 as a function of the intake pressure p_a shall be plotted as in fig. 7: $p_a = f(\theta_0)$. The ordinate of the point P of intersection of this line with the p_{w0} -characteristics belonging to the measured B/S_n -value (i.e., 0,15 as an example in fig. 7) gives the required water vapour tolerance p_{w0} .

($p_{w0} = 42$ mbar in fig. 7).

1.5 Minimum starting temperature

The minimum starting temperature is the average temperature of the pump at which the pump with the intake port at atmospheric pressure can be started up after an interval of at least 1 hour. The motor to be used for starting the pump is either the motor supplied or suggested by the makers of the pumps. If no other temperature is specified the minimum starting temperature shall be taken as 12° C.

If the required ambient temperature cannot be reached equivalent starting conditions can be simulated by using pump oil of appropriate viscosity.

The appropriate oil is that having the same viscosity at the test ambient temperature as the oil specified by the pump manufacturer for the minimum starting temperature.

After filling the pump with the test oil it shall be run for 10 minutes and stopped for 1 hour before carrying out the above test.

1.6 Maximum power consumption

The power consumption is the maximum power that the pump requires when operating under maximum load conditions at equilibrium temperature.

It is to be quoted in kW.

The power required for starting purposes may be obtained from electrical data specified by the maker of the electric motor.

The power measurement must be made at the intake pressure at which the power consumption is a maximum, after the pump has run for at least one hour at this intake pressure. The type of lubricating oil must be the one specified by the maker of the pump.

1.7 Rotational speed

During the test, the actual rotational speed of the pump must not deviate more than $\pm 3\%$ from that specified.

If a pump is furnished with flanged or directly coupled motor, the rotational speed indicated on the name plate of the motor is valid. When a pump is indirectly driven, the transmission ratio must be taken into consideration.

Ces deux corrections sont données par la formule ci-dessous (voir annexe 3):

$$\theta_0 = \theta_x - (\theta_{amb} - 20) + \frac{\theta_s - \theta_{amb}}{1 + \frac{B}{S} \frac{1013}{p_a} \frac{5}{6}} \text{ en } ^\circ\text{C} \dots (3)$$

θ_s est la température correspondante à la pression de vapeur saturante p_a (voir annexe 4).

Les valeurs de θ_0 en fonction de la pression d'aspiration p_a doivent être reportées dans la fig. 7: $p_a = f(\theta_0)$. L'ordonnée du point P, obtenu par l'intersection de cette ligne et de celle correspondante au rapport B/S_n de la pompe en expérimentation, donne la valeur recherchée pour la pression maximale de vapeur d'eau p_{w0} .

La figure 7. montre un exemple pour $B/S_n = 0,15$, qui donne $p_{w0} = 42$ mbar.

1.5 Température minimale de démarrage

La température minimale de démarrage est la température moyenne de la pompe, à laquelle elle démarre encore facilement avec le moteur livré ou recommandé par le constructeur, quand l'orifice d'admission est remis à l'air et après un arrêt d'au moins une heure. Dans le cas où la valeur de la température minimale de démarrage n'est pas indiquée, la température acceptable la plus basse est 12° C.

S'il n'est pas possible de vérifier la plus basse température de démarrage parce que celle-ci ne peut être atteinte uniformément dans la pompe au début de l'essai de démarrage, cette condition peut être simulée à l'aide d'une huile de viscosité différente. L'huile employée à cet effet doit avoir, à la température de la pompe au début du démarrage, la même viscosité que l'huile spécifiée par le constructeur de la pompe à la plus basse température de démarrage. Après remplissage avec l'huile exigée pour l'essai, la pompe doit tourner pendant 10 minutes environ. Ensuite l'arrêt nécessaire d'au moins une heure doit être observé.

1.6 Puissance maximale

C'est la puissance maximale que la pompe est susceptible de requérir en régime permanent à une température d'équilibre donnée.

Elle sera exprimée en kW.

Pour déterminer la puissance en fonctionnement on peut calculer la puissance fournie par le moteur à partir de ses caractéristiques électriques données par le constructeur. La mesure se fait à la pression d'admission de la pompe, pour laquelle la puissance absorbée est maximale, après un fonctionnement de la pompe pendant au moins une heure à cette pression d'admission. Il faut employer l'huile prescrite par le constructeur de la pompe.

1.7 Vitesse de rotation

Durant l'essai la vitesse de rotation effective ne doit pas différer de plus que $\pm 3\%$ de celle indiquée par le constructeur. Pour une pompe à entraînement direct on peut considérer comme suffisante la vitesse de rotation indiquée sur la plaque du moteur. Si la pompe possède des organes de transmission (entraînement indirect) il est nécessaire de tenir compte de leur rapport de transmission.

1.8 Abmessungen

Die angegebenen und als verbindlich gekennzeichneten Anschlußmaße der Vakuumpumpe ohne Zubehör sind nach Anhang 1 einzuhalten.

1.8 Dimensions

The figures stated and marked as binding for the connecting dimensions of the pump without accessories are given in the Annex 1.

1.8 Dimensions

Les cotes de raccordement spécifiées comme obligatoires pour les pompes à vide sans accessoires doivent être observées, comme défini à l'annexe 1.

1.9 Gewicht

Bei der Angabe des Gewichtes ist eine Abweichung bis zu $\pm 10\%$ zulässig. Wenn nichts anderes angegeben, versteht sich die Gewichtsangabe für die betriebsfertige Vakuumpumpe, jedoch ohne Ölfüllung. Direkt angetriebene Pumpen: mit Motor, indirekt angetriebene: mit Nemenscheibe.

1.9 Weight

Deviations from the specified weight up to $\pm 10\%$ are permissible. If not otherwise stated then the specified weight applies to the vacuum pump ready for use, but empty of oil. Directly driven pumps: with motor, indirectly driven pumps: with pulley.

1.9 Poids

Pour les spécifications de poids une tolérance de $\pm 10\%$ est admissible. Si aucune autre spécification n'est donnée, l'indication du poids s'entend pour la pompe sans remplissage d'huile. Pompes à entraînement direct avec moteur, avec entraînement indirect avec poulie.

1.10 Kennzeichnung einer Pumpe

Wenn das Saugvermögen für eine Typenangabe verwendet wird, darf diese Zahl in keinem Fall höher als 10% über dem mittleren Wert des zwischen 100 und 1000 mbar Ansaugdruck gemessenen Saugvermögens liegen.

1.10 Designation of a pump

If the pumping speed is used in the designation of the pump model, this figure must not be greater than 10% above the average value measured between 100 and 1000 mbar intake pressure.

1.10 Désignation d'une pompe

Si le débit est utilisé pour caractériser une pompe dans le catalogue du constructeur, il ne doit, en aucun cas, être supérieur de plus de 10% à la valeur moyenne du débit mesuré entre une pression d'aspiration 100 et 1000 mbar (10^4 et 10^5 Pa.).

2. Wälzkolbenvakuumpumpen (Rootspumpen)

2.1 Definition

Wälzkolbepumpen sind Verdrängerpumpen, bei denen sich im Fördergehäuse zwei symmetrisch gestaltete Drehkolben mit 2 oder 3 Zähnen gegenseitig abwälzen. Beide Rotoren sind durch ein Zahnradgetriebe so synchronisiert, daß sie sich ohne gegenseitige Berührung mit geringem Spiel aneinander und an der Gehäusewand vorbeibewegen.

2.2 Geltungsbereich

Diese Abnahmeregelungen gelten für Rootspumpen (Wälzkolben-Vakuumpumpen), die gemäß ihrer Bauweise mit einer entsprechenden Vorvakuum-pumpe Ansaugdrücke unter 1 mbar erreichen.

2.3 Saugvermögen

2.3.1 Theoretisches Saugvermögen

2.3.1.1 Definition des theoretischen Saugvermögens

Das theoretische Saugvermögen ist das Produkt aus dem theoretischen Hubvolumen je Umdrehung und der vom Hersteller angegebenen Drehzahl der Pumpe. Es wird in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ und oder in $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ angegeben.

2.3.2 Saugvermögen

Das Saugvermögen einer Rootspumpe (mit einer entsprechenden Vorpumpe) ist infolge innerer Verluste geringer als das theoretische Saugvermögen.

2.3.2.1 Messung des Saugvermögens

Die Messung des Saugvermögens einer einzelnen Rootspumpe (ohne Vorpumpe) ist nicht Gegenstand dieser Abnahmeregelungen.

2.3.2.2 Messung des Saugvermögens mit Vorpumpe

Wird für einen Pumpsatz, der unter Verwendung von einer oder mehreren Rootspumpen gebildet wird, vom Hersteller eine Saugvermögenskurve angegeben, so wird die Nachprüfung in der Weise vorgenommen, daß auf der in Strömungsrichtung ersten Rootspumpe ein Meßdom mit einem Durchmesser D entsprechend der Nennweite des Ansaugstutzens dieser Rootspumpe aufgesetzt wird. Wenn in der Reihe der Meßdome laut Figur 1 eine entsprechende Nennweite nicht vorhanden ist, ist es zulässig, den nächstgrößeren Meßdom unter Verwendung des Übergangsflasses gemäß Figur 1 zu benutzen. Die Durchführung der Messung erfolgt nach Abschnitt 1.2. Die verwendete Vorpumpe ist anzugeben.

2.4 Kompressionsverhältnis bei Nullförderung

2.4.1 Definition

Das Kompressionsverhältnis bei Nullförderung ist das Verhältnis der Drücke der Permanentgase im Druck- und Saugstutzen bei abgeschlossenem Saugstutzen und der Förderung Null. Dieses Kompressionsverhältnis hängt von der Gasart ab.

2. Roots Vacuum Pumps

2.1 Definition

Roots pumps are rotating lobe pumps in which two symmetrically shaped rotating rotors with 2 or 3 lobes rotate simultaneously within the housing. Both rotors are synchronised by a gearwheel drive so that they move with slight clearance between one another and the walls of the housing without friction.

2.2 Scope

These acceptance specifications refer to Roots vacuum pumps which achieve with a suitable backing pump intake pressures less than 1 mbar.

2.3 Volume rate of flow (Pumping Speed)

2.3.1 Theoretical Pumping Speed

2.3.1.1 Definition of the Theoretical Pumping Speed

The theoretical pumping speed is the product of the swept volume per revolution and the rotational speed as specified by the supplier. It should be given in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ oder in $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.3.2 Volume Rate of Flow (Pumping Speed)

The pumping speed of a Roots pump (with an adequate backing pump) is for reason of internal losses smaller than the theoretical pumping speed.

2.3.2.1 Measurement of the pumping speed

The measurement of the pumping speed of an individual Roots pump (without backing pump) is not a subject of this standard.

2.3.2.2 Measurement of the Pumping Speed with Backing Pump

If a pumping speed curve is given by the supplier for a pumping unit using one or more Roots pumps, then the tests should be undertaken with a measuring dome of diameter D corresponding to the nominal value of the evacuation port of the first Roots pump, the dome being installed on this pump. If a dome of the same diameter as the Roots pump inlet is not given in the list of measuring domes in fig. 1 then the next larger measuring dome may be used with an adapter. Measurement should be carried out as described in section 1.2. The backing pump used in determining the effective pumping speed must be specified.

2.4 Compression ratio at Nil-throughput

2.4.1 Definition

The compression ratio at nil-throughput is the ratio of the outlet pressure to the inlet pressure, measuring permanent gases only. This compression ratio depends on the type of gas handled.

2. Dépresseurs Roots Pompes Roots

2.1 Définition

Les pompes Roots sont des pompes volumétriques rotatives comprenant un stator à 2 alésages dans lesquels tournent à vitesse angulaire égale et en sens inverse 2 rotors ayant chacun la forme d'un engrenage à 2 ou 3 dents, les 2 rotors se déplaçant sans contact avec le stator et sans contact entre eux.

2.2 Objet

Ces conditions de réception concernent les pompes à vide Roots (dépresseurs Roots) qui par leur construction associées à des pompes primaires convenables sont susceptibles de créer à leur aspiration une pression inférieure à 1 mbar (100 Pa.).

2.3 Débit volume

2.3.1 Débit théorique

2.3.1.1 Définition du débit théorique

Le débit théorique — ou débit géométrique — est obtenu en effectuant le produit du volume cyclique engendré par le nombre de cycles spécifié par le constructeur. Il est indiqué en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ou en $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

2.3.2 Débit volume

Le débit volume d'une pompe Roots (avec une pompe primaire adéquate) est à cause des pertes intérieures toujours plus petit que le débit théorique.

2.3.2.1 Mesure du débit

La mesure du débit d'une pompe Roots seule (sans pompe primaire) n'est pas à considérer dans le cadre de cette norme.

2.3.2.2 Mesure du débit avec pompe primaire

Si pour un groupe de pompage comportant une ou plusieurs pompes Roots, une courbe de débit est indiquée par le constructeur, le contrôle sera effectué en disposant, sur la première pompe Roots dans le sens du flux, un dôme de mesure dont le diamètre D correspond au diamètre nominal de l'ajutage d'aspiration de cette pompe Roots. A défaut d'un dôme correspondant à celui-ci, on prendra celui de diamètre nominal immédiatement supérieur; dans ce dernier cas, une pièce d'adaptation conforme à celle prévue pour les pompes primaires (voir fig. 1) sera utilisée. Cette mesure sera effectuée comme indiqué au § 1.2. La pompe primaire reliée doit être spécifiée.

2.4 Taux de compression à débit nul

2.4.1 Définition

Le taux de compression K_0 à débit nul est le rapport des pressions d'un gaz permanent mesurées au refoulement et à l'aspiration lorsque la pompe Roots fonctionne sans admission de flux gazeux à l'aspiration. Il est fonction de la nature du gaz.

2.4.2 Maximalwert

Der Maximalwert des Kompressionsverhältnisses K_0 wird $K_0 \text{ max}$ genannt und gilt für Luft. Wird dieser Wert vom Hersteller angegeben, so muß auch der dazugehörige Auspuffdruck p_2 angegeben werden. Das bei diesem Druck gemessene Kompressionsverhältnis darf nicht mehr als 20 % vom angegebenen Wert $K_0 \text{ max}$ abweichen.

2.4.3 Messung

2.4.3.1 Meßmethode

Die Messung erfolgt in der Weise, daß die Roots-pumpe saugseitig abgeschlossen wird und in geeigneter Weise auf der Druckseite unterschiedliche Drücke eingestellt werden.

2.4.3.1.1 Meßanordnung

Das Abschließen der Saugseite der Roots-pumpe erfolgt mittels des Meßdomes nach 1.2.2.2.1, dessen Durchmesser D gemäß 2.3.2.2 gewählt wird. Für die Druckseite wird ein Meßdom verwendet, wie er für die Vorpumpe entsprechend 1.2.2.2.1 vorgeschrieben ist. Die Verbindung des Auspuffstutzens der Roots-pumpe mit dem Meßdom und der Vorpumpe erfolgt mit einem T-Stück mit gleichem Durchmesser des Meßdomes entsprechend Figur 8 und gegebenenfalls mit Übergangsstutzen gemäß Figur 1, jedoch in der Weise, daß zwischen der Roots-pumpe und dem Meßdom die Nennweite des Meßdomes nicht unterschritten wird.

2.4.3.1.2 Druckmeßgeräte

Die an den Meßdomen anzuschließenden Meßgeräte müssen Abschnitt 1.2.2.2.2 entsprechen.

2.4.3.1.3 Durchführung der Messung

Der Gaseinlaß an dem saugseitig angeschlossenen Meßdom muß vakuumdicht verschlossen sein. Am druckseitigen Meßdom wird am Gaseinlaß ein geeignetes Dosierventil angeschlossen. Durch Veränderung der eingelassenen Gasmenge werden unterschiedliche Drücke in diesem Meßdom eingestellt. Aus den auf der Saug- und der Druckseite gemessenen Drücken ergibt sich das Kompressionsverhältnis. Während der Messung muß die Pumpe auf Betriebsdrehzahl laufen. Die Messung darf erst dann erfolgen, wenn die Veränderung der beiden Druckanzeigen innerhalb von 15 Minuten nicht mehr als 5 % beträgt.

2.5 Höchste zulässige Druckdifferenz im Dauerbetrieb

Die zulässige Druckdifferenz im Dauerbetrieb gilt für Luft und kann im Abnahmeprotokoll als Kennzahl angegeben werden. Die Nachprüfung erfolgt bei Betriebsdrehzahl ausgehend von einer auf Raumtemperatur befindlichen Pumpe, indem sowohl auf der Saugseite als auch auf der Druckseite Luft eingelassen wird, so daß sich auf der Saugseite ein Druck von 10 mbar oder weniger einstellt und der Druck auf der Druckseite um die genannte Druckdifferenz höher ist. In diesem Zustand muß die Roots-pumpe störungsfrei 1 Stunde betrieben werden.

2.4.2 Maximum Value of Compression Ratio

The maximum value of the compression ratio K_0 shall be called $K_0 \text{ max}$ and applies for air. If this value is given by the supplier then the corresponding outlet pressure must also be given. The compression ratio measured at this pressure must not deviate more than 20 % from the value given for $K_0 \text{ max}$.

2.4.3 Measurement

2.4.3.1 Method of measuring

Measurement should be carried out with the inlet side of the Roots pump blanked off and by varying the outlet pressure in a suitable manner.

2.4.3.1.1 Measuring Arrangement

The inlet side of the Roots pump should be blanked off by means of a measuring dome as in section 1.2.2.2.1, selected in accordance with section 2.3.2.2.

On the pressure side a measuring dome has to be used as prescribed for backing pumps according to section 1.2.2.2.1. The pressure flange of the Roots pump is to be connected to the measuring dome and the backing pump by means of a T-piece the nominal diameter of which corresponds to that of the measuring dome according to fig. 8. If necessary, an adapter should be used as in fig. 1, but in such a way that the nominal diameter between the Roots pump and the measuring dome does not fall below that of the measuring dome.

2.4.3.1.2 Pressure measuring apparatus

The measuring apparatus is to be connected to the measuring dome in accordance with section 1.2.2.2.2.

2.4.3.1.3 Measuring Procedure

The gas inlet to the measuring dome must be leak tight. A suitable variable leak valve should be connected to a gas inlet on the outlet side measuring dome. By varying the amount of gas admitted the resulting pressures are measured in this dome, and the corresponding inlet pressures are measured with the pump running at normal rotational speed. Measurements are only valid when the change in two successive pressure readings over a timed interval of 15 minutes does not exceed 5 %.

2.5 Maximum Permissible Pressure Difference during Continuous operation

The maximum permissible pressure difference during continuous operation is to be given for air and can be stated in the test certificate as a characteristic.

Tests should be carried out at normal rotational speed with the pump initially at room temperature, in which air is admitted on the inlet side as well as on the outlet side, so that a pressure of 10 mbar or less is set on the inlet side and the pressure on the outlet side is higher by the specified maximum permissible pressure difference. The Roots pump must be operated in this condition for 1 hour without malfunctioning.

2.4.2 Valeur maximale

La valeur maximale de K_0 est désignée par $K_0 \text{ max}$ et est donnée pour l'air.

Si cette valeur est indiquée par le constructeur, la pression au refoulement correspondante p_2 doit être aussi indiquée.

Le taux de compression mesuré à cette pression ne doit pas s'écarter de plus de 20 % de la valeur $K_0 \text{ max}$ indiquée.

2.4.3 Mesure

2.4.3.1 Méthode de mesure

La mesure est effectuée en fermant la pompe Roots du côté de l'aspiration de façon telle que dans le tube de refoulement des pressions différentes soient établies.

2.4.3.1.1 Appareillage

La fermeture du côté aspiration de la pompe Roots est obtenue à l'aide d'un dôme de mesure, objet du § 1.2.2.2.1 dont le diamètre nominal sera choisi conformément au § 2.3.2.2. On utilise, côté refoulement de la pompe Roots, un dôme de mesure tel que celui qui est prescrit au § 1.2.2.2.1 pour la pompe primaire. La liaison de l'ajutage de refoulement de la pompe Roots avec une pièce en T dont le diamètre est égal au diamètre du dôme de mesure et, s'il y a lieu, avec un élément d'adaptation conforme à la fig. 1, mais de telle façon qu'il n'existe, entre la pompe Roots et le dôme de mesure, aucun diamètre nominal inférieur à celui du dôme de mesure (voir figure 8).

2.4.3.1.2 Manomètres

Les manomètres reliés au dôme de mesure sont décrits au § 1.2.2.2.2.

2.4.3.1.3 Mode opératoire de la mesure

L'entrée de gaz dans le dôme de mesure côté aspiration doit être fermée de façon étanche. On relie au dôme de mesure côté refoulement un robinet de dosage. En ouvrant le robinet de dosage on fait entrer dans le dôme des quantités différentes de gaz afin d'obtenir les pressions désirées. Des pressions mesurées à l'aspiration et au refoulement on déduit le taux de compression. Pendant les mesures, la pompe doit tourner à la vitesse de service. On ne commence la lecture des pressions que si la variation des deux indications n'exceed pas 5 % en 15 minutes.

2.5 Différence de pressions admissible en régime permanent

La différence de pressions admissible en régime permanent est indiquée pour l'air et elle peut être donnée comme caractéristique dans le procès-verbal de réception.

L'examen est effectué, à la vitesse de rotation de service, à partir d'une pompe se trouvant initialement à la température ambiante et dans laquelle on admet de l'air, aussi bien du côté aspiration que du côté refoulement, de façon que du côté aspiration s'établisse une pression de 10 mbar (1000 Pa), ou moins, et que la pression du côté refoulement soit plus élevée de la différence de pressions admissible. Dans ces conditions la pompe doit tourner sans incident pendant une heure.

2.6 Antriebsleistung

Die Antriebsleistung einer Roots-Pumpe hängt von den jeweiligen Betriebsbedingungen ab. Ist für eine Roots-Pumpe ohne weitere Angaben eine Antriebsleistung angegeben, so besagt dies, daß mit ihr die Pumpe mit der zulässigen Druckdifferenz im Dauerbetrieb betrieben werden kann. Für die Ermittlung der Antriebsleistung ist es zulässig, die abgegebene Leistung des El.-Motors aus den elektrischen Daten nach Angaben des Herstellers zu ermitteln.

2.7 Drehzahl

Die Ist-Drehzahl der Vakuumpumpe darf während der Messung nicht mehr als $\pm 3\%$ von der angegebenen Drehzahl abweichen.

Wird eine Pumpe mit angeflanschem oder direkt gekuppeltem Motor geliefert, so gilt die auf dem Typenschild des Motors angegebene Drehzahl. Bei indirekt angetriebenen Pumpen ist das Übersetzungsverhältnis zu berücksichtigen.

Ausgenommen sind Fälle, wo der Antrieb über einen Drehmomentwandler erfolgt, der die Drehzahl automatisch dem Ansaugdruck anpaßt.

2.8 Abmessungen

Die angegebenen und als verbindlich gekennzeichneten Anschlußmaße der Vakuumpumpe ohne Zubehör sind nach Anhang 1 einzuhalten.

2.9 Gewicht

Bei der Angabe des Gewichtes ist eine Abweichung bis zu $\pm 10\%$ zulässig. Wenn nichts anderes angegeben, versteht sich die Gewichtsangabe für die betriebsfertige Vakuumpumpe, jedoch ohne Ölfüllung. Direkt angetriebene Pumpen: mit Motor, indirekt angetriebene: mit Riemenscheibe.

2.10 Kennzeichnung einer Pumpe

Wenn das Saugvermögen für eine Typenangabe verwendet wird, darf diese Zahl in keinem Fall höher als 10% über dem theoretischen Saugvermögen liegen (siehe 2.3.1.1).

2.6 Power Input

The power input to a Roots pump depends on the operating conditions. If a power input is given for a Roots pump without further details, then this implies that the pump can be operated continuously with the maximum permissible pressure difference. To establish the power requirement it is permissible to quote the power output of the electric motor from the electrical data given in the specification by the motor supplier.

2.7 Rotational speed

During the test, the actual rotational speed of the pump must not deviate more than $\pm 3\%$ from that specified.

If a pump is furnished with flanged or directly coupled motor, the rotational speed indicated on the name plate of the motor is valid. When a pump is indirectly driven, the transmission ratio must be taken into consideration.

Except in cases where the design includes a hydro-cinetic type of fluid coupling which automatically adjusts the speed of rotation to the existing inlet pressure condition.

2.8 Installation Dimensions

The specified installation dimensions given and regarded as binding for the vacuum pumps without accessories should be given in accordance with the tolerances listed in the annex 1.

2.9 Weight

A deviation of $\pm 10\%$ is permissible for the given weight. Unless otherwise stated the weight given will be for the vacuum pump outfit ready for operation, but without oil charge. Directly driven pumps: with motor, indirectly driven pumps: with pulley.

2.10 Designation of a pump

If the pumping speed is used in the designation of the pump model, this figure must not be greater than 10% above the theoretical pumping speed (see 2.3.1.1).

2.6 Puissance absorbée

La puissance absorbée par une pompe Roots dépend de ses conditions d'utilisation. Si, sans autres données, le constructeur indique une puissance absorbée pour une pompe Roots, cela signifie que la pompe peut fonctionner en régime permanent avec la différence de pressions admissible. Pour déterminer la puissance absorbée, on peut calculer la puissance fournie par le moteur électrique à partir des caractéristiques électriques données par son constructeur.

2.7 Vitesse de rotation

Durant l'essai la vitesse de rotation effective ne doit pas différer de $\pm 3\%$ de celle indiquée. Pour une pompe à entraînement direct on peut considérer comme suffisante la vitesse de rotation indiquée sur la plaque du moteur. Si la pompe possède des organes de transmission (entraînement indirect) il est nécessaire de tenir compte de leur rapport de transmission.

Une exception est faite pour les pompes dans lesquelles l'entraînement est réalisé par un moteur avec convertisseur de couple qui ajuste automatiquement la vitesse de rotation aux conditions de pression à l'entrée de la pompe.

2.8 Dimensions

Les cotes de raccordements données, et qualifiées d'obligatoires, pour la pompe à vide sans accessoires doivent être respectées suivant les tolérances données à l'annexe 1.

2.9 Poids

Pour les spécifications de poids, une tolérance pouvant atteindre $\pm 10\%$ est admissible. Si aucune autre spécification n'est donnée, l'indication du poids s'entend pour la pompe en ordre de marche mais sans remplissage d'huile. Pompes à entraînement direct avec moteur, à entraînement indirect avec poulie.

2.10 Désignation d'une pompe

Si le débit est utilisé pour caractériser une pompe dans le catalogue du constructeur, il ne doit, en aucun cas, être supérieur de plus de 10% à la valeur du débit théorique (voir 2.3.1.1).

Anhang 1

Zulässige Abweichungen der Anschlußmaße

Für die in Zeichnungen oder anderen Unterlagen, wie z. B. Lieferbedingungen, angegebenen Nennmaße, sind die folgenden Abweichungen zulässig. Sie gelten für alle Anschlußmaße.

Annex 1

Tolerances for installation dimensions

For nominal dimensions given in drawings or other publications, e. g. terms of delivery, the following deviations are admissible. They are valid for all installation dimensions.

Annexe 1

Écarts admissibles pour les dimensions de raccordement

Pour les dimensions nominales données dans les dessins ou dans d'autres documents, tels que conditions de livraison, les écarts indiqués ci-après sont admissibles. Ils s'appliquent à tous les dimensions de raccordement.

Zulässige Abweichung

Admissible Deviations

Écarts admissibles

Nennmaß Nominal Dimension Valeur nominale	≤ 6	> 6 ≤ 30	> 30 ≤ 120	> 120 ≤ 315	> 315 ≤ 1000	> 1000 ≤ 2000	> 2000 ≤ 4000	> 4000 ≤ 8000	> 8000 ≤ 12 000	> 12 000 ≤ 16 000	> 16 000 ≤ 20 000
Zulässige Abweichung Admissible Deviations Ecart admissible	± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8

Alle Maße in mm

All dimensions in millimeters

Toutes les dimensions sont en mm

Anhang 2

Entwicklung der Formel (2)

Der Durchsatz von Wasserdampf q_{pV} ist gegeben durch:

$$q_{pV} = p_{w0} \cdot S$$

Daraus ergibt sich die Wasserdampfkapazität C_{w0}

$$C_{w0} = q_{pV} \frac{M_{\text{molar}}}{R \cdot T} = p_{w0} S \frac{M_{\text{molar}}}{R \cdot T}$$

Setzt man ein:

$$M_{\text{molar}}(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$R = 82,95 \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

so ergibt sich:

$$C_{w0} = 217 \frac{p_{w0} \cdot S}{T} \text{ in g} \cdot \text{h}^{-1}$$

p_{w0} in mbar

S in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

T in K

Annex 2

Calculation of formula (2)

The water vapour throughput q_{pV} ist given by

$$q_{pV} = p_{w0} \cdot S$$

The watervapour capacity C_{w0} therefore is

$$C_{w0} = q_{pV} \cdot \frac{M_{\text{molar}}}{R \cdot T} = p_{w0} S \frac{M_{\text{molar}}}{R \cdot T}$$

Taking

$$M_{\text{molar}}(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$R = 82,95 \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

gives:

$$C_{w0} = 217 \frac{p_{w0} \cdot S}{T} \text{ in g} \cdot \text{h}^{-1}$$

p_{w0} in mbar

S in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

T in K

Annexe 2

Calcul de la formule (2).

Le flux de vapeur d'eau q_{pV} est donné par:

$$q_{pV} = p_{w0} \cdot S$$

La capacité en vapeur d'eau C_{w0} est ainsi:

$$C_{w0} = q_{pV} \frac{M_{\text{molar}}}{R \cdot T} = p_{w0} \cdot S \cdot \frac{M_{\text{molar}}}{R \cdot T}$$

En adoptant les valeurs classiques des constantes:

$$M_{\text{molar}}(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g/mol}$$

$$R = 82,95 \text{ mbar} \cdot \text{l} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$$

On-obtient alors:

$$C_{w0} = 217 \frac{p_{w0} \cdot S}{T} \text{ en g} \cdot \text{h}^{-1}$$

avec:

p_{w0} en mbar

S en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

T en K

Anhang 3

Die erste Korrektur ($\vartheta_{\text{amb}} - 20$) in Gleichung (3) ergibt sich aus der Bedingung, daß die Wasserdampfverträglichkeit auf eine Umgebungstemperatur von 20°C bezogen sein soll; also

$$\vartheta_0 - \vartheta_x = \vartheta_{\text{amb}} - 20 \text{ und daraus}$$

$$\vartheta_0 = \vartheta_x + (\vartheta_{\text{amb}} - 20) \text{ siehe Gleichung (3)}$$

Annex 3

The first correction ($\vartheta_{\text{amb}} - 20$) in Equ. (3) results from the understanding that the water vapour tolerance should be related to an ambient temperature of 20°C; hence

$$\vartheta_0 - \vartheta_x = \vartheta_{\text{amb}} - 20 \text{ and thus}$$

$$\vartheta_0 = \vartheta_x + (\vartheta_{\text{amb}} - 20) \text{ - see Equ. (3)}$$

Annexe 3

La première correction ($\vartheta_{\text{amb}} - 20$) dans l'équation (3) résulte de ce que la pression de vapeur d'eau admissible p_{w0} doit être rapportée conventionnellement à une température ambiante de 20°C, on a ainsi:

$$\vartheta_0 - \vartheta_x = \vartheta_{\text{amb}} - 20 \text{ et donc:}$$

$$\vartheta_0 = \vartheta_x + (\vartheta_{\text{amb}} - 20). \text{ voir (3)}$$

Die zweite Korrektur bezieht sich auf die Situation, daß beim Abpumpen von Dampf unterstützt durch Gasballast die Mischung (Wasser-) Dampf und Gasballastluft berücksichtigt werden muß, wenn die wahre Auspufftemperatur gefunden werden soll. Die Korrektur ist:

$$\Delta\vartheta = \vartheta_m - \vartheta_{amb}$$

ϑ_m ist die Temperatur der ausgestoßenen Mischung Wasserdampf und Gasballastluft.

ϑ_s ist die korrigierte gemessene Temperatur des Auspuffgases bestehend aus gepumpter Luft und Gasballastluft.

ϑ_m ist gegeben durch:

$$\vartheta_m = \frac{V_1 C_1 \vartheta_1 + V_2 C_2 \vartheta_2}{V_1 C_1 + V_2 C_2}$$

$$V_1 = B \quad \vartheta_1 = \vartheta_{amb}$$

$$V_2 = S \frac{p_a}{1013} \quad \vartheta_2 = \vartheta_s$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_v \text{ Luft}}{C_v \text{ Dampf}} = \frac{5}{6}$$

weil Luft ein 2-atomiges und H₂O-Dampf ein 3-atomiges Gas ist.

$$\begin{aligned} \Delta\vartheta_m = \vartheta_m - \vartheta_{amb} &= \frac{V_1 C_2 (\vartheta_s - \vartheta_{amb})}{V_1 C_1 + V_2 C_2} \\ &= \frac{\vartheta_s - \vartheta_{amb}}{1 + \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{C_1}{C_2}} \end{aligned}$$

daraus ergibt sich:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_s - \vartheta_{amb}}{1 + \frac{B}{S} \cdot \frac{1013}{p_a} \cdot \frac{5}{6}}$$

The second correction refers to the situation that when pumping vapour assisted by gasballast the mixture: (water) vapour and gasballast air has to be taken into consideration when the true exhaust temperature is to be found. The correction is:

$$\Delta\vartheta = \vartheta_m - \vartheta_{amb}$$

ϑ_m is the temperature of the exhausted mixture: water vapour and gasballast air, ϑ_s is the corrected: measured temperature of the exhaust gas consisting of pumped air and gasballast air.

ϑ_m is given by:

$$\vartheta_m = \frac{V_1 C_1 \vartheta_1 + V_2 C_2 \vartheta_2}{V_1 C_1 + V_2 C_2}$$

$$V_1 = B \quad \vartheta_1 = \vartheta_{amb}$$

$$V_2 = S_n \frac{p_a}{1013} \quad \vartheta_2 = \vartheta_s$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_v \text{ air}}{C_v \text{ vapour}} = \frac{5}{6}$$

air being a 2-atomic and H₂O-vapour a 3-atomic gas.

$$\begin{aligned} \Delta\vartheta_m = \vartheta_m - \vartheta_{amb} &= \frac{V_1 C_2 (\vartheta_s - \vartheta_{amb})}{V_1 C_1 + V_2 C_2} \\ &= \frac{\vartheta_s - \vartheta_{amb}}{1 + \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{C_1}{C_2}} \end{aligned}$$

hence

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_s - \vartheta_{amb}}{1 + \frac{B}{S} \cdot \frac{1013}{p_a} \cdot \frac{5}{6}}$$

La deuxième correction est rendue nécessaire pour tenir compte de ce que lors du pompage du mélange (vapeur d'eau plus air du lest d'air) la température à l'échappement de la pompe est différente de celle mesurée dans le cas où le gaz expulsé n'est que de l'air.

La correction est $\Delta\vartheta = \vartheta_m - \vartheta_{amb}$, dans laquelle ϑ_m est la température du mélange à l'échappement de la pompe (vapeur d'eau plus air du lest d'air).

ϑ_s est la température corrigée du gaz à l'échappement lorsque la pompe ne travaille que sur de l'air, lest d'air ouvert.

ϑ_m est donné par:

$$\vartheta_m = \frac{V_1 \cdot C_1 \cdot \vartheta_1 + V_2 \cdot C_2 \cdot \vartheta_2}{V_1 \cdot C_1 + V_2 \cdot C_2}$$

avec:

$$V_1 = B \quad \vartheta_1 = \vartheta_{amb}$$

$$V_2 = S \cdot \frac{p_a}{1013} \quad \vartheta_2 = \vartheta_s$$

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_v \text{ air}}{C_v \text{ vapeur d'eau}} = \frac{5}{6}$$

On admet pour simplifier que l'air est un gaz diatomique et l'eau un gaz triatomique.

On trouve alors:

$$\begin{aligned} \Delta\vartheta_m = \vartheta_m - \vartheta_{amb} &= \frac{V_1 C_2 (\vartheta_s - \vartheta_{amb})}{V_1 \cdot C_1 + V_2 C_2} \\ &= \frac{\vartheta_s - \vartheta_{amb}}{1 + \frac{V_1}{V_2} \cdot \frac{C_1}{C_2}} \end{aligned}$$

et finalement:

$$\Delta\vartheta = \frac{\vartheta_s - \vartheta_{amb}}{1 + \frac{B}{S} \cdot \frac{1013}{p_a} \cdot \frac{5}{6}}$$

re po
du m
temp
féren
xpul

aque
seme
-d'ai

happ
sur

imb

un

)

Anhang 4

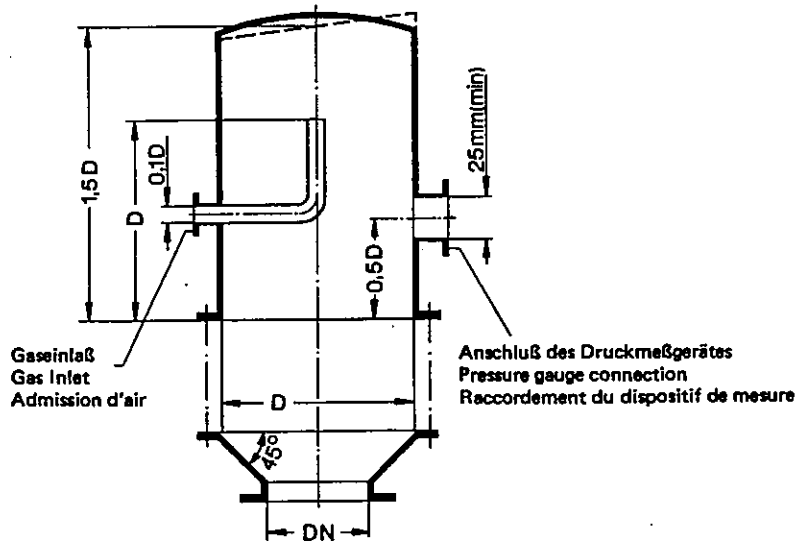
Annexe 4

Annex 4

t_s °C	p_s (Pa) mbar	t_s °C	p_s (Pa) mbar	t_s °C	p_s (Pa) mbar
0	6.108	28	37.80	54	150.1
1	6.566	29	40.06	55	157.5
2	7.055			56	165.2
3	7.575	30	42.43	57	173.2
4	8.129	31	44.93	58	181.5
5	8.719	32	47.55	59	190.2
6	9.347	33	50.31		
7	10.01	34	53.20	60	199.2
8	10.72			61	208.6
9	11.47	35	56.24	62	218.4
10	12.27	36	59.42	63	228.5
11	13.12	37	62.76	64	239.1
12	14.02	38	66.26		
13	14.97	39	69.93	65	250.1
14	15.98	40	73.78	66	261.5
15	17.04	41	77.80	67	273.3
16	18.17	42	82.02	68	285.6
17	19.37	43	86.42	69	298.4
18	20.63	44	91.03	70	311.6
19	21.96	45	95.86	71	325.3
20	23.37	46	100.9	72	339.6
21	24.86	47	106.2	73	354.3
22	26.43	48	111.7	74	369.6
23	28.09	49	117.4	75	385.5
24	29.83			76	401.9
25	31.67	50	123.4	77	418.9
26	33.61	51	129.7	78	436.5
27	35.65	52	136.2	79	454.7
		53	143.0	80	473.6

Sättigungsdampfdruck p_s von reinem Wasser, Temperaturbereich 0 - 80°C
 Saturation pressure p_s of pure water, temperature range 0 - 80°C
 Pression de saturation p_s d'eau pure pour les températures entre 0 et 80°C

Fig.1



V_K max. l	V_D l	D mm
0,26	1,3	100
1,1	5,5	160
4,2	21	250
17	85	400
65	325	630
260	1 300	1 000

- D
- = Domburchmesser
 - = Diameter of dome
 - = Diamètre du dôme
- V_D
- = Dombvolumen
 - = Volume of dome
 - = Volume du dôme
- V_K max.
- = Größtes Kammervolumen der zu messenden Pumpe
 - = Max. Volume of chamber of the Pump to be tested
 - = Volume cyclique engendré par la pompe en essai

Fig.2

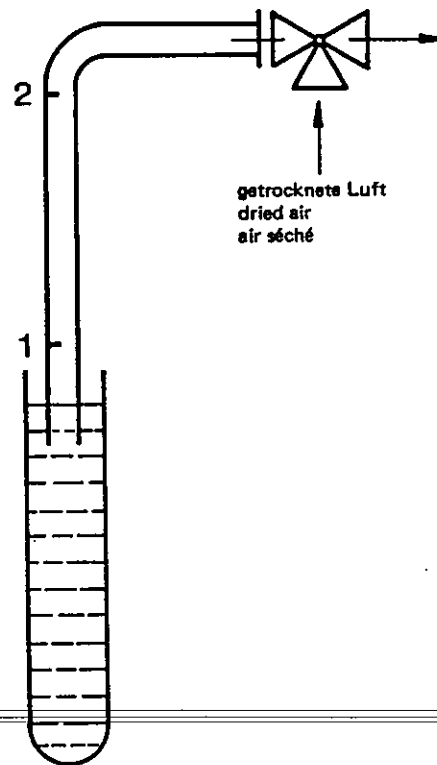


Fig.3

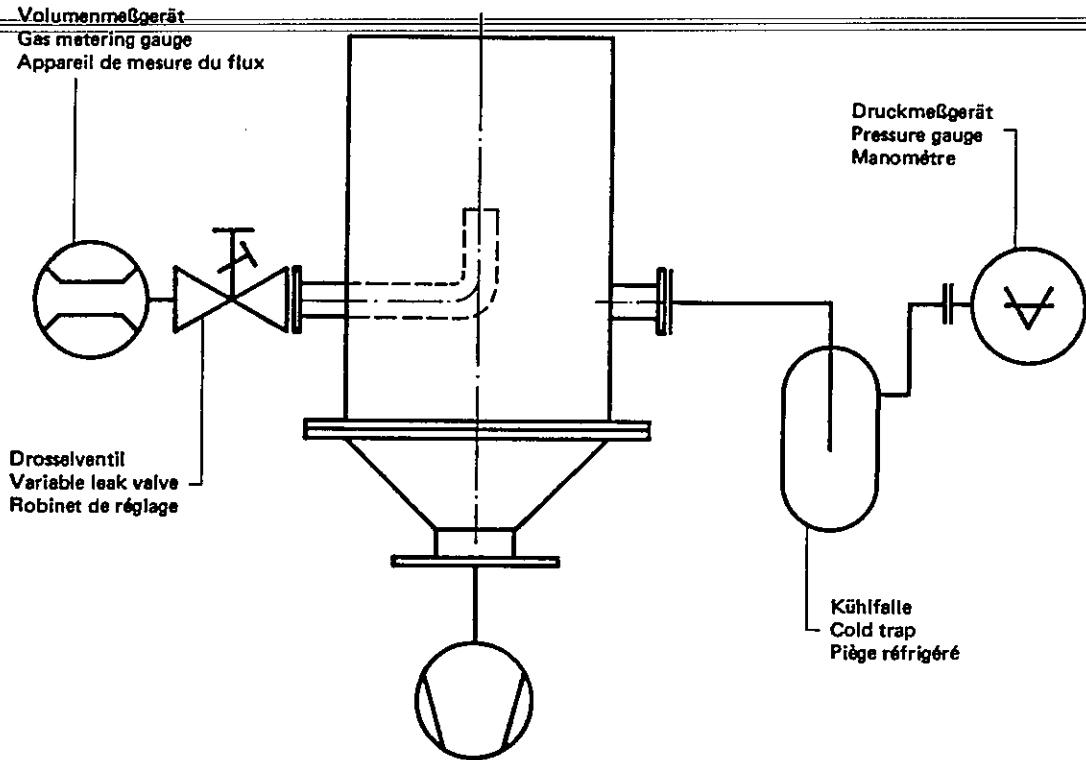


Fig.4

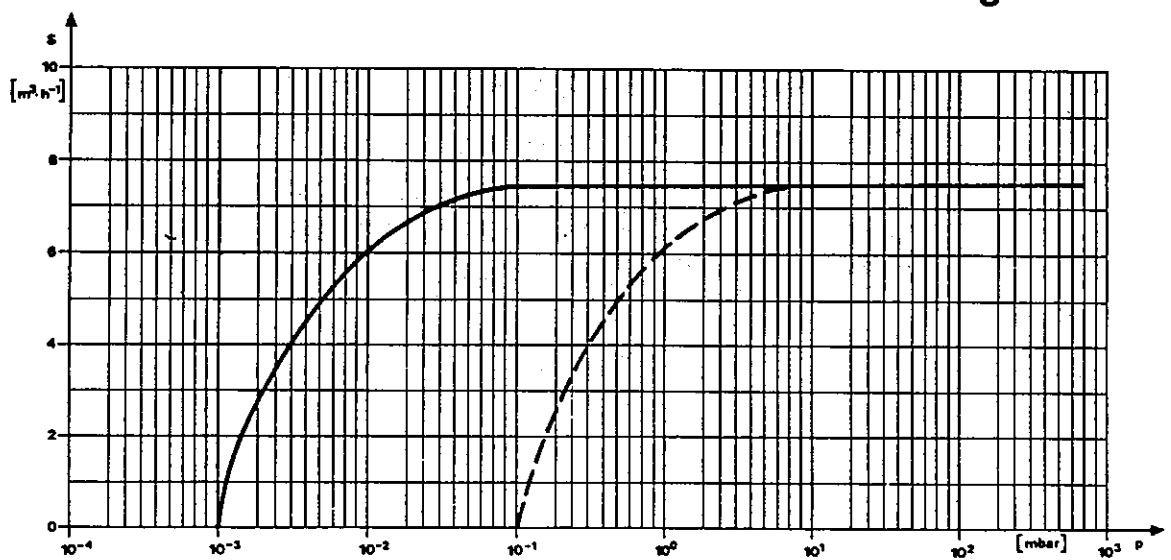


Fig.5

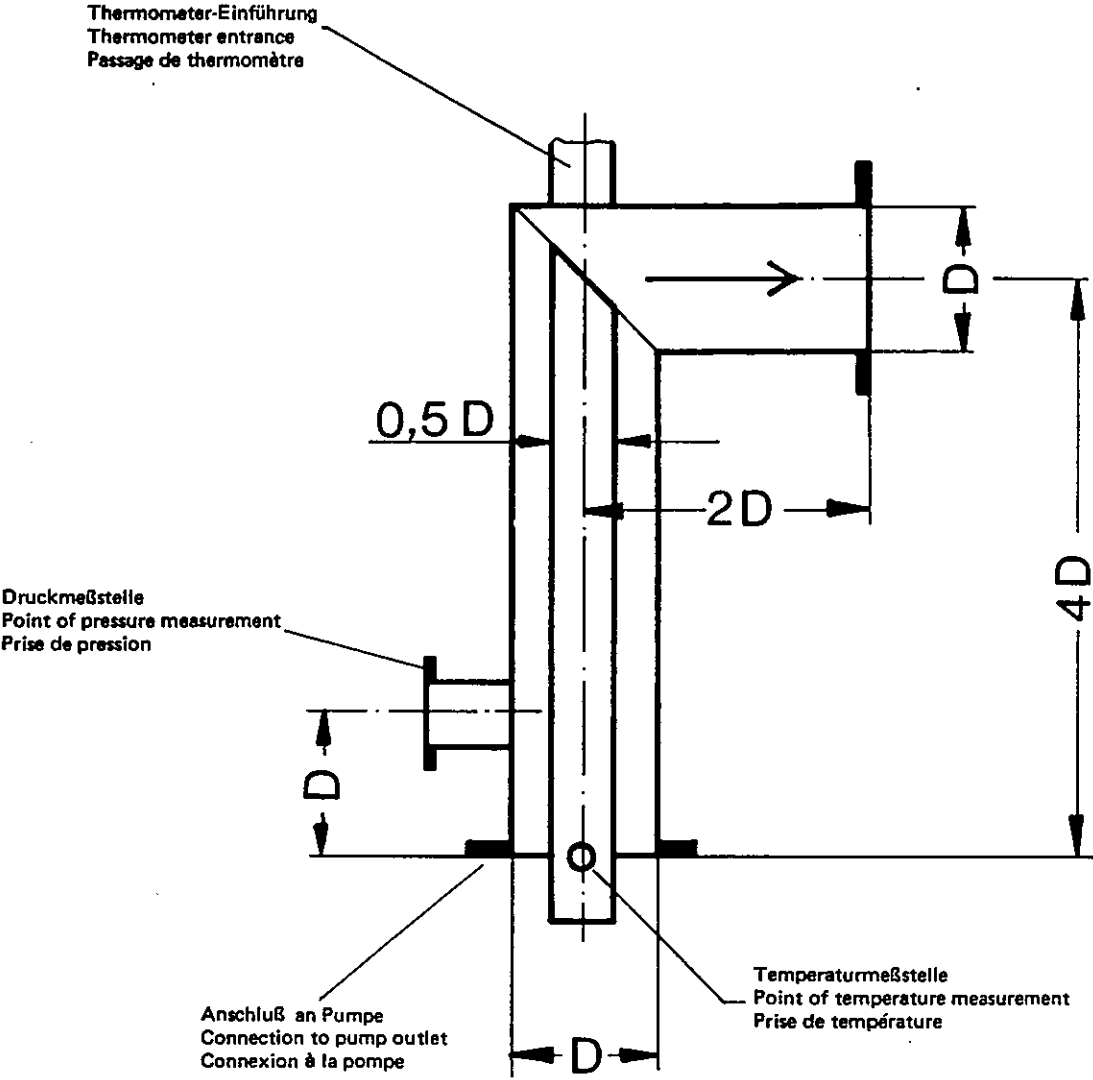


Fig.6

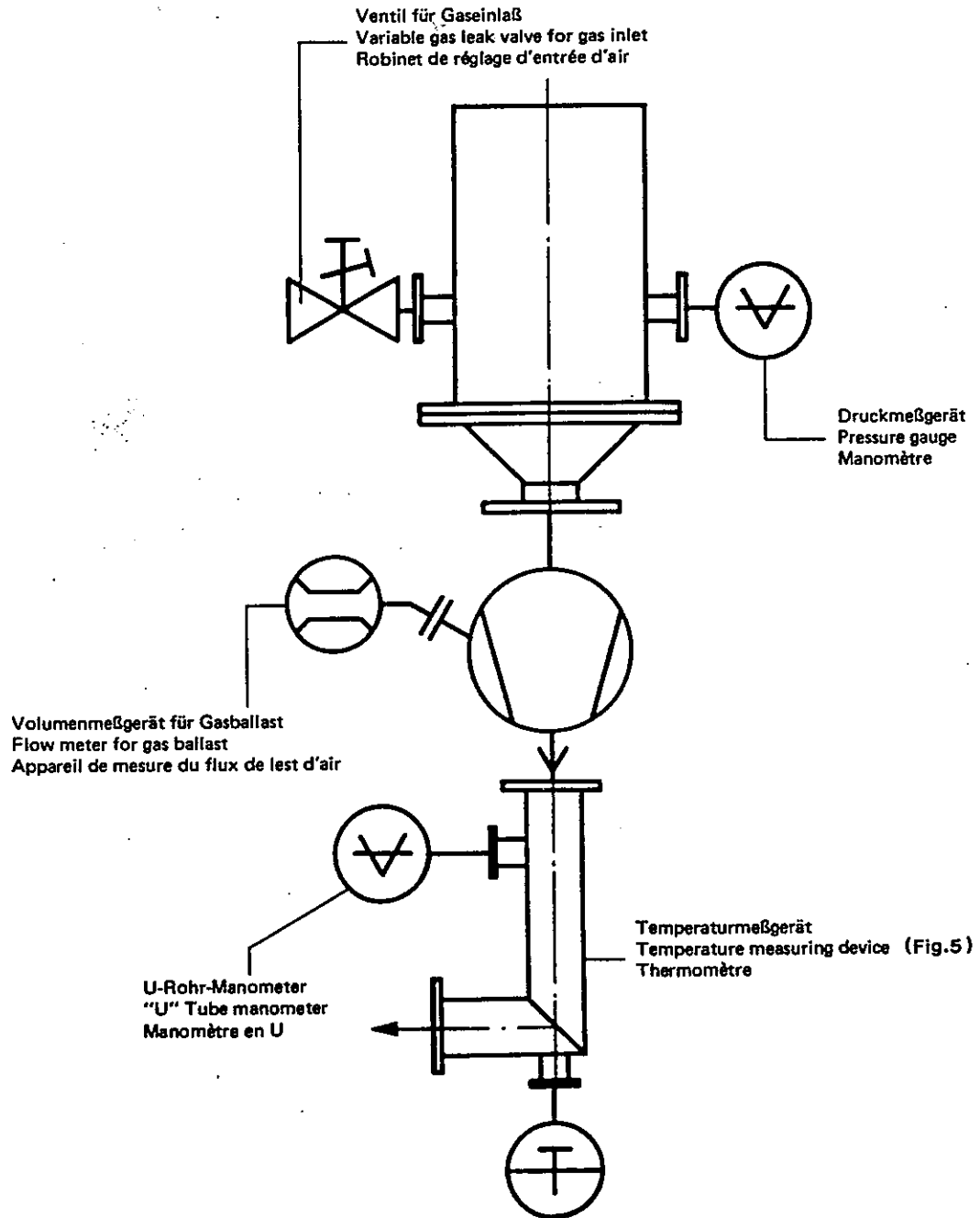


Fig. 7

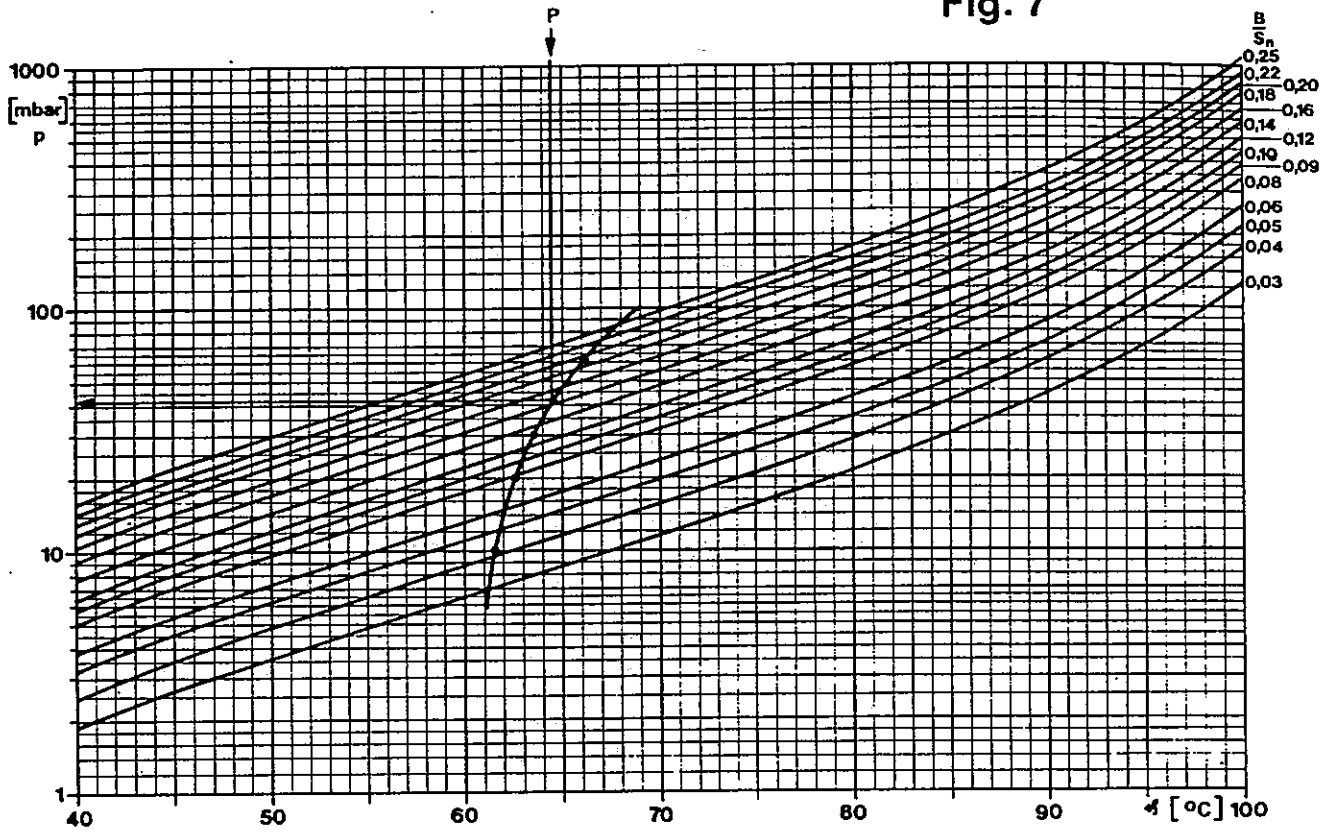


Fig. 8

