

Vakuumentchnik
Abnahmeregeln
für Diffusionspumpen und Dampfstrahlvakuumpumpen
für Treibmitteldampfdrücke kleiner 1 mbar

DIN
28 427

Vacuum technology; Acceptance specifications for diffusions pumps and vapour jet vacuum pumps for vapour pressures of the pump fluid < 1 mbar

Ersatz für Ausgabe 03.76

Technique du vide; Conditions de réception pour pompes à diffusion et pompes à éjecteur dont la pression de vapeur du fluide moteur est inférieure à 1 mbar

Zusammenhang mit Arbeiten der International Organization for Standardization (ISO) und des Europäischen Komitees der Hersteller von Kompressoren, Vakuumpumpen und Druckluftwerkzeugen (PNEUROP), siehe Erläuterungen.

Maße in mm

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	5 Bestimmung der Rückströmungsrate des Treibmittels	4
2 Bestimmung des Saugvermögens	1	5.1 Begriff	4
2.1 Begriff	1	5.2 Meßbedingungen	4
2.2 Grundlagen	1	5.3 Meßgeräte	4
2.3 Meßbedingungen	1	5.4 Durchführung	4
2.4 Meßgeräte und Bedingungen für deren Anwendung	2	5.5 Auswertung	4
2.5 Durchführung	2	6 Bestimmung der Anheizzeit für Pumpen	4
2.6 Auswertung	3	6.1 Begriff	4
3 Bestimmung des Enddruckes	3	6.2 Meßbedingungen	5
4 Bestimmung des maximal zulässigen Vorvakuumdruckes	3	6.3 Meßgeräte	5
4.1 Begriff	3	6.4 Durchführung	5
4.2 Meßbedingungen	3	7 Anschlußmaße	5
4.3 Meßgeräte	4	8 Gewicht	5
4.4 Durchführung	4	9 Versuchsprotokoll	5
		Zitierte Normen	10
		Erläuterungen	10

1 Anwendungsbereich

Diese Abnahmeregeln gelten für die folgenden Arten von Treibmittelvakuumpumpen¹⁾, in denen Treibmittel mit Dampfdrücken niedriger als 1 mbar²⁾ bei Raumtemperatur von 20 °C verwendet werden: Diffusionspumpen, Dampfstrahlvakuumpumpen, im folgenden kurz Pumpe genannt.

2 Bestimmung des Saugvermögens**2.1 Begriff**

Das Saugvermögen ist ideell der mittlere Volumendurchfluß des Gases aus einem gegebenen Testdom durch den Querschnitt des Saugstutzens der Pumpe. Es wird in l · s⁻¹ oder in dm³ · s⁻¹ angegeben.

Anmerkung: Für praktische Zwecke wird das Saugvermögen für ein gegebenes Gas als der pV-Durchfluß dieses Gases geteilt durch den Gleichgewichtsdruck gemessen an einer spezifizierten Stelle angenommen.

2.2 Grundlagen

Das Saugvermögen wird nach der Methode des konstanten Druckes gemessen, d. h., daß der Druck am Saugstutzen der Pumpe während der Messung konstant gehalten wird. Diese Bedingung wird als erfüllt betrachtet, wenn der Druck am Meßpunkt während der Messung konstant gehalten wird.

2.3 Meßbedingungen**2.3.1 Gasart**

Für alle Messungen wird Umgebungsluft verwendet, aber auch andere Gase können, wenn notwendig, Verwendung finden. In einem solchen Falle müssen die Vakuummeter entsprechend kalibriert werden. Alle Drücke sind in Stickstoffäquivalenten anzugeben.

2.3.2 Heizung und Kühlung

Für alle Prüfungen müssen die folgenden Grenzwerte berücksichtigt werden:

Heizleistung ± 10 %, Schwankungen in der Einlaßtemperatur des Kühlwassers ± 3 K. Falls vom Hersteller keine maximale Ausflußtemperatur des Kühlwassers angegeben ist, soll diese 30 °C nicht überschreiten. Bei luftgekühlten Pumpen soll die Temperatur der Umgebungsluft nicht höher sein als vom Hersteller angegeben. Wenn keine solche Angabe gemacht ist, soll sie 30 °C nicht überschreiten.

Gebläse oder ähnliches dürfen nur dann verwendet werden, wenn sie als integrierter Bestandteil der Pumpe katalogmäßig mitgeliefert werden.

¹⁾ Begriffe siehe DIN 28 400 Teil 1 bis Teil 3.

²⁾ 1 mbar = 100 Pa = 0,75 Torr.

Fortsetzung Seite 2 bis 10

Normenausschuß Vakuumentchnik (NAV) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

2.3.3 Treibmittel

Für die Prüfung einer Pumpe dürfen nur die Art und die Menge an Treibmittel verwendet werden, die vom Hersteller angegeben sind. Wenn verschiedene Treibmittelarten im Katalog angegeben sind, darf für die Prüfung nur dasjenige Treibmittel verwendet werden, für welches die Kurve im Katalog des Herstellers gültig ist.

2.4 Meßgeräte und Bedingungen für deren Anwendung

2.4.1 Meßdom

Bei der Messung ist ein Meßdom nach Bild 1 zu verwenden, dessen Durchmesser D gleich dem Innendurchmesser des Ansaugstutzens der Pumpe ist. Die obere Partie muß entweder abgerundet, konisch oder geneigt sein. Das Anschlußrohr für das Meßgerät soll nach innen 1 mm über die zylindrische Wand des Domes überstehen; das Rohrende soll so abgerundet sein, daß es zu dieser Wand parallel ist.

2.4.2 Vakuummeßgeräte

Die Messung von Drücken wird mit Geräten nach Tabelle 2 und Tabelle 3 ausgeführt. Bei Drücken kleiner als 20 mbar muß der Strömungsleitwert der Verbindung zwischen den Meßgeräten und dem Meßdom mindestens $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, und der Innendurchmesser der gegebenenfalls verwendeten Rohrleitung und der Kühlfalle muß konstant sein und 25 mm betragen. Wenn eine Kühlfalle benutzt wird, muß sie zwischen dem Meßgerät und dem Meßdom angebracht werden. Das Niveau der Kühlflüssigkeit muß während der Messung aufrechterhalten werden. Es wird empfohlen, sich davon zu überzeugen, daß sich die Kalibrierung des Vakuummeßgerätes während der Messung nicht geändert hat, z.B. durch Vergleich mit einem gleichzeitig angeschlossenen Referenzvakuummeßgerät.

2.4.3 Meßgeräte für den Volumendurchfluß

Die Messung des in den Meßdom einströmenden Gasvolumens erfolgt bei Atmosphärendruck. Die Meßgeräte und die Methode sind in Tabelle 4 angegeben. Die Anwendung der Meßgeräte ist vom Gasvolumen abhängig. Bei allen Messungen ist darauf zu achten, daß Temperaturänderungen möglichst gering gehalten werden. Zum Beispiel sind Erwärmungen durch übermäßige Berührung mit den Händen oder durch den Atem zu vermeiden. Diese Einflüsse sowie die der Sonneneinstrahlung oder von Zugluft können durch entsprechende Abschirmung verhindert werden.

2.4.3.1 Blende

Wenn mit Blende gemessen wird, ist nach DIN 1952³⁾ zu verfahren. Die dabei erzielte Genauigkeit ist anzugeben.

2.4.3.2 Bürette

Als Bürette kann ein mit zwei Meßpunkten versehenes senkrechtes Rohr verwendet werden (siehe Bild 2). Man mißt die Zeit, in welcher das Flüssigkeitsniveau die Strecke zwischen Meßpunkt 1 und 2 passiert. Das Volumen des Meßrohrs zwischen den Meßpunkten muß mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$ bekannt sein. Die Meßflüssigkeit darf keine höhere Dichte als $1,5 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1}$ haben und ihr Sättigungsdampfdruck bei Umgebungstemperatur (20 °C) darf nicht höher sein als $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ mbar}$ ⁴⁾. Der innere Durchmesser der Bürette darf nicht kleiner sein als 12 mm. Der hydrostatische Druck muß kompensiert werden, indem das Flüssigkeitsniveau außerhalb der Bürette während des Versuches dem Niveau innerhalb der Bürette angeglichen wird. Das tote Volumen muß so gering wie möglich gehalten

³⁾ Siehe auch ISO 5167 – 1980

⁴⁾ Das Dibutylphthalat entspricht diesen Bedingungen. Seine niedrigere Viskosität erlaubt es, Messungen innerhalb von kurzen Intervallen zu wiederholen.

werden, um die Fehler aus dem hydrostatischen Druck, der Änderung des barometrischen Druckes und der Umgebungstemperatur zu minimieren.

2.4.3.3 Geeichte Kapillaren

Der Durchflußmesser mit geeichten Kapillaren besteht aus einer Anzahl von austauschbaren geeichten Kapillaren oder anderen dafür geeigneten Strömungswiderständen, an deren Enden jeweils ein Anschluß für ein Differenzdruckmeßgerät vorgesehen ist (Bild 3). Dieses Gerät kann aus einem U-Rohr bestehen, das mit einer leichten Flüssigkeit mit niedrigem Sättigungsdampfdruck gefüllt ist. Eine Skale ermöglicht die Messung des Niveauunterschiedes in den beiden Schenkeln des U-Rohres. An den oberen Enden bringt man zweckmäßigerweise kleine Behälter an, die die Flüssigkeit aufnehmen können, falls der maximale Differenzdruck überschritten wird.

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

Der Wert für den pV-Durchfluß, der so in die Pumpe eingelassen wird, ist durch das Produkt des Volumendurchflusses und des mittleren Druckes in der Kapillare gegeben. Unterschiede des Atmosphärendruckes können vernachlässigt werden, dagegen muß eine Temperaturkorrektur durchgeführt werden, wenn die Temperatur T in K, bei der die Messung durchgeführt wird, von derjenigen T_0 in K, bei welcher die Eichung durchgeführt wurde, abweicht. Der Volumendurchfluß ist umgekehrt proportional dem Viskositätskoeffizienten des Gases. Um die Korrektur mit ausreichender Genauigkeit durchzuführen, ist der Wert für den pV-Durchfluß, der auf der Eichkurve abgelesen wird, mit $(T_0/T)^{1/2}$ zu multiplizieren.

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

2.5 Durchführung

Bei der Durchführung der Saugvermögensmessung sind der Meßdom, die Vakuummeßgeräte und ein Meßgerät für den Volumendurchfluß nach der Darstellung in Bild 4 an der zu messenden Pumpe anzubringen. Zwischen dem Meßgerät für den Volumendurchfluß und dem Meßdom ist ein Dosierventil mit entsprechendem Einstellbereich vorzusehen.

Vor Beginn der Saugvermögensmessung ist die Meßanordnung auf ausreichende Dichtheit zu prüfen. Die Umgebungstemperatur soll 20 °C betragen und innerhalb $\pm 3 \text{ K}$ konstant gehalten werden. Wenn die Temperatur des Meßdomes um mehr als 3 K von der des Meßgerätes für den pV-Durchfluß oder eine von beiden um mehr als 3 K von der Normaltemperatur abweichen, ist eine Korrektur des gemessenen Saugvermögens q_v nach der folgenden Formel vorzunehmen:

$$q_{v0} = q_v \frac{T_2}{T_1} \left(\frac{T_0}{T_2} \right)^{1/2} \quad (1)$$

im Fall der Verwendung einer Bürette und:

$$q_{V0} = q_V \frac{T_0}{(T_1 \cdot T_2)^{1/2}} \quad (2)$$

im Fall der Verwendung einer Kapillare.

Darin ist:

q_{V0}	das korrigierte Saugvermögen in $l \cdot s^{-1}$
q_V	das gemessene Saugvermögen in $l \cdot s^{-1}$
T_1	Temperatur des Meßgerätes in K
T_2	Temperatur des Meßdomes in K
T_0	Normaltemperatur = 293 K

Wenn der Temperaturunterschied zwischen Meßgerät und Meßdom kleiner ist als 1 K kann der Ausdruck T_2/T_1 vernachlässigt werden.

Nach dem Einschalten der Pumpe ist der Meßdom bei geschlossenem Dosierventil zunächst solange zu evakuieren, bis ein Druckabfall nicht mehr festgestellt werden kann und die Pumpe ihre Betriebstemperatur erreicht hat. Dann wird das Dosierventil geöffnet und ein Gas (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 5 je Zehnerpotenz, z. B. die Zahlenwerte 1,6; 2,5; 4; 6,3; 10) vorzunehmen, wobei der Druck vom Meßpunkt zu Meßpunkt steigen soll. Für jeden Meßpunkt sind folgende Werte zu ermitteln:

Atmosphärendruck	H	in mbar
Ansaugdruck	p	in mbar
das angesaugte Volumen in der Meßzeit	V	in l
	t	in s
Temperatur des Domes	T_2	in K
Temperatur des Meßgerätes	T_1	in K

Die Messung des Ansaugdruckes ist gleichzeitig mit der Volumendurchflußmessung vorzunehmen, deren Dauer zwischen 60 und 300 Sekunden liegen soll. Während der Meßzeit ist alle 60 Sekunden eine Druckmessung durchzuführen, von denen der Mittelwert in die Auswertung einzusetzen ist.

2.6 Auswertung

Aus den nach Abschnitt 2.5 ermittelten Meßwerten ist das Saugvermögen q_V nach der Gleichung:

$$q_V = \frac{V \cdot H}{t \cdot p} \text{ in } l \cdot s^{-1} \quad (3)$$

zu errechnen und nach Gleichung 1 oder 2 zu korrigieren.

Die so ermittelten Werte für das Saugvermögen q_V sind in Abhängigkeit vom Ansaugdruck p entsprechend Bild 5 aufzutragen. Die einzelnen Meßpunkte können durch einen gemittelten Kurvenzug mit Hilfe einer Typ-Kurve, wie in Bild 5 angegeben, verbunden werden, wenn sie nicht um mehr als 10 % des jeweiligen Saugvermögens von dieser Kurve abweichen. Die um mehr als $\pm 10\%$ herausfallenden Punkte können durch Wiederholung der Messung korrigiert werden.

Typ-Kurve für das Saugvermögen

Die Typ-Kurve ist durch folgende Beziehung gegeben:

$$q_{V0} = q_{Vn} \left(1 - \frac{p_1}{p} \right) = k \cdot q_{Vn}$$

darin ist q_{Vn} der Nennwert oder der gemessene Maximalwert des Saugvermögens und p_1 ein Wert, der im Prinzip dem Enddruck des Systems Pumpe-Dom entspricht. Es wird empfohlen, die Kurve in halblogarithmischen Koordinaten auf Transparentpapier zu zeichnen und dabei für p_1/p die Werte nach Tabelle 1 auf der logarithmischen Abszisse zu wählen.

Diese Kurve legt man auf das Diagramm, in das man die gemessenen Punkte eingetragen hat, und verschiebt so lange seitlich, bis sie mit den Meßpunkten zusammenfällt. Sie stellt dann die gemittelte Kurve für das Saugvermögen dar. Wird das Saugvermögen in der Typbezeichnung einer Pumpe verwendet, darf der Zahlenwert nicht höher sein als das Maximum der hier ermittelten Saugvermögenskurve.

3 Bestimmung des Enddruckes

Das Saugvermögen von Diffusionspumpen wird nur im Hochvakuumbereich gemessen. Deshalb wird empfohlen, daß Werte für den Enddruck in den Katalogen der Hersteller nicht angegeben werden. Aus diesem Grund wird auch die Meßmethode für den Enddruck in dieser Norm nicht behandelt. Wenn jedoch ein Hersteller Angaben über den Enddruck macht, so muß er die Betriebsbedingungen, unter denen diese Meßergebnisse erzielt wurden, angeben.

4 Bestimmung des maximal zulässigen Vorvakuumdruckes

4.1 Begriff

Der maximal zulässige Vorvakuumdruck einer Diffusionspumpe ist derjenige Druck, bei dem eine Erhöhung des Vorvakuumdruckes um eine kleine Stufe eine Erhöhung des Druckes auf der Saugseite der Pumpe um 10 % der gewählten Erhöhung verursacht.

4.2 Meßbedingungen

4.2.1 Gasart

Für alle Messungen wird Umgebungsluft verwendet, aber auch andere Gase können, wenn notwendig, Verwendung finden. In einem solchen Falle müssen die Vakuummeter entsprechend kalibriert werden. Alle Drücke sind in Stickstoffäquivalenten anzugeben.

4.2.2 Heizung und Kühlung

Für alle Prüfungen müssen die folgenden Grenzwerte berücksichtigt werden:

Heizleistung $\pm 10\%$, Schwankungen in der Einlaßtemperatur des Kühlwassers $\pm 3\text{ K}$. Falls vom Hersteller keine maximale Ausflußtemperatur des Kühlwassers angegeben ist, soll diese 30°C nicht überschreiten. Bei luftgekühlten Pumpen soll die Temperatur der Umgebungsluft nicht höher sein als vom Hersteller angegeben. Ohne solche Angabe darf die Temperatur 30°C nicht überschreiten. Gebläse oder ähnliches dürfen nur dann verwandt werden, wenn sie als integrierter Bestandteil der Pumpe katalogmäßig mitgeliefert werden.

4.2.3 Treibmittel

Für die Prüfung einer Pumpe dürfen nur die Art und die Menge an Treibmittel verwendet werden, die vom Hersteller angegeben sind. Wenn verschiedene Treibmittelarten im Katalog angegeben sind, darf für die Prüfung nur dasjenige Treibmittel verwendet werden, für welches die Angaben im Katalog des Herstellers gültig sind.

Tabelle 1.

p_1/p	1	1,6	2,5	4	6,3	10	16	25	40	64	100
k	0	0,375	0,6	0,75	0,84	0,9	0,94	0,96	0,975	0,985	0,99