

Vakuumtechnik
**Abnahmeregeln
für Flüssigkeitsringvakuumpumpen**

DIN
28 431

Vacuum technology; acceptance specifications for liquid ring vacuum pumps
Technique du vide; spécifications de réception des pompes à anneau liquide

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	8 Besondere Prüfungen, die zwischen Lieferer und Besteller der Flüssigkeitsringvakuumpumpe vereinbart werden können	5
2 Abnahmeprüfung für Flüssigkeitsringvakuumpumpen	1		
3 Begriffe	1	Anhang A Abnahmeprüfung für Flüssigkeitsringvakuumpumpen	5
4 Prüfeinrichtung und Verfahren	2	A.1 Bedingungen für die Abnahmeprüfung	5
5 Vorbereitung der Flüssigkeitsringvakuumpumpe und der Prüfeinrichtung	3	A.2 Abnahmeprüfanordnung	6
6 Umrechnung der Prüfergebnisse	3	A.3 Meßdaten, die während der Abnahmeprüfung mindestens zu ermitteln sind	8
7 Prüfbericht und Vergleich mit den vereinbarten Werten	4		

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Norm legt Verfahren über Abnahmeprüfungen und technische Bedingungen für Flüssigkeitsringvakuumpumpen fest. Der absolute Ansaugdruck für diese Flüssigkeitsringvakuumpumpen soll mehr als 1 mbar betragen.

1.2 Diese Norm enthält spezifische Angaben über die Messung des Volumenstromes, bezogen auf den Ansaugzustand und des Leistungsbedarfs, sowie Hinweise zur Umrechnung der Meßwerte auf vereinbarte Bedingungen.

2 Abnahmeprüfung für Flüssigkeitsringvakuumpumpen

2.1 Der Ansaugvolumenstrom und der Leistungsbedarf werden über den gesamten Arbeitsbereich der Flüssigkeitsringvakuumpumpe gemessen und können auf vereinbarte Bedingungen umgerechnet werden.

2.2 Die Abnahmeprüfung wird durchgeführt mit Umgebungsluft oder mit wasserdampfgesättigter Luft als Ansaugmedium und mit Wasser als Betriebsflüssigkeit.

2.3 Die Grenzwerte des Ansaugvolumenstromes und des Leistungsbedarfes müssen innerhalb der in Anhang A, Tabelle A.2 genannten Grenzen liegen, die ausschließlich die Gesamtmeßunsicherheit aufgrund der in Abschnitt 4 festgelegten Einzelmeßunsicherheiten berücksichtigen.

2.4 Die Abnahmeprüfanordnung soll einer der Standardprüfanordnungen, die in Anhang A dargestellt sind, entsprechen.

2.5 Zu messen und aufzuzeichnen sind alle in Anhang A, Tabelle A.3 aufgeführten Werte.

2.6 Falls die Prüfbedingungen den vertraglich festgelegten Betriebsbedingungen nicht genau entsprechen, können die Prüfergebnisse umgerechnet werden, und zwar nach Abschnitt 6.2 für den Ansaugvolumenstrom und nach Abschnitt 6.3 für den Leistungsbedarf, um mit den vereinbarten Betriebsbedingungen verglichen werden zu können.

Diese Umrechnungen können nur durchgeführt werden, wenn die in Abschnitt 6.1.5 festgelegten Bedingungen eingehalten sind.

3 Begriffe

3.1 Ansaugvolumenstrom

Der Ansaugvolumenstrom ist der Volumenstrom der Flüssigkeitsringvakuumpumpe in m³/h, gemessen vor der Flüssigkeitsringvakuumpumpe bei einem bestimmten Ansaugdruck. Zur Angabe des Ansaugvolumenstromes gehören auch die Angaben der Eintrittstemperatur des Gases und der Temperatur der Betriebsflüssigkeit, bei denen gemessen wurde.

3.2 Normierte Ansaugvolumenstrom- und Leistungsbedarfskurve

Die normierte Ansaugvolumenstrom- und Leistungsbedarfskurve ist eine Ausarbeitung des Herstellers, in der für einen bestimmten Typ oder ein bestimmtes Modell einer Flüssigkeitsringvakuumpumpe der Ansaugvolumenstrom und der Leistungsbedarf für den ganzen Bereich von Ansaugdrücken angegeben wird.

Die Kurven geben den Ansaugvolumenstrom und den Leistungsbedarf auf der Basis geförderter Umgebungsluft und mit Wasser als Betriebsflüssigkeit an.

Randbedingungen:

- Umgebungsluft bei Normdruck (siehe DIN 1314) von 1013 mbar und bei einer Temperatur von 20 °C.
- Eintrittstemperatur der Betriebsflüssigkeit 15 °C

Ansaugvolumenstrom und Leistungsbedarf können bei einer oder mehreren Drehzahlen dargestellt werden. Der Leistungsbedarf wird in kW angegeben.

Die Toleranzen für den Ansaugvolumenstrom und den Leistungsbedarf müssen vom Hersteller zusammen mit den Kurvenblättern angegeben werden.

3.3 Luftqualität

3.3.1 Umgebungsluft

Die Umgebungsluft ist die Luft bei Umgebungsbedingungen am Prüfort. Die Luft gilt als getrocknet, wenn sie nach einer Drossel vor der Flüssigkeitsringvakuumpumpe expandiert ist.

Fortsetzung Seite 2 bis 8

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

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

3.3.2 Gesättigte Luft

Als gesättigte Luft gilt Luft, welche mit Wasserdampf gesättigt ist. Der Wasserdampfanteil kann mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$\dot{m}_v = \dot{m}_G \frac{M_v \cdot p_v}{M_g \cdot p_G} \quad (1)$$

Hierin bedeuten:

$\dot{m}_v$ Dampfanteil in einem gesättigten Gas-Wasserdampf-Gemisch, dargestellt als Massenstrom in kg/h

$\dot{m}_G$ Gasanteil in einem gesättigten Gas-Wasserdampf-Gemisch, dargestellt als Massenstrom in kg/h

M_v relative Molekülmasse des Dampfes
(18 für Wasserdampf)

M_g relative Molekülmasse des Gases (29 für Luft)

p_v Partialdruck des Dampfes in mbar

p_G Partialdruck des Gases in mbar

Der Ansaugvolumenstrom einer Flüssigkeitsringvakuum-pumpe vergrößert sich beim Fördern von gesättigten Luft- und Wasserdampf-Gemischen gegenüber demjenigen beim Fördern getrockneter Luft.

Der Ansaugvolumenstrom einer Flüssigkeitsringvakuum-pumpe beim Fördern eines gesättigten Luft-Wasserdampf-Gemisches kann mit einem Kondensationsfaktor und dem Ansaugvolumenstrom beim Fördern getrockneter Luft errechnet werden. Dieser Kondensationsfaktor wird vom Hersteller im Versuch ermittelt.

3.4 Isothermer Leistungsbedarf

Der isotherme Leistungsbedarf ist der theoretische Leistungsbedarf, um ein Gas bei konstanter Temperatur in einer Flüssigkeitsringvakuum-pumpe von einem bestimmten Ansaugdruck auf einen bestimmten Austrittsdruck zu verdichten.

3.5 Leistungsaufnahme

Die Leistungsaufnahme ist der Leistungsbedarf an der Antriebswelle der Flüssigkeitsringvakuum-pumpe.

3.6 Spezifische Leistung

Die spezifische Leistung ist das Verhältnis von Leistungsbedarf zum Ansaugvolumenstrom.

3.7 Isothermer Wirkungsgrad

Der isotherme Wirkungsgrad ist das Verhältnis von isothermer Leistung zum tatsächlichen Leistungsbedarf.

4 Prüfeinrichtung und Verfahren

Die in diesem Abschnitt genannten Einrichtungen und Verfahren sollen den Einsatz anderer Geräte mit gleicher Genauigkeit nicht ausschließen.

4.1 Messung der Temperatur

4.1.1 Die Temperatur ist mit kalibrierten Geräten zu messen, wie z.B. mit Flüssigkeitsthermometern, thermoelektrischen Meßgeräten, Widerstandsthermometern oder Thermistoren, die an der Meßstelle direkt oder in Thermometertaschen eingesetzt werden.

4.1.2 Die Eintrittstemperatur des Gases und die Eintrittstemperatur der Betriebsflüssigkeit müssen bei Ansaugdrücken ≥ 50 mbar mit Meßgeräten mit einer Meßunsicherheit von 0,5 K ermittelt werden. Bei Ansaugdrücken < 50 mbar dürfen die Meßunsicherheiten im Regelfall bei der Messung der Betriebsflüssigkeit 0,2 K nicht überschreiten.

4.2 Messung des Drucks

4.2.1 Allgemeines

Die Druckmeßstellen an Rohren oder Behältern sind senkrecht und mit der inneren Wandung bündig abschließend anzuordnen.

Die lichten Weiten für die Anschlußleitungen der Druckmeßgeräte sollen nicht kleiner als 6 mm sein. Die Anschlußleitungen sind so zu verlegen, daß Schleifen vermieden werden, da die Möglichkeit besteht, daß Kondensat die Leitungen blockiert.

4.2.2 Absolutdrücke von 1 mbar bis 1013 mbar

In diesem Bereich sind die Drücke mit Meßgeräten zu messen, deren Meßunsicherheit 5% des zu messenden Druckes nicht überschreitet.

Werden die Drücke als Basisdaten für die Umrechnung des gemessenen Volumenstromes auf den Ansaugvolumenstrom verwendet, dann darf die Meßunsicherheit 1,5 mbar betragen. Es sind Meßgeräte bzw. Meßeinrichtungen zu verwenden, welche den absoluten Druck messen.

Die vorgenannten Bedingungen gelten auch für die Messungen des Atmosphärendruckes.

4.2.3 Absolutdrücke > 1013 mbar

Diese Drücke sind mit kalibrierten Meßgeräten oder Meßeinrichtungen zu messen, deren Meßunsicherheit 5% des angezeigten Meßwertes nicht überschreitet.

4.3 Ermittlung des Ansaugvolumenstromes

Der Ansaugvolumenstrom ist mit Meßeinrichtungen zu messen, deren größte Meßunsicherheit 3% des Meßwertes nicht überschreitet.

Die Meßanordnungen für Luft unter Umgebungsbedingungen sowie für getrocknete und gesättigte Luft sind in Anhang A, Bilder A. 1 bis A. 4, Alternativen 1, 2, 3 und 4 gezeigt. Wird zur Messung des Ansaugvolumenstromes eine Turbinenmeßeinrichtung verwendet, sind die Meßreihen mit fallendem Ansaugdruck auszuführen.

4.4 Ermittlung des Leistungsbedarfs

Der Leistungsbedarf kann mit Pendelmotoren, Torsionsdynamometern oder Torsionsrohren ermittelt werden.

Falls diese Meßeinrichtungen nicht zur Verfügung stehen, können auch Drehstrommotoren mit bekannten Kennlinien für Leistungsfaktor und Wirkungsgrad eingesetzt werden.

Liegen keine anderen zuverlässigen Werte vor, so können für nicht direkt angetriebene Flüssigkeitsringvakuum-pumpen die folgenden Wirkungsgradwerte zugrundegelegt werden:

- Präzisions-Zahnradgetriebe
98 % je Stufe
- Flachriementriebe und Zahnriementriebe
97 % je Stufe
- Keilriementriebe
95 % je Stufe

4.5 Messung der Drehzahl

Die Drehzahl kann mit elektronischen Frequenzzählern, Lichtblitzstroboskopen oder Stichtdrehzahlmessern gemessen werden. Bei Verwendung von Synchronmotoren kann die Netzfrequenz als Basiswert für die Drehzahl verwendet werden. Bei Asynchronmotoren kann ebenfalls die Netzfrequenz verwendet werden unter der Voraussetzung, daß der Schlupf im Bereich des Lastfalles bekannt ist.

4.6 Betriebsflüssigkeits-Volumenstrom

Der Betriebsflüssigkeits-Volumenstrom kann mit Durchflußmessern, mit Blenden oder Düsen gemessen werden, deren Meßunsicherheit 10% des angezeigten Meßwertes betragen darf.

5 Vorbereitung der Flüssigkeitsring-vakuumpumpe und der Prüfeinrichtung

5.1 Vor Beginn der Abnahmeprüfung ist die Flüssigkeitsringvakuumpumpe zu untersuchen, ob sie sich in einem für die Durchführung der Abnahmeprüfung geeigneten Zustand befindet. Alle äußeren Undichtheiten sind zu beseitigen.

5.2 Die bei der Prüfung verwendeten Meßeinrichtungen müssen regelmäßig kalibriert werden.

6 Umrechnung der Prüfergebnisse

6.1 Allgemeines

6.1.1 Die Prüfbedingungen stimmen selten genau mit den Bedingungen für den Ansaugvolumenstrom und den spezifischen Leistungsbedarf überein, die für die Bedingungen aufgrund des Angebots oder Bestellung angenommen wurden. Daher sind vor dem Vergleich der Prüfergebnisse mit den Werten des Liefervertrags Umrechnungen vorzunehmen.

Durch Umrechnung von Meßwerten ermittelte Leistungsdaten sind im Prüfbericht als solche zu kennzeichnen. Die Umrechnungsgleichungen sind stets anzugeben.

6.1.2 Der Prüfleiter soll sich immer bemühen, die Abweichungen der Prüfbedingungen von den vereinbarten Bedingungen so gering wie möglich zu halten, da jede Umrechnung die Unzuverlässigkeit des Endergebnisses erhöht.

6.1.3 Können die vereinbarten Betriebsbedingungen nicht eingehalten werden, so ist der Einfluß der Betriebsbedingungen auf die Leistung der untersuchten Flüssigkeitsringvakuumpumpe durch eine Variation der Prüfbedingungen zu bestimmen, so daß das Ergebnis jeder Umrechnung auf die vereinbarten Betriebsbedingungen durch Interpolation bestimmt werden kann.

Sollte dies Schwierigkeiten bereiten, so sind die in den Abschnitten 6.2 und 6.3 genannten Umrechnungsverfahren zu verwenden. Sind jedoch diese Umrechnungen nach den Abschnitten 6.2 und 6.3 nicht durchführbar, weil die in Tabelle 1 angegebenen Grenzen überschritten worden sind, so kann das Ähnlichkeitsgesetz (siehe Abschnitt 6.4.1) angewendet werden.

6.1.4 Für den Fall, daß die Prüfbedingungen von den vereinbarten Bedingungen abweichen, sieht die vorliegende Norm eine Berichtigung des Ansaugvolumenstromes, des Leistungsbedarfs und/oder des spezifischen Leistungsbedarfs vor. Die in den Abschnitten 6.2 und 6.3 beschriebenen Umrechnungsverfahren gelten nur, wenn die Prüfmessungen innerhalb der in Abschnitt 6.1.5 vorgegebenen Grenzen liegen. Der Ansaugvolumenstrom ist auf Abweichungen der Drehzahl, des Druckverhältnisses, der Feuchte, der Betriebsflüssigkeitstemperatur und der Gaseintrittstemperatur umzurechnen. Der spezifische Leistungsbedarf ist auf Abweichungen des Ansaugdrucks, des Druckverhältnisses und der Drehzahl umzurechnen.

6.1.5 Die in den Abschnitten 6.2 und 6.3 beschriebenen Umrechnungsverfahren gelten nur, wenn die gemessenen Werte innerhalb der Grenzwerte liegen, wie sie in Tabelle 1 aufgeführt sind.

6.1.6 Wird die Prüfung mit einem anderen als dem im Vertrag zugrundegelegten Gas und/oder mit einer anderen Betriebsflüssigkeit durchgeführt, so ist eine Umrechnung vorzunehmen. Umrechnungen dieser Art sind zwischen den Vertragspartnern zu vereinbaren bzw. in den Prüfbericht aufzunehmen.

Tabelle 1. Grenzwerte der Meßgrößen von den vereinbarten Größen während der Abnahmeprüfung

Versuchs-Meßwerte		Grenzwerte
Ansaugdruck	p_1	$\pm 5\%$ ¹⁾
Austrittsdruck	p_2	$\pm 5\%$
Drehzahl	n	$\pm 3\%$
Betriebsflüssigkeitsvolumenstrom	$\dot{V}_L$	$\pm 10\%$
Betriebsflüssigkeitstemperatur	t_L	$\pm 5\text{ K}$

¹⁾ Der Ansaugdruck kann niedriger sein als vorgegeben, wenn während der Prüfung eine Reihe von Meßwerten für den Ansaugdruck aufgenommen werden und sie die vereinbarten Betriebspunkte beidseitig überdecken.

6.1.7 Wird die Grenzwert der Betriebsflüssigkeitstemperatur überschritten, so kann der Hersteller seine Erfahrungswerte für die Umrechnung der Betriebsflüssigkeitstemperatur verwenden, sofern zwischen den Vertragspartnern darüber Einigung erzielt wurde.

6.1.8 Wenn die Grenzwerte oder Schwankungen die Werte in Abschnitt 6.1.5 überschreiten, sind die in Abschnitt 6.1.3 beschriebenen Verfahren nach Vereinbarungen zwischen den Vertragspartnern anzuwenden.

6.2 Umrechnung des Ansaugvolumenstromes

6.2.1 Drehzahl

Der Umrechnungsfaktor ist in hinreichender Näherung:

$$K_1 = \frac{n_g}{n_t} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

n_g die vereinbarte Drehzahl in 1/min

n_t die bei der Prüfung gemessene Drehzahl in 1/min

6.2.2 Betriebsflüssigkeitstemperatur

Der Umrechnungsfaktor ist in hinreichender Näherung:

$$K_2 = \frac{p_1 - p_{dg}}{p_1 - p_{dt}} \cdot \frac{t_{Lt} + 273}{t_{Lg} + 273} \quad (3)$$

Hierin bedeuten:

p_1 der Ansaugdruck in mbar

t_{Lg} die vereinbarte Betriebsflüssigkeitstemperatur in °C

t_{Lt} die Betriebsflüssigkeitstemperatur während der Prüfung in °C

p_{dg} der Partialdruck der Betriebsflüssigkeit bei t_{Lg} in mbar

p_{dt} der Partialdruck der Betriebsflüssigkeit bei t_{Lt} in mbar

6.2.3 Gaseintrittstemperatur

Der Umrechnungsfaktor ist in hinreichender Näherung:

$$K_3 = \frac{t_{ig} + 273}{t_{it} + 273} \quad (4)$$

Hierin bedeuten:

t_{ig} die vereinbarte Gastemperatur am Eintrittspunkt in °C

t_{it} die Gaseintrittstemperatur während der Prüfung in °C