

DIN ISO 21360-1

ICS 23.160

**Vakuumtechnik –
Standardverfahren zur Messung der Leistungsdaten von Vakuumpumpen –
Teil 1: Grundlegende Beschreibung (ISO 21360-1:2012)**

Vacuum technology –
Standard methods for measuring vacuum-pump performance –
Part 1: General description (ISO 21360-1:2012)

Technique du vide –
Méthodes normalisées pour mesurer les performances des pompes à vide –
Partie 1: Description générale (ISO 21360-1:2012)

Gesamtumfang 34 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Inhalt

Seite

Nationales Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Formelzeichen und Abkürzungen	8
5 Prüfverfahren	10
5.1 Messung des Volumenstroms (Saugvermögen) nach dem Durchflussverfahren	10
5.1.1 Allgemeines	10
5.1.2 Messdom für das Durchflussverfahren	10
5.1.3 Prüfanordnung	11
5.1.4 Bestimmung des Volumenstroms.....	12
5.1.5 Messverfahren	13
5.1.6 Messunsicherheiten.....	14
5.1.7 Überprüfung der Messung.....	14
5.2 Messung des Volumenstroms (Saugvermögen) nach dem Blendenverfahren	14
5.2.1 Allgemeines	14
5.2.2 Messdom für das Blendenverfahren	14
5.2.3 Prüfanordnung	16
5.2.4 Bestimmung des Volumenstroms.....	16
5.2.5 Messverfahren für das Blendenverfahren	17
5.2.6 Einstellung der Druckmessgeräte	17
5.2.7 Messung des Volumenstroms.....	18
5.2.8 Messunsicherheiten.....	18
5.2.9 Überprüfung der Messung.....	18
5.3 Messung des Volumenstroms (Saugvermögen) nach dem Auspumpverfahren.....	19
5.3.1 Allgemeines	19
5.3.2 Messdom für das Auspumpverfahren	20
5.3.3 Schnellschlussventil	21
5.3.4 Prüfanordnung	21
5.3.5 Bestimmung des Volumenstroms.....	22
5.3.6 Messverfahren	23
5.3.7 Anwendbarkeitsgrenzen	24
5.3.8 Überprüfung der Messung.....	24
5.3.9 Messunsicherheit.....	24
5.4 Bestimmung des Basisdrucks	25
5.4.1 Betriebsbedingungen.....	25
5.4.2 Prüfverfahren für Pumpen mit einem Basisdruck $> 10^{-4}$ Pa	25
5.4.3 Prüfverfahren für Pumpen mit einem Basisdruck $< 10^{-4}$ Pa	25
5.4.4 Überprüfung der Messung.....	26
5.5 Messung von Kompressionsverhältnis und kritischem Vorvakuumdruck.....	26
5.5.1 Prüfanordnung	26
5.5.2 Bestimmung von Kompressionsverhältnis und kritischem Vorvakuumdruck.....	26

5.5.3	Messverfahren	27
5.5.4	Messunsicherheit	28
5.5.5	Überprüfung der Messungen.....	28
5.5.6	Besondere Empfehlungen für die Messung außergewöhnlich hoher Kompressionsverhältnisse	28
Anhang A (informativ) Mittlere freie Weglänge einiger wichtiger Gase.....		30
Anhang B (informativ) Messunsicherheiten		31
B.1	Allgemeines	31
B.2	Unsicherheit der Messung des Volumenstroms nach dem Durchflussverfahren.....	31
B.3	Unsicherheit der Messung des Volumenstroms nach dem Blendenverfahren.....	32
B.4	Unsicherheit der Messung des Volumenstroms nach dem Auspumpverfahren	32
Literaturhinweise.....		34

Nationales Vorwort

Dieses Dokument wurde durch den Arbeitsausschuss NA 060-07-01 AA „Vakuumpumpen“ des Fachbereiches „Vakuumtechnik“ im DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM) erarbeitet. Es ist die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 21360-1:2012.

Die ISO 21360-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 112 *Vacuum technology* erstellt.

Diese erste Ausgabe der ISO 21360-1 ersetzt die ISO 21360:2007, und beinhaltet geringfügige Änderungen

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der ISO 21360-1 entsprechend der diesbezüglich durch ISO erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Die ISO 21360 besteht aus den folgenden Teilen, unter dem allgemeinen Titel *Vacuum technology — Standard methods for measuring vacuum-pump performance*:

- Part 1: General description
- Part 2: Positive displacement vacuum pumps

Weitere Teile der Norm werden derzeit im ISO/TC 112 erarbeitet.

Vakuumtechnik — Standardverfahren zur Messung der Leistungsdaten von Vakuumpumpen — Teil 1: Grundlegende Beschreibungen (ISO 21360-1:2012)

Einleitung

Dieser Teil von ISO 21360 ist eine Grundnorm zur Messung der Leistungsdaten von Vakuumpumpen. Die hier angegebenen Verfahren haben sich aus bestehenden nationalen und internationalen Normen etabliert. Die Zielsetzung bei der Entwicklung dieses Teils von ISO 21360 bestand darin, die Verfahren zur Messung der Leistungsdaten von Vakuumpumpen in einem einzelnen Dokument zusammenzufassen und die zukünftige Entwicklung spezifischer Normen zu Vakuumpumpen zu vereinfachen.

Spezifische Normen zu Vakuumpumpen werden in Zukunft eine geeignete Auswahl von Messverfahren aus diesem Teil von ISO 21360 enthalten; dadurch wird auf Grundlage der besonderen Eigenschaften des bestimmten Pumpentyps eine Bestimmung der Leistungsdaten, Grenzwerte und besonderen Betriebsbedingungen ermöglicht. Bei Abweichungen zwischen diesem Teil von ISO 21360 und der spezifischen Norm ist die spezifische Norm als gültig anzusehen.

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil von ISO 21360 werden drei Verfahren zur Messung des Volumenstroms festgelegt sowie jeweils ein Verfahren zur Messung von Basisdruck, Kompressionsverhältnis und kritischem Vorvakuumdruck einer Vakuumpumpe.

Das erste Verfahren zur Messung des Volumenstroms (das Durchflussverfahren) ist das Grundkonzept und basiert darauf, dass während des Einlasses eines stationären Gasstroms in die Pumpe der Ansaugdruck gemessen wird. In der Praxis kann sich die Messung des pV -Durchflusses als kompliziert oder ungenau erweisen. Aus diesem Grund werden zwei weitere Verfahren festgelegt, mit denen die direkte Messung des pV -Durchflusses umgangen wird.

Das zweite Verfahren zur Messung des Volumenstroms (das Blendenverfahren) wird verwendet, wenn bei sehr kleinen Ansaugdrücken, ein sehr kleiner pV -Durchfluss besteht (im Hochvakuum- oder Ultrahochvakuumbereich). Das Verfahren basiert auf der Bestimmung des Verhältnisses der Drücke in einem Doppelkammernessystem, in dem die beiden Kammern durch eine Wand mit einer Kreisblende getrennt sind.

Das dritte Verfahren zur Messung des Volumenstroms (das Auspumpverfahren) ist gut für automatisierte Messungen geeignet. Grundlage ist die Evakuierung eines großen Behälters. Der Volumenstrom errechnet sich aus den beiden Drücken zu Beginn und zum Ende eines Auspumpintervalls und dem Volumen des Messdoms. Verschiedene Parameter, wie z. B. Leck- und Desorptionsraten, Abkühlung des Gases durch eine nahezu isentrope Expansion während des Auspumpintervalls und der durch Molekularströmung bei niedrigen Drücken ansteigende Strömungswiderstand in der Verbindungsleitung zwischen Messdom und Pumpe, beeinflussen die Ergebnisse der Druckmessungen und den sich daraus ergebenden Volumenstrom.

Die Auswahl der erforderlichen Messverfahren findet in Abhängigkeit des zu messenden Vakuumpumpentyps statt, so ist z. B. die Messung des kritischen Vorvakuumdrucks nur bei Vakuumpumpen erforderlich, die eine Vorvakuumpumpe benötigen. Sämtliche an Vakuumpumpen gemessenen Daten, die nicht in diesem Teil von ISO 21360 festgelegt sind (z. B. Messung des Energieverbrauchs), sind in der spezifischen Pumpennorm festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3529-2, *Vacuum technology — Vocabulary — Part 2: Vacuum pumps and related terms*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3529-2 und die folgenden Begriffe.

3.1 Volumenstrom

$$q_V$$
$$q_V = \frac{dV}{dt}$$

Dabei ist

V das Volumen

t die Zeit

[QUELLE: ISO 80000-4:2006[4], Begriff 4-30]

BEISPIEL Im Zusammenhang mit diesem Teil von ISO 21360 ist der Volumenstrom das Gasvolumen, das unter idealen Bedingungen je Zeiteinheit vom Messdom durch den Pumpeneinlass strömt.

ANMERKUNG 1 Für die Praxis besteht das Übereinkommen, den Volumenstrom einer bestimmten Vakuumpumpe für ein bestimmtes Gas gleich dem Quotienten aus pV -Durchfluss dieses Gases und Gleichgewichtsdruck an einer bestimmten Stelle zu setzen. Der Volumenstrom wird in Kubikmeter je Stunde oder Liter je Sekunde ausgedrückt.

ANMERKUNG 2 Anstelle des Begriffes „Volumenstrom“ werden oftmals auch der Begriff „Saugvermögen“ und das Formelzeichen „ S “ verwendet.

3.2

Ansaugdruck

p_1, p_d, p_e

Druck, der an der Einlassöffnung der Pumpe herrscht, gemessen an einer im Messdom festgelegten Stelle

3.3

Basisdruck

p_b

Druck, der nach Konditionierung von Vakuumpumpe und Messdom im Messdom erhalten wird

Siehe 5.43.4

maximaler Arbeitsdruck

$p_{1\max}$

höchster Druck an der Einlassseite, dem Vakuumpumpe und Antriebsvorrichtung für eine längeren Betriebszeitraum ohne Beschädigung standhalten können

3.5

Vorvakuumdruck

p_3

Druck auf der Auslassseite einer Vakuumpumpe

3.6

kritischer Vorvakuumdruck

Vorvakuumbeständigkeit

p_c

maximaler Vorvakuumdruck, für den die Bedingungen in der Bedienungsanleitung oder in einer spezifischen Norm für die bestimmte Vakuumpumpe definiert sind

3.7

Kompressionsverhältnis

K_0

Verhältnis des Vorvakuumdrucks p_3 zum Ansaugdruck p_1 der Vakuumpumpe ohne pV -Durchfluss, ausgedrückt durch folgende Gleichung:

$$K_0 = \frac{p_3}{p_1}$$

3.8

Messdom

spezieller Vakuumbehälter mit genau festgelegter Größe, Durchmesser und Anschlussflanschen, der zur Messung genormter Leistungsdaten von Vakuumpumpen verwendet wird

3.9 pV-Durchfluss

Q
durch eine Leitung strömendes Gas, ausgedrückt durch folgende Gleichung:

$$Q = \frac{p_1 V}{t} = p_1 q_V$$

Dabei ist

p_1 der (Hoch)Vakuumdruck auf der Einlassseite;

q_V der Volumenstrom der Prüfpumpe;

t die Zeit;

V das Volumen des Messdoms

3.10 Normgasvolumenstrom

q_{Vstd}
Volumenstrom unter Normbezugsbedingungen, d. h. 0 °C und 101 325 Pa

ANMERKUNG Die Normbezugsbedingungen sind in ISO 3529-1:1981^[1], 1.0.2, festgelegt.

4 Formelzeichen und Abkürzungen

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
a	Innendurchmesser der Verbindungsleitung zwischen Prüfpumpe und Schnellschlussventil (Punkte 3 und 5 in Bild 6)	m
A	Leitungsquerschnitt der Verbindungsleitung zwischen Prüfpumpe und Schnellschlussventil (Punkte 3 und 5 in Bild 6)	m ²
C	Strömungsleitwert	m ³ /s (= 10 ³ l/s)
d	Blendendurchmesser	m
D	Innendurchmesser des Messdoms	m
D_N	Nennendurchmesser des Messdoms	m
K_0	Kompressionsverhältnis der Vakuumpumpe mit Null-pV-Durchfluss	—
l	Länge der Verbindungsleitung zwischen Prüfpumpe und Schnellschlussventil (Punkte 3 und 5 in Bild 6)	m
$\bar{l}$	mittlere freie Weglänge	m
M	molare Masse des Gases	kg/mol
p_0	Normatmosphärendruck 101 325 Pa (in ISO 3529-1:1981 ^[1] , 1.0.2, definiert)	Pa
p_1	(Hoch)Vakuumdruck auf der Einlassseite	Pa (oder mbar)

Formelzeichen	Bezeichnung	Einheit
$p_{1\max}$	maximaler Arbeitsdruck auf der Einlassseite	Pa (oder mbar)
p_3	Druck in der Vorvakuumleitung	Pa (oder mbar)
p_{t1}, p_{t2}, p_{t3}	Drücke im Messdom für das Auspumpverfahren, gemessen vor und nach den Zeitintervallen $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$	Pa (oder mbar)
p_{b1}, p_{b2}, p_{b3}	Basisdrücke	Pa (oder mbar)
p_c	kritischer Vorvakuumdruck, Vorvakuumbeständigkeit	Pa (oder mbar)
p_d, p_e	Drücke im Messdom beim Blendenverfahren	Pa (oder mbar)
Q	pV -Durchfluss der Vakuumpumpe	Pa·l/s (oder mbar·l/s)
Q_r	pV -Fluss Testgas	Pa·l/s (oder mbar·l/s)
q_V	Volumenstrom der Prüfpumpe	l/s (oder m ³ /h)
q_{VBP}	Volumenstrom der Vorvakuumpumpe	l/s (oder m ³ /h)
q_{Vscm}	Volumenstrom bei Normbezugsbedingungen für Gase, d. h. 0 °C und 101 325 Pa	sccm (oder cm ³ /min)
q_{Vstd}	Volumenstrom bei Normbezugsbedingungen für Gase, d. h. 0 °C und 101 325 Pa	l/s (oder m ³ /h)
$Q_{\max}$	maximaler pV -Durchfluss, dem die Pumpe ohne Beschädigung standhalten kann	Pa·l/s (oder mbar·l/s)
R	molare Gaskonstante	8,314 J/(mol·K)
T	thermodynamische Temperatur	K
T_0	273,15 K (in ISO 3529-1:1981 ^[1] , 1.0.2, als 0 °C definiert)	K
T_D	Temperatur des Messdoms	K
T_f	Temperatur des Durchflussmessgerätes	K
u	Messunsicherheit	—
V	Volumen des Messdoms	l, m ³
V_i	Volumen der Verbindungsleitung zwischen Prüfpumpe und Schnellschlussventil (Punkte 3 und 5 in Bild 6)	l, m ³
δ	Blendendicke am Blendendurchmesser	m

5 Prüfverfahren

5.1 Messung des Volumenstroms (Saugvermögen) nach dem Durchflussverfahren

5.1.1 Allgemeines

Das Durchflussverfahren ist das für Vakuumpumpen am meisten verwendete Messverfahren und ist anwendbar auf alle Druckbereiche und Pumpengrößen, für die Durchflussmessgeräte mit ausreichender Genauigkeit verfügbar sind. Die Gasstrommessbereiche ergeben sich aus der Multiplikation des erwarteten Volumenstroms mit dem maximalen und dem minimalen Arbeitsdruck der Prüfpumpe.

Die Kalibrierung sämtlicher Messgeräte muss entweder:

- a) auf ein Vakuum-Primärnormal oder ein nationales Mess-Normal rückführbar sein, oder
- b) durch absolut messende Geräte stattfinden, die rückführbar auf die SI-Einheiten sind und denen Messunsicherheiten zugewiesen werden können.

Für kalibrierte Messgeräte sollte ein Kalibrierschein nach ISO/IEC 17025^[3] vorhanden sein.

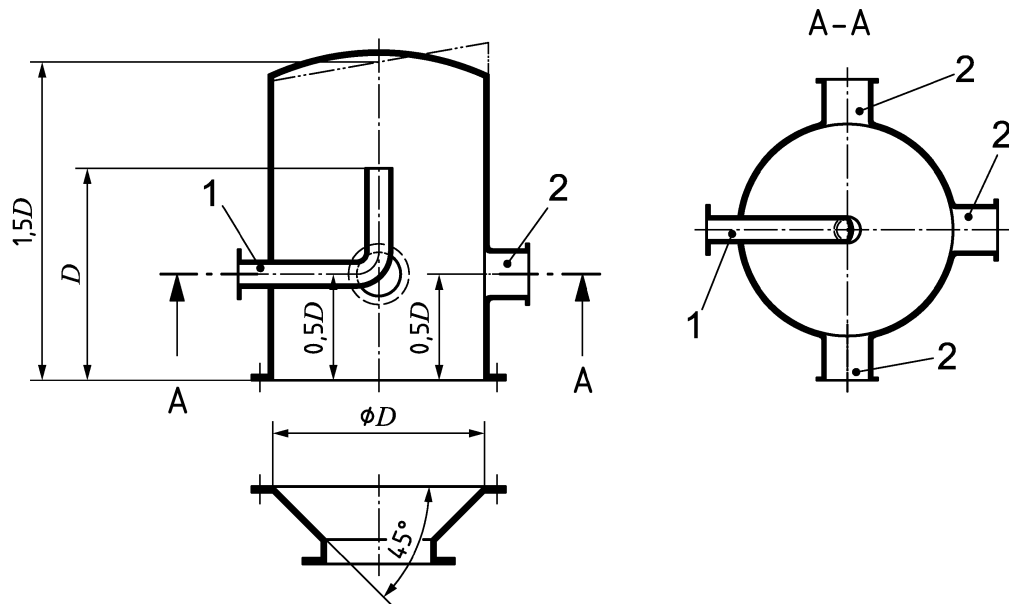
5.1.2 Messdom für das Durchflussverfahren

Für diese Messungen wird ein Messdom nach Bild 1 verwendet, der über den gleichen Nenndurchmesser D_N wie der Pumpeneinlass verfügt. Die dem Einlassflansch der Pumpe gegenüberliegende Fläche des Messdoms darf flach, konisch oder leicht gewölbt sein mit der gleichen mittleren Höhe über dem Anschlussflansch wie die ebene Fläche. Falls mehr als ein Druckmessgerät verwendet wird, werden vorzugsweise drei Flansche zur Druckmessung auf einer Höhe von $D/2$ oberhalb des unteren Flansches verwendet. Der Durchmesser dieser Flansche sollte größer oder gleich dem Flanschdurchmesser der verwendeten Druckmessgeräte sein, und ihre Anschlussmaße sind festzuhalten. Keine der Messöffnungen darf sich im Winkelbereich von $\pm 45^\circ$ neben einer Gaseinlassöffnung befinden. Mit Ausnahme des Gaseinlassrohres dürfen keine der Verbindungsleitungen zwischen Flansch und Messdom die innere Wand des Messdoms überragen.

Falls es die Prüfpumpe erfordert, ist der Messdom mit einer Vorrichtung zum Ausheizen zu versehen, der eine gleichmäßige Erwärmung des Doms zum Erreichen des Basisdrucks sicherstellt.

Das Volumen des Messdoms kann vom Pumpentyp abhängen. Nähere Angaben sind der spezifischen Pumpennorm zu nehmen.

Bei Pumpen mit einem Einlassflanschdurchmesser kleiner als $D_N = 100$ mm muss der Durchmesser des Messdoms $D_N = 100$ mm entsprechen. Der Übergang zum Einlassflansch der Pumpe muss durch ein 45° konisches Verbindungsstück nach Bild 1 erfolgen.



Legende

- 1 Gaseinlassrohr und Temperaturmessstelle für T_D
- 2 Anschlüsse für Druckmessgerät und Massenspektrometer
- D Innendurchmesser des Messdoms, in Meter

Bild 1 — Messdom für das Durchflussverfahren

5.1.3 Prüfanordnung

Siehe Bild 2.

Der Messdom muss sauber und trocken sein. Pumpe, Dichtungen und andere Bauteile müssen dem erwarteten Basisdruck entsprechend sauber sein. Alle Bauteile werden unter sauberen Bedingungen nach Bild 2 zusammengebaut. Wegen des engen Messbereichs dürfen Durchflussmesser mit verschiedenen Messbereichen in Reihe geschaltet werden. Falls der Durchfluss durch einen kleinen Querschnitt eines Durchflussmessers begrenzt wird, dürfen sie parallel zu einer Sammelleitung verwendet werden, wobei zwischen jedem Durchflussmesser und der Sammelleitung ein Ventil angebracht wird. Anstelle von Durchflussmesser und Gaseinlassventil dürfen Massenflussregler mit programmierbaren Durchflüssen verwendet werden. Diese sind parallel an eine Sammelleitung zu schalten.

Die Dichtheit von großen Massenflussreglern erweist sich in vielen Fällen als unzureichend. In solchen Fällen empfiehlt sich die Verwendung von Ventilen zwischen Massenflussregler und Sammelleitung.

Ionisationsvakuummeter und Massenspektrometer müssen so montiert sein, dass Gasteilchen zwischen ihnen keinen geraden, direkten geometrischen Weg nehmen können.

ACHTUNG — Beachten Sie die Sicherheitsvorschriften des Pumpenherstellers.