

DIN 2271

ICS 17.040.40

Ersatz für
DIN 2271-1:1976-09,
DIN 2271-2:1976-04,
DIN 2271-3:2000-02 und
DIN 2271-4:1977-11

**Geometrische Produktspezifikation (GPS) –
Pneumatische Längenmessung –
Merkmale der Geräte, Anforderungen, Prüfung**

Geometrical product specifications (GPS) –
Pneumatic length measurement –
Characteristics of instruments, requirements, testing

Spécification géométrique des produits (GPS) –
Mesurage pneumatique de longueur –
Caractéristiques des instruments, exigences, test

Gesamtumfang 36 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole	8
5 Konstruktionsmerkmale	8
5.1 Physikalisches Prinzip	8
5.2 Druckbereiche	9
5.3 Vergleichende Messung	9
6 Anforderungen an messtechnische Merkmale	9
6.1 Referenztemperatur	9
6.2 Merkmale	9
7 Anwendungsbedingungen für pneumatische Messtechnik	10
7.1 Druckluft	10
7.1.1 Allgemeines	10
7.1.2 Qualität der Druckluft	10
7.2 Technische Voraussetzungen	10
7.2.1 Allgemeines	10
7.2.2 Messbereich	11
7.2.3 Mindestgröße der Messfläche	11
7.2.4 Werkstück	11
8 Nachweis der Übereinstimmung mit der Spezifikation	11
8.1 Linearität	11
8.1.1 Allgemeines	11
8.1.2 Auswertung der Linearitätsabweichung Δl	12
8.2 Rauschen N	12
8.3 Wiederholpräzision $R_{6\sigma}$	12
8.4 Bestimmung der Einstelldauer T	12
8.4.1 Einflussfaktoren	12
8.4.2 Messung der Zeitkonstante	13
8.4.3 Bestimmung der Koeffizienten k und T_0	13
9 Kennzeichnung	13
Anhang A (informativ) Erläuterungen	14
A.1 Merkmale	14
A.2 Einstelldauer	14
A.3 Druckbereiche	14
Anhang B (informativ) Geräteeigenschaften — Anwendungshinweise	15
B.1 Bevorzugte Einsatzmöglichkeiten	15
B.2 Besondere Eigenschaften	15
B.3 Vorteile	15
B.3.1 Allgemeines	15

B.3.2	Messkraft.....	15
B.3.3	Materialschonende Messung.....	16
B.3.4	Unempfindlichkeit.....	16
B.3.5	Geringe Baugröße.....	16
B.4	Nachteile.....	16
B.5	Messunsicherheit.....	16
Anhang C (informativ) Bauarten.....		17
C.1	Durchflussmessverfahren.....	17
C.2	Druckmessverfahren.....	18
C.2.1	Allgemeines.....	18
C.2.2	Reihenschaltung.....	18
C.2.3	Brückenschaltung.....	19
C.3	Messwertaufnehmer.....	19
C.3.1	Allgemeines.....	19
C.3.2	Berührungslos arbeitende Messwertaufnehmer.....	19
C.3.3	Düsenmessdorn.....	20
C.3.4	Düsenmessring und Düsenmessrachen.....	20
C.3.5	Düsenmesstaster.....	21
C.3.6	Ringdüsenmessdorn.....	21
C.3.7	Mechanisch berührende Messwertaufnehmer.....	22
C.4	Anzeigegegeräte.....	22
C.4.1	Allgemeines.....	22
C.4.2	Elektronische Anzeigen.....	22
C.4.3	Zeigergeräte mit Rundskale.....	23
C.4.4	Säulengeräte mit Langskale.....	24
Anhang D (informativ) Anwendungsbeispiele für pneumatische Messwertaufnehmer mit rotationssymmetrischer Querschnittsform.....		25
D.1	Allgemeines.....	25
D.2	Paarungsmessung.....	25
D.3	Formmessung.....	25
D.3.1	Geradheit von Bohrungen.....	25
D.3.2	Rundheit von Bohrungen.....	25
D.3.3	Kegelwinkel.....	25
D.4	Lagemessung.....	26
D.4.1	Rechtwinkligkeit.....	26
D.4.2	Parallelität einer Fläche.....	27
D.4.3	Position von Flächen.....	27
D.4.4	Koaxialitätsmessung zweier Bohrungssachsen zueinander.....	27
D.4.5	Planlauf einer ebenen Stirnfläche.....	28
D.4.6	Simultane Messungen.....	28
D.5	Sonderanwendung — Pneumatische Waage.....	29
Anhang E (informativ) Berechnungsbeispiele.....		30
E.1	Linearitätsabweichung.....	30
E.2	Bestimmung der Einstelldauer T	32
E.2.1	Allgemeines.....	32
E.2.2	Messungen.....	32
E.2.3	Auswertung.....	33
E.2.4	Bestimmung der Abweichung nach Einstelldauer Δs	35
Literaturhinweise.....		36

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Unterausschuss NA 152-03-02-07 UA „Längenprüftechnik außer Koordinaten-, Form- und Oberflächenmesstechnik sowie Gewindekenngrößen“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) erarbeitet.

Das Ziel dieses Dokuments ist es, in diesem Fachbereich eine einheitliche Terminologie zu schaffen und die besonderen Eigenschaften der pneumatischen Abstandsmessung aufzuzeigen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Anhänge dienen der Information.

Änderungen

Gegenüber DIN 2271-1:1976-09, DIN 2271-2:1976-04, DIN 2271-3:2000-02 und DIN 2271-4:1977-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Begriff „Einstelldauer“ ersetzt den Begriff „Einstellzeit“;
- b) der Begriff „Messabweichung“ wurde aufgenommen;
- c) das Merkmal „Fehlergrenze G “ wurde anstelle des bisher üblichen Merkmals „Abweichung f_5 “ eingeführt;
- d) der Begriff „Wiederholgrenze r “ ersetzt den Begriff „Wiederholbarkeit“;
- e) der Begriff „Wiederholpräzision“ wurde aufgenommen;
- f) der Abschnitt „Referenztemperatur“ wurde aufgenommen;
- g) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 2271-1: 1976-04, 1976-09
DIN 2271-2: 1976-04
DIN 2271-3: 1976-11, 2000-02
DIN 2271-4: 1977-11

Einleitung

Austauschbarkeit

Mit großer Wahrscheinlichkeit wird es auf lange Jahre hinaus unmöglich sein, die pneumatischen Längenmessgeräte so weitgehend zu normen, dass man Messwertaufnehmer und Anzeigergeräte verschiedener Hersteller austauschen kann. Dies ist nicht in erster Linie eine Frage der Anschlussmaße, deren Vereinheitlichung Schwierigkeiten machen würde; viel entscheidender ist die Tatsache, dass die einzelnen Bauelemente der verschiedenen Systeme so verschieden sind, dass der Austausch eines Elementes die gesamte Messkette außer Funktion setzen kann. Die an den meisten Geräten vorhandenen Nullsteller und Feinabgleich für die Übersetzung haben nur einen kleinen Stellbereich, der nur den Austausch von Messwertaufnehmern desselben Systems zulässt.

Anwendung

Man hat sich bewusst darauf beschränkt, nur die wichtigsten und für die pneumatische Längenmessung typischen Anwendungshinweise zu geben und nur eine kleine Auswahl von Einsatzmöglichkeiten aufzuzeigen, zu denen es unter den jeweiligen technischen Umständen möglicherweise keine oder nur eine erheblich aufwendigere Alternativlösung gibt. So können die Beispiele der Anwendungen für den mit der pneumatischen Längenmessung noch nicht vertrauten Messtechniker und Prüfmittelplaner nur Denkanstöße zur wirtschaftlichen Lösung einer Messaufgabe sein, denen eine detaillierte Beratung mit den Geräteherstellern folgen muss.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für pneumatische Längenmesseinrichtungen, bestehend aus Messwertaufnehmer und Anzeigegerät.

Diese Norm gibt eine Übersicht über die gebräuchlichen pneumatischen Längenmessverfahren mit dem Ziel, eine einheitliche Terminologie zu schaffen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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).

DIN 1319-1, *Grundlagen der Messtechnik — Teil 1: Grundbegriffe*

DIN 1319-2, *Grundlagen der Messtechnik — Teil 2: Begriffe für Messmittel*

DIN EN ISO 1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Referenztemperatur für geometrische Produktspezifikation und -prüfung*

DIN EN ISO 14978, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Allgemeine Begriffe und Anforderungen für GPS-Messeinrichtungen*

ISO 8573-1, *Compressed air — Part 1: Contaminants and purity classes*

VIM, *Internationales Wörterbuch der Metrologie*¹⁾

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN 1319-1, DIN 1319-2, DIN EN ISO 14978, VIM „Internationales Wörterbuch der Metrologie“ und die folgenden Begriffe.

3.1 Versorgungsdruk

p_s

Druck vor dem Druckregler der pneumatischen Längenmesseinrichtung

3.2 Speisedruk

p_r

Druck hinter dem Druckregler

3.3 Messkammerdruck

p_m

bei nach dem Druckmessverfahren arbeitenden Geräten der Druck zwischen Vordüse und Messdüse

Anmerkung 1 zum Begriff: Durchflussmessgeräte haben keine Messkammer und keine Vordüse.

1) Zu beziehen bei: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin, Best.-Nr. 22472, ISBN 978-3-410-22472-3.

3.4**Druckregler**

<Pneumatik> Bauteil zur Reduzierung und Regelung des in der Zuleitung zum Messgerät herrschenden Versorgungsdrucks mit einer für den Speisedruck des Messgerätes erforderlichen Genauigkeit

3.5**Nullsteller**

<Pneumatik> Vorrichtung zur Veränderung der Lage des Nullpunktes entweder pneumatisch innerhalb des Linearbereiches oder durch Verstellen der gegenseitigen Lage von Zeiger und Skale

3.6**Einstelldauer**

T

Zeitspanne zwischen dem sprunghaften Übergang vom freien Ausströmen und dem Zeitpunkt, bei dem in der Mitte des Messbereichs die Messabweichung innerhalb vorgegebener Fehlergrenzen bleibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einstelldauer T ist das 4,6-fache der Zeitkonstante τ . Dies entspricht der Zeit für das Erreichen von 99,0 % der asymptotischen Sprunghöhe.

3.7**Pneumatische Empfindlichkeit**

E

Änderung der Ausgangsgröße (Änderung der Anzeige, z. B. des Zeigers oder Schwebekörpers) des Messgerätes, bezogen auf die Änderung des Wertes der Eingangsgröße

3.8**Rauschen**

N

Streubreite (Range) der Messwerte des bandbreitenbegrenzten Signals im eingeschwungenen Zustand

3.9**Wiederholpräzision**

$R_{6\sigma}$

Fähigkeit einer pneumatischen Längenmesseinrichtung, bei wiederholtem Anlegen derselben Messgröße unter denselben Messbedingungen nahe beieinander liegende Anzeigen zu liefern

3.10**Messwertumkehrspanne**

f_u

Unterschied der Anzeigen für denselben Wert der Messgröße, wenn einerseits bei steigenden und andererseits bei fallenden Werten der Anzeige gemessen wird

4 Symbole

Eine Schaltung im Sinne dieser Norm stellt die Verknüpfung der Energieversorgung, des Filters, des Druckreglers, der Düsen (Vordüsen und Messdüsen) und Anzeige dar, siehe Tabelle 1.

Tabelle 1 — Schaltungssymbole und Benennungen

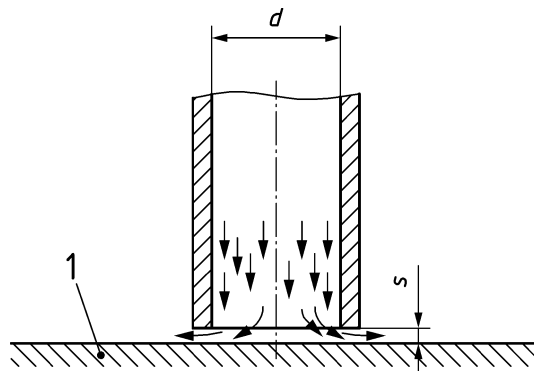
Begriff	Symbol
Leitung	—
Energieversorgung, Druckquelle	
Filter	
Druckregler	
Anzeige, Manometer, Drucksensor	
Düse (Vordüse, Messdüse)	

Energieversorgung, Filter, Druckregler, Düsen und Anzeige können in Reihe oder als Netzwerk geschaltet sein.

5 Konstruktionsmerkmale

5.1 Physikalisches Prinzip

Das zum Messen verwendete Medium ist üblicherweise Druckluft. Der durch einen Strömungskanal durchgesetzte Volumendurchfluss wird durch den engsten Querschnitt des Strömungskanals bestimmt. Bei pneumatischen Längenmessverfahren wird dieser engste Querschnitt durch die Ringspaltfläche A_s im System Düse — Prallplatte gebildet (siehe Bild 1).



Legende

- 1 Prallplatte
- d Bohrungsdurchmesser
- s Abstand zwischen Düse und Prallplatte

Bild 1 — System Düse - Prallplatte

Die Ringspaltfläche A_s darf nicht größer als der Bohrungsquerschnitt A_d sein. Daraus folgt, dass dieses Prinzip im Allgemeinen nur dann funktioniert, wenn der Abstand s zwischen Düse und Prallplatte nicht größer als ein Viertel des Bohrungsdurchmessers d ist. Für Düsen mit anderen Querschnittsformen gilt diese Beziehung sinngemäß.

Die Veränderung des Abstandes s bewirkt eine Änderung des Volumendurchflusses. Dieser Effekt wird bei den pneumatischen Längenmessverfahren in unterschiedlicher Weise ausgenutzt.

5.2 Druckbereiche

Der Druck vor der Messdüse muss so hoch sein, dass sich eine Überschallgeschwindigkeit ausbildet. Dann ist das Messsystem unempfindlich gegenüber Druckschwankungen.

Um vom Umgebungsdruck p_{at} unabhängig zu sein, muss sich zwischen Messdüse und Werkstück eine Überschallströmung ausbilden.

Üblicherweise ist das ab einem Druck von ca. 0,9 bar der Fall.

Diese Bedingungen sind für folgendes Verhältnis p_{at}/p_m der Absolutdrücke gegeben:

$$p_{at}/p_m > X_c$$

Dabei ist das kritische Druckverhältnis X_c für Luft:

$$X_c = 0,528$$

Bei einem Umgebungsdruck von $p_{at} = 1,013$ bar (absolut) gilt für den erforderlichen Messkammerüberdruck:

$$p_m (\text{Druckdifferenz}) > \left(\frac{1,013}{0,528} - 1,013 \right) \text{ bar}$$

$$p_m (\text{Druckdifferenz}) > 0,9 \text{ bar}$$

5.3 Vergleichende Messung

Die pneumatische Messung ist in der Regel eine vergleichende Messung. Dabei werden Unterschiede zu einem bekannten Einstellnormal gemessen.

6 Anforderungen an messtechnische Merkmale

6.1 Referenztemperatur

20 °C nach DIN EN ISO 1.

6.2 Merkmale

Der Hersteller kann die Kenngrößen entsprechend der Merkmale in der Tabelle 2 angeben.

Tabelle 2 — Angaben für pneumatische Längenmessenrichtungen

Merkmal	Symbol	Einheit
pneumatische Empfindlichkeit	E	mbar/ μm
Versorgungsdruck	p_s	bar
Speisedruck	p_r	bar
Luftverbrauch bei freiem Ausströmen ^a	Q_V	m ³ /h
Luftverbrauch in der Mitte des Messbereichs ^a	Q_{V0}	m ³ /h
Einstelldauer Gesamtsystem	T	s
Einstelldauer Wandler	T_0	s
Abweichung nach Einstelldauer	Δs	μm
Messkraft	F	N
Messkammerdruck	p_m	bar
Messwertumkehrspanne	f_u	μm
Linearitätsabweichung	Δl	μm
Wiederholpräzision	$R_{6\sigma}$	μm
Rauschen	N	μm
^a zurückgerechnet auf das Volumen bei atmosphärischem Druck („Normal-Kubikmeter“)		

7 Anwendungsbedingungen für pneumatische Messtechnik

7.1 Druckluft

7.1.1 Allgemeines

Es muss ein Druckluftnetz vorhanden sein, um die anzuschließenden Geräte ausreichend mit Druckluft versorgen zu können. Um Verschmutzungen der Messeinrichtungen zu vermeiden, muss die Druckluft möglichst frei von Öl, Wasser und festen Bestandteilen sein.

7.1.2 Qualität der Druckluft

Für die unterschiedlichen pneumatischen Anwendungen gibt es empfohlene Güteklassen, die jeweils von den Geräten vertragen wird.

In der Norm ISO 8573-1 wird eine Einteilung der Druckluftqualität in Qualitätsklassen vorgenommen.

ANMERKUNG Für die Verwendung mit nachgeschalteter Aufbereitungseinheit muss die werksseitig angelieferte Luft mindestens Klasse 4 entsprechen.

7.2 Technische Voraussetzungen

7.2.1 Allgemeines

Um überhaupt pneumatische Längenmessgeräte einsetzen zu können, müssen mehrere technische Voraussetzungen erfüllt sein.

7.2.2 Messbereich

Der Messbereich der einzusetzenden pneumatischen Längenmessgeräte muss auf die jeweilige Werkstücktoleranz abgestimmt sein. Der maximale Messbereich beträgt bei berührungsloser Messung je nach Art der Messaufgabe 100 µm bis 200 µm.

7.2.3 Mindestgröße der Messfläche

Bei Anwendung berührungslos arbeitender Messwertaufnehmer muss die Messfläche mindestens so groß sein wie die Stirnfläche der Messdüse. Andernfalls müssen mechanisch berührende Messwertaufnehmer verwendet werden.

7.2.4 Werkstück

7.2.4.1 Allgemeines

Nicht jedes Werkstück ist grundsätzlich geeignet mit pneumatischen Längenmessgeräten auf Maß und/oder Form- und Lageabweichungen geprüft zu werden. Es müssen folgende technische Voraussetzungen erfüllt sein:

7.2.4.2 Dünnwandige Werkstücke und Werkstücke mit geringer Formstabilität

Obwohl bei berührungsloser Antastung pneumatische Längenmessgeräte mit relativ geringen Messkräften arbeiten, können besonders bei dünnwandigen und/oder nicht formstabilen Werkstücken elastische Verformungen durch die austretende Druckluft auftreten. In diesen Fällen können Niederdruck-Messgeräte angewendet werden.

ANMERKUNG Für Niederdruck-Messgeräte sind wegen ihrer hohen Empfindlichkeit noch weitere Voraussetzungen für die Anwendung zu erfüllen, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

7.2.4.3 Oberflächenrauheit

Bei berührungslos arbeitenden Messwertaufnehmern wird der Messwert durch die Rauheit der Messflächen beeinflusst. Hierdurch tritt gegenüber mechanisch berührenden Messwertaufnehmern eine Messwertänderung auf, die bei gemittelten Rautiefen $R_z < 5 \mu\text{m}$ im Allgemeinen vernachlässigt werden kann. Bei größeren gemittelten Rautiefen R_z kann durch eine entsprechende Vorkorrektur an der Anzeige des Messgerätes die Messwertänderung korrigiert werden, sofern die Rautiefenschwankungen auf den Oberflächen gleicher zu prüfender Werkstücke gering ist. Die Vergleichsmessung mit mechanisch berührenden Messwertaufnehmern liefert den Korrekturwert.

Wenn Einstellmeister und Werkstück die gleiche Rauheit haben, kann sich der Einfluss der Rauheit reduzieren.

8 Nachweis der Übereinstimmung mit der Spezifikation

8.1 Linearität

8.1.1 Allgemeines

Bei pneumatischen Längenmessenrichtungen mit allen anderen in dieser Norm beschriebenen Messwertaufnehmern sollte mit mindestens 3 geeigneten Einstellnormalen (Einstellhorn, Einstellring) geprüft werden. Die Istmaße der Einstellnormalen sollten so gestuft sein, dass 2 Einstellnormalen an dem Anfangs- und Endwert des Messbereiches liegen und die übrigen gleichmäßig über den Messbereich verteilt sind.

Falls Messwertaufnehmer und Messgerät nicht als Einheit kalibriert werden, ist das Messgerät mittels eines ausgewählten Messwertaufnehmers als Normal zu kalibrieren und der Messwertaufnehmer mittels eines kalibrierten Messgerätes.