

DIN EN ISO 20486



ICS 19.100

Entwurf

Einsprüche bis 2016-11-02
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13192:2002-03

**Zerstörungsfreie Prüfung –
Dichtheitsprüfung –
Kalibrieren von Referenzlecks für Gase (ISO/DIS 20486:2016);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20486:2016**

Non-destructive testing –

Leak testing –

Calibration of reference leaks for gases (ISO/DIS 20486:2016);

German and English version prEN ISO 20486:2016

Essais non destructifs –

Contrôle d'étanchéité –

Etalonnage des fuites de référence des gaz (ISO/DIS 20486:2016);

Version allemande et anglaise prEN ISO 20486:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-09-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nmp@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 72 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20486:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ erarbeitet.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 062-08-26 AA „Dichtheitsprüfung“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der prEN ISO 20486 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13192:2002-03 wurde folgende Änderung vorgenommen:

- a) Definitionen „Referenzleck“, „calibrierte Leckagerate“ und „Nennleckagerate“ ergänzt;
- b) Abschnitt 4 „Referenzbedingungen für Nennleckageraten“ ergänzt;
- c) Struktur und Beschreibung der Kalibrierverfahren überarbeitet;
- d) redaktionelle Anpassungen.

Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Kalibrieren von Referenzlecks für Gase (ISO/DIS 20486:2016)

Essais non destructifs — Contrôle d'étanchéité — Étalonnage des fuites de référence des gaz (ISO/DIS 20486:2016)

Non-destructive testing — Leak testing — Calibration of reference leaks for gases (ISO/DIS 20486:2016)

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokumentstufe: parallele Umfrage
Dokumentsprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Referenzbedingungen für Nennleckageraten	8
5 Klassifizierung der Lecks	8
5.1 Permeationsleck	8
5.2 Leitwertlecks	9
5.2.1 Kapillarleck	9
5.2.2 Blendenleck	9
5.2.3 Lecks mit komprimiertem Pulver	9
6 Kalibrierung durch Vergleich	9
6.1 Verfahren A, A _S , B und B _S	9
6.2 Anwendbarkeit der Vergleichsverfahren	10
6.3 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung	10
6.3.1 Anlaufzeit des Leckdetektors	10
6.3.2 Temperaturanpassung	10
6.3.3 Anschluss an den Leckdetektor	10
6.4 Messung	11
6.4.1 Einrichtung	11
6.4.2 Allgemeine Messreihenfolge	11
6.5 Bewertung für Verfahren A, A _S , B und B _S (Vergleich)	12
6.5.1 Bestimmung der Leckagerate	12
7 Volumetrische Kalibrierung	14
7.1 Direktfluss (Verfahren C)	14
7.1.1 Allgemeines	14
7.1.2 Prüfeinrichtungen	14
7.1.3 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung	14
7.1.4 Messung	15
7.1.5 Bewertung für Verfahren C (Direktflussmessung)	17
7.2 Leckmessung unter Wasser (Verfahren D)	18
7.2.1 Allgemeines	18
7.2.2 Prüfeinrichtungen	18
7.2.3 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung	18
7.2.4 Messung	19
7.2.5 Bewertung für Verfahren D	20
7.2.6 Berechnung der Messunsicherheit	21
7.3 Kalibrierung durch Gaszähler (Verfahren E)	21
7.3.1 Prüfeinrichtungen	21
7.3.2 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung	21
7.3.3 Messung	21
7.3.4 Bewertung für Verfahren E (Gaszähler)	22
7.4 Kalibrierung durch Druckänderung in einem bekannten Volumen (Verfahren F)	23
7.4.1 Allgemeines	23
7.4.2 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung	23
7.4.3 Messung	26

7.4.4	Sondersituation in Vakuumräumen.....	27
7.4.5	Bewertung für Verfahren F (Druckänderung).....	28
7.4.6	Berechnung der Messunsicherheit.....	29
7.5	Kalibrierung durch Volumenänderung bei konstantem Druck (Verfahren G)	29
7.5.1	Prüfeinrichtungen.....	29
7.5.2	Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung.....	30
7.5.3	Messung	30
7.5.4	Bewertung für Verfahren G (Volumenänderung bei konstantem Druck)	32
8	Allgemeine Einflüsse	32
9	Bericht	33
10	Etikettierung der Referenzlecks.....	33
11	Umgang mit Referenzlecks	33
11.1	Allgemeines	33
11.2	Permeationslecks (normalerweise mit Reservoir am Leckausgang)	34
11.3	Leitwertlecks (normalerweise ohne Reservoir).....	34
Anhang A (informativ) Berechnung der Verminderung der Leckagerate aufgrund der Abreicherung des Tracer-Gases im Reservoir		35

Bilder

Bild 1a — Kalibrierbereich für Kalibrierung durch Vergleich	6
Bild 1b — Kalibrierbereich für Kalibrierung durch.....	7
Bild 2 — Beispiel eines Kupplungsadapters für Schnüffellecks.....	11
Bild 3 — Zweipunktkalibrierung eines Lecks.....	13
Bild 4 — Einrichtung für Messung nach Verfahren C: Druck zu Atmosphäre	15
Bild 5 — Einrichtung für Messung nach Verfahren C: Atmosphäre zu Vakuum.....	16
Bild 6 — Einrichtung für Messung nach Verfahren D.....	19
Bild 7 — Verfahren D: Startbedingung für die Messung	19
Bild 8 — Verfahren D: Endbedingung für die Messung	20
Bild 9 — Einrichtung für die Messung nach Verfahren F durch Verbindung des Prüfraums mit einem bekannten Volumen.....	24
Bild 10 — Einrichtung für die Messung nach Verfahren F durch Einspritzung eines bekannten Gasvolumens in den Prüfraum.....	25
Bild 11 — Verfahren F: Druckerhöhung durch Ausgasungsverfahren.....	27
Bild 12 — Verfahren F: Druckerhöhung durch Ausgasungsverfahren und Leckagerate.....	28
Bild 13 — Schematische Darstellung des Kalibriersystems $p\Delta V$	30
Bild 14 — Beispiel des Differenzdrucks als Funktion der Zeit während einer typischen Kalibrierung.....	31
Bild A.1 — Relevante Parameter für die Berechnung der Abreicherung des Tracer-Gases.....	35

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20486:2016) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 135 „Non-destructive testing“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 138 „Zerstörungsfreie Prüfung“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13192:2001 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 20486:2016 wurde vom CEN als prEN ISO 20486:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 138, „Non-destructive testing“, dessen Sekretariat von JISC gehalten wird.

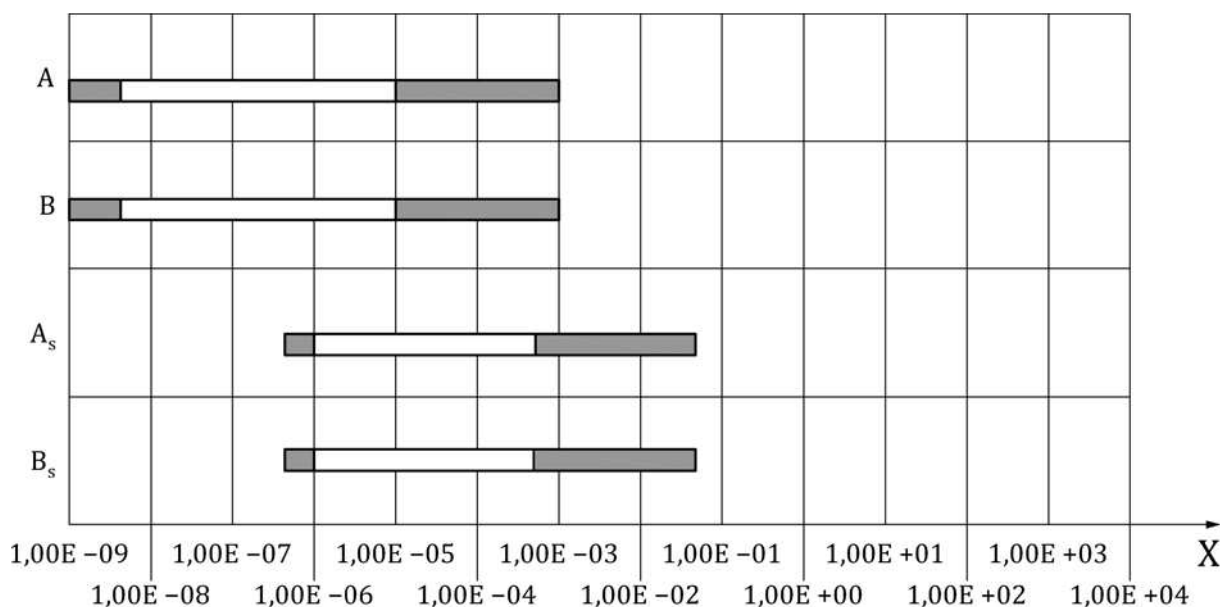
1 Anwendungsbereich

Dieser Entwurf einer Europäischen Norm spezifiziert die Kalibrierung der Lecks, die für die Justierung von Leckdetektoren für die Bestimmung von Leckageraten im täglichen Gebrauch verwendet werden. Eine Art des Kalibrierverfahrens ist ein Vergleich mit einem normierten Leck. Auf diese Weise werden die Lecks zur routinemäßigen Verwendung auf eine primäre Norm rückführbar, wie es nach der Normenreihe ISO 9000 erforderlich ist. Bei anderen Kalibrierverfahren wurde Q_{pV} direkt gemessen oder Q_{pV} wurde über ein bekanntes Volumen berechnet.

Die Vergleichsverfahren gelten vorzugsweise für Heliumlecks, da dieses Prüfgas selektiv mithilfe eines Massenspektrometerleckdetektors (en: mass spectrometer leak detector, MSLD) gemessen werden kann (die Definition des MSLD wird in ISO/DIS 20484 angegeben).

Die Kalibrierung durch Vergleich (siehe Verfahren A, A_s , B und B_s unten) mit bekannten Normlecks ist einfach möglich für Lecks mit Reservoir und Leckageraten unter $10^{-7} \text{ Pa m}^3/\text{s}$.

Bild 1 zeigt einen Überblick, in dem Bereiche verschiedener Kalibrierverfahren empfohlen werden.



Legende

X – Leckagerate in $\text{Pa m}^3/\text{s}$

A – Verfahren A

B – Verfahren B

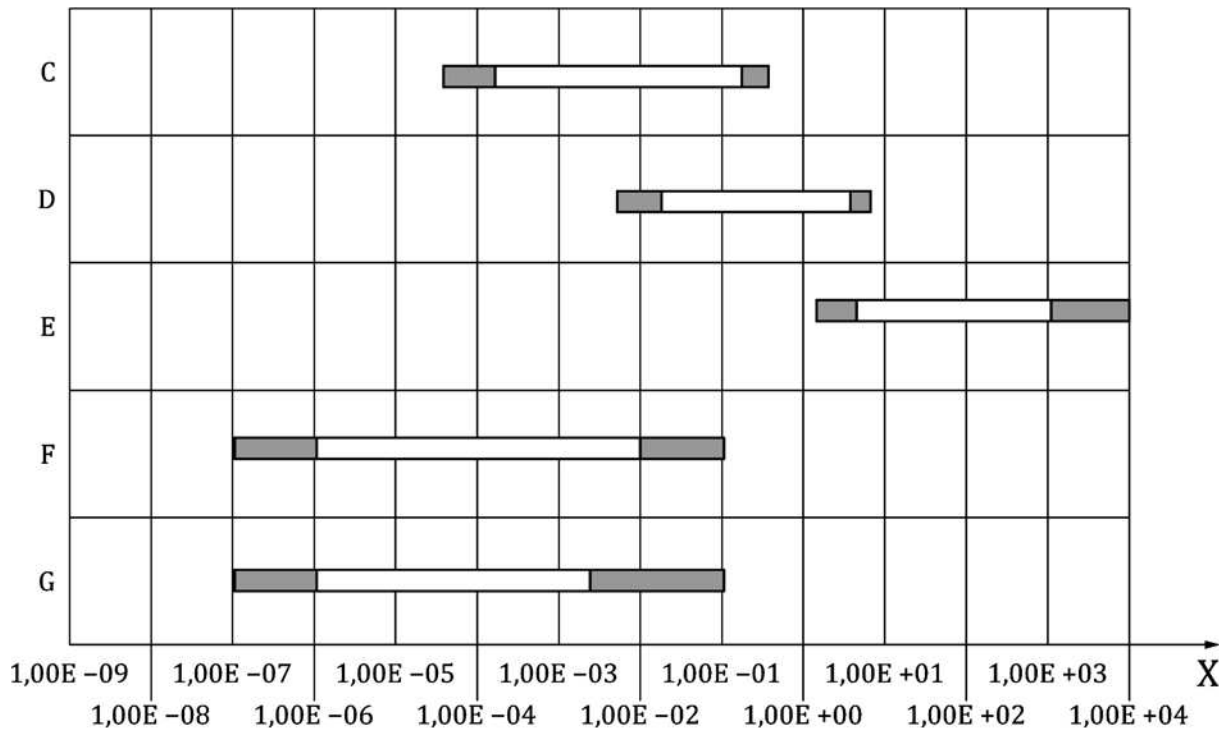
□ – normaler Bereich

A_s – Verfahren A_s

B_s – Verfahren B_s

■ – möglicher Bereich

Bild 1a — Kalibrierbereich für Kalibrierung durch Vergleich



Legende

X – Leckagerate in Pa m³/s

C – Verfahren C

D – Verfahren D

□ – normaler Bereich

E – Verfahren E

F – Verfahren F

G – Verfahren G

■ – möglicher Bereich

Bild 1b — Kalibrierbereich für Kalibrierung durch

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).

EN 13625, *Zerstörungsfreie Prüfung — Dichtheitsprüfung — Anleitung zur Auswahl von Geräten zur Messung von Gasleckagen*

ISO 20484, *Non-destructive testing — Leak testing — Vocabulary*

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 20484 und die folgenden Begriffe.

3.1.

unbekanntes Leck

Leck mit einer stabilen und wiederholbaren Leckagerate mit bekannter Größenordnung, das durch Kalibrierung bestimmt werden kann

3.2

Referenzleck

kalibriertes Leck, das zur Kalibrierung eines anderen Lecks verwendet werden darf

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messunsicherheit des Referenzlecks ist niedriger als die erforderliche Messunsicherheit des zu kalibrierenden Lecks.

3.3

Kalibrieren eines Referenzlecks

Satz an Operationen, die unter bestimmten Bedingungen die Beziehung zwischen Leckageratewerten, die durch ein unbekanntes Leck dargestellt werden, und den zugehörigen anerkannten Werten der Leckagerate etablieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Falle einer Kalibrierung durch Vergleich werden die anerkannten Werte der Leckagerate durch ein Normleck dargestellt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Normalerweise wird das Ergebnis der Kalibrierung als der Leckageratewert für das Referenzleck angegeben.

3.4

kalibrierte Leckagerate

Ergebnis des Kalibrierens eines Referenzlecks unter den gegebenen Kalibrierungsbedingungen

3.5

Nennleckagerate

Leckagerate eines Lecks, das für spezifische Referenzbedingungen berechnet wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Lecknachweis werden die Leckageraten häufig in Einheiten des pV -Durchflusses angegeben ($\text{Pa m}^3/\text{s}$, mbar l/s , cm^3/min). Diese stellen nur dann eine präzise Messung des Gasflusses dar, wenn die Temperatur gegeben und konstant gehalten wird. Flusseinheiten wie Massefluss (g/y) oder Stoffmengenfluss (mol/s) werden manchmal verwendet, um dieses Problem zu lösen.

4 Referenzbedingungen für Nennleckageraten

Um die Lecks vergleichbar zu machen, muss die Nennleckagerate eines Lecks für die folgenden Referenzbedingungen angegeben werden:

Umgebungstemperatur: 20 °C

Atmosphärischer Auspuffdruck: 1 000 mbar

Vakuum-Auspuffdruck: < 100 mbar

Der Referenzeingangsdruck wird durch den Leckreservoirdruck oder die Anwendungsanforderungen gegeben.

5 Klassifizierung der Lecks

5.1 Permeationsleck

Dieser Lecktyp wird normalerweise mit einem Tracer-Gasreservoir hergestellt. Er verfügt über die beste Langzeitstabilität, aber einen beträchtlichen Temperaturkoeffizienten (ungefähr 3,5 %/K). Typische Leckageraten liegen im Bereich von $10^{-10} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ bis $10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$.

5.2 Leitwertlecks

5.2.1 Kapillarleck

Dieser Lecktyp ist mit oder ohne Tracer-Gasreservoir verfügbar. Er verfügt über einen niedrigen Temperaturkoeffizienten (ungefähr 0,3 %/K), aber blockiert leicht, wenn nicht vorsichtig damit umgegangen wird. Typische Leckageraten sind größer als $10^{-7} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$.

5.2.2 Blendenleck

Blendenlecks werden selten in der Praxis verwendet, da sie schwer herzustellen sind und noch mehr für Blockierungen anfällig sind als Kapillare.

5.2.3 Lecks mit komprimiertem Pulver

Dieser Lecktyp nutzt Metallpulver, das in einem Rohr komprimiert wurde. Diese Lecktypen werden normalerweise ohne Reservoir angeboten. Sie werden für routinemäßige Überprüfungen der Empfindlichkeit von Leckdetektoren verwendet, sind aber nicht stabil genug, um als Prüflecks genutzt zu werden.

6 Kalibrierung durch Vergleich

6.1 Verfahren A, A_s, B und B_s

Es gibt zwei Arten, Lecks durch Vergleich mit bekannten Normlecks zu kalibrieren. Beide Methoden erfordern die Kenntnis der Größenordnung der zu messenden Leckagerate. Die Verfahren weichen in der Verwendung eines oder zweier Normlecks voneinander ab, was zu verschiedenen Messunsicherheiten führt. Im Folgenden werden die zwei Verfahren als A, A_s, B und B_s bezeichnet:

Verfahren A: Vergleich mit einem Normleck, normalerweise mit einer Leckagerate derselben Größenordnung, Kalibrierung mit Vakuumverfahren

Verfahren A_s: Vergleich mit einem Normleck, normalerweise mit einer Leckagerate derselben Größenordnung, Kalibrierung mit Schnüffelfverfahren

Verfahren B: Vergleich mit zwei Normlecks mit Leckageraten, die normalerweise auf einer Seite der unbekannten Leckagerate liegen, Kalibrierung mit Vakuumverfahren

Verfahren B_s: Vergleich mit zwei Normlecks mit Leckageraten, die normalerweise auf einer Seite der unbekannten Leckagerate liegen. Kalibrierung mit Schnüffelfverfahren

Verfahren A eignet sich am besten zur Verwendung vor Ort, da nur ein Normleck verwendet wird. Es ist allgemein anwendbar, aber am zuverlässigsten, wenn die Leckagerate des unbekannten Werts ungefähr so groß ist wie die des Normlecks. Dies liegt daran, dass die Messunsicherheit direkt von der Linearität des verwendeten Leckdetektors abhängt. (Siehe 8.1.2.1). Da der Linearitätsfehler nicht unabhängig gemessen werden kann, muss er geschätzt werden. Um den Linearitätsfehler gering zu halten, sollten die Betriebseigenschaften des Leckdetektors während der Kalibrierung nicht verändert werden (z. B. sollte die automatische Bereichseinstellung deaktiviert werden).

Für präzisere Kalibrierungen, für die eine definite Messung der Messunsicherheit erforderlich ist, oder, wenn ein Normleck mit einer Leckagerate im Bereich des Unbekannten nicht verfügbar ist, sollte Verfahren B verwendet werden. Durch die Verwendung von zwei Referenzlecks wird die Nicht-Linearität des Leckdetektors berücksichtigt (siehe 8.1.2.2).

6.2 Anwendbarkeit der Vergleichsverfahren

Da der Vergleich des Lecks kein fundamentales Messverfahren darstellt, ist er auf Randbedingungen angewiesen, hauptsächlich die Stabilität des Transferinstruments und die Sauberkeit der Gasumgebungsatmosphäre. Außerdem muss die Temperaturabhängigkeit der Referenz- und der unbekannten Lecks berücksichtigt werden.

Die stabilsten und saubersten Bedingungen werden für Lecks mit Auspuff im Vakuum und einem Massenspektrometerleckdetektor („Transferinstrument“) erreicht, der den Partialdruck misst, der von den Lecks im Vakuum erzeugt wird. Unter diesen Bedingungen werden sämtliche störende Hintergrundgase auf ein Minimum reduziert, sodass der Nullpunkt des Transferinstruments definiert und stabil ist.

Bei Lecks mit Auspuff in die Atmosphäre und Messung durch Schnüffelfgas müssen mehr Bedingungen geregelt werden. Diese umfassen:

- das Hintergrundniveau des Tracer-Gases muss so gering und stabil wie möglich sein;
- die Gesamtgasströmungsrate des Schnüfflers muss hoch genug sein, um die gesamte Tracer-Gasströmungsrate des Lecks aufzunehmen;
- die Ansaugung des Schnüfflers (der Kupplung zum Leckauspuff) muss über eine geeignete Geometrie verfügen, um sicherzustellen, dass der Fluss des atmosphärischen Gases durch den Leckauspuff den gesamten Tracer-Gasfluss der Lecköffnung aufnimmt.

Folglich ist die Messunsicherheit deutlich höher für Schnüffellecks als für Vakuumlecks.

Verfahren durch Vergleich sind deshalb für die Kalibrierung von Schnüffellecks anwendbar, aber nicht bevorzugt (mit Auspuff zur Atmosphäre).

6.3 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung

6.3.1 Anlaufzeit des Leckdetektors

Der als Transfergerät verwendete Leckdetektor muss nach den Anweisungen des Herstellers eingerichtet werden. Die Anlaufzeit muss min. 2 h betragen.

6.3.2 Temperaturanpassung

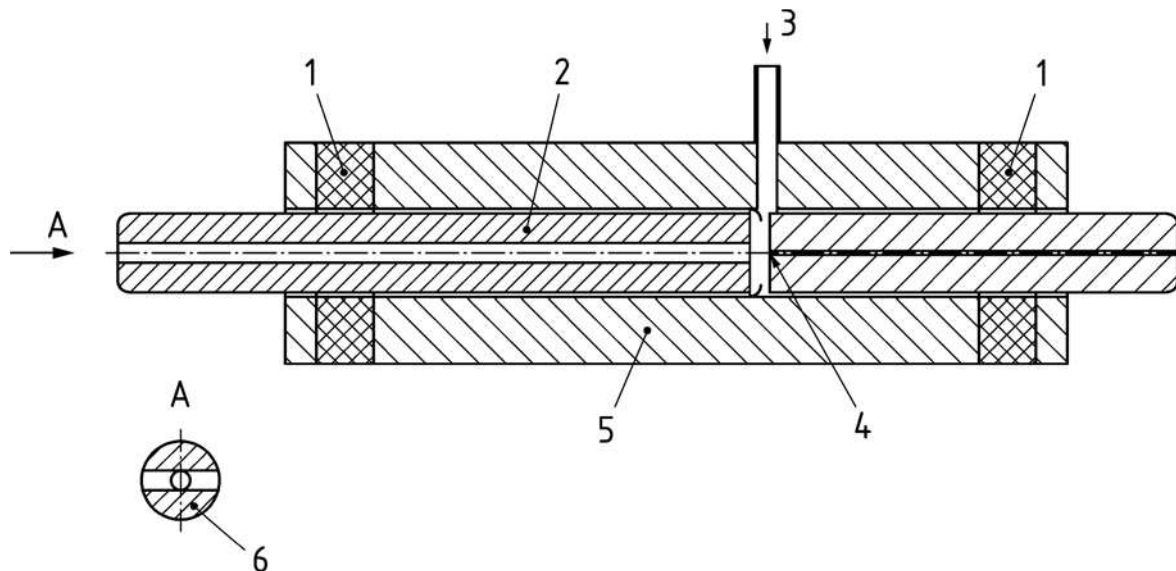
Das unbekannte Leck und das/die Normleck(s) für den Vergleich müssen min. 12 h im selben Raum gelagert werden, in dem die Prüfung durchgeführt wird, um einen Temperatenausgleich zu ermöglichen (ein klimatisierter Raum ist nicht notwendig, wenn keine rapiden Temperaturänderungen auftreten. Aufgrund der Temperaturschwankungen kann eine Klimaanlage die Messunsicherheit sogar noch erhöhen). Vakuumlecks müssen während der Phase der thermischen Anpassung gepumpt werden. Nach der Temperaturanpassung sollten wärmedämmende Hauben (aus Kunststoffschäum oder ähnlichen Werkstoffen) über die Lecks gestülpt werden, um Temperaturänderungen während der Messung zu vermeiden.

6.3.3 Anschluss an den Leckdetektor

Die Norm- und unbekannten Lecks sind mit dem Leckdetektor verbunden, der nach der Temperaturanpassung als Transferinstrument verwendet wird.

Im Fall von Vakuumlecks werden sie mit dem Eingangsflansch verbunden und mit offenen Ventilen (falls vorhanden) min. 30 min lang gepumpt, um Tracer-Gas zu entfernen, das sich in Dichtungen oder Ventilen angesammelt haben kann. Für die Kalibrierung von mehr als einem Leck sind ein separates Pumpsystem und ein Satz an Ventilen nützlich, um alle Lecks gepumpt zu halten, bis sie gemessen wurden.

Im Falle von Schnüffellecks wird die Verbindung zur Schnüffelspitze des Leckdetektors durch einen Adapter hergestellt, der für eine dichte Verbindung zum Leckausgang sorgt und es der Umgebungsluft ermöglicht, fortlaufend durch den Leckauspuff gesaugt zu werden, sodass die gesamte Leckgasströmung von der Schnüffelspitze aufgenommen wird. Die Lufteingangsöffnung darf den freien Fluss der Luft nicht drosseln, um den Atmosphärendruck vor der Schnüffelspitze aufrechtzuerhalten.



Legende

- | | |
|-------------------|---|
| 1 Dichtung | 4 Prüffleck mit Lecköffnung |
| 2 Schnüffelspitze | 5 Adaptergehäuse mit Dichtung |
| 3 Lufteinlass | 6 Schnüffelöffnung mit Schlitz über Kreuz |

Bild 2 — Beispiel eines Kupplungsadapters für Schnüffellecks

6.4 Messung

6.4.1 Einrichtung

Es ist wichtig sicherzustellen, dass die effektive Pumpgeschwindigkeit am Leckdetektoreingang bzw. die Schnüffelgasströmung während der Messungen nicht geändert wird. Wenn möglich darf entweder mit dem Leckdetektor oder in einem Hilfsgerät eine lange Mittelungszeit verwendet werden, um die statistische Messunsicherheit zu verringern. Alle Messgeräte sollten so angepasst werden, dass sie die Durchbiegungen für das größte Leck in beinahe vollem Maßstab angeben.

6.4.2 Allgemeine Messreihenfolge

Allgemein darf jede Anzeige nur erhalten werden, nachdem das Signal des Transferinstruments stabilisiert wurde. Es muss eine ausreichende Anzahl an Anzeigen genommen werden, um die niedrigste mögliche statistische Unsicherheit zu erreichen. Auf diese Art kann ebenfalls eine Messung einer statistischen Abweichung gefunden werden. Die allgemeine Messreihenfolge lautet wie folgt:

- Nullsignalbestimmung: alle Ventile für Vakuumlecks geschlossen bzw. Schnüffelspitze in reiner Umgebungsluft für Schnüffellecks;
- Verbindung von Normleck Nr. 1, Warten auf gleichmäßige Strömung und Messung des daraus resultierenden Ausgangssignals (Verfahren A, A_s, B und B_s);
- Trennung von Normleck Nr. 1;

- d) Verbindung von Normleck Nr. 2, Warten auf gleichmäßige Strömung und Messung des daraus resultierenden Ausgangssignals (nur Verfahren B und B_s);
- e) Trennung von Normleck Nr. 2;
- f) Verbindung von unbekannten Lecks, Warten auf gleichmäßige Strömung und Messung des daraus resultierenden Ausgangssignals;
- g) Schritte a) bis f) mindestens dreimal wiederholen.

ANMERKUNG Leckventile sollten so kurz wie möglich geschlossen bleiben, um eine übermäßige Ansammlung von Helium zu vermeiden, was zu einer langen Ausgleichszeit führt.

6.5 Bewertung für Verfahren A, A_s, B und B_s (Vergleich)

6.5.1 Bestimmung der Leckagerate

6.5.1.1 Verfahren A und A_s: Ergebnis des Vergleichs mit einem Normleck

Die folgende Gleichung wird verwendet, um die unbekannte Leckagerate Q_u aus der Anzeige R_{ref} des Normlecks mit der Leckagerate Q_{std} und der Anzeige R_u des unbekannten Lecks zu berechnen:

$$Q_u = Q_{ref} \frac{R_u}{R_{ref}} \quad (1a)$$

Diese Gleichung gilt nur dann, wenn die Temperaturkoeffizienten und die Temperaturen sämtlicher Lecks gleich sind. Andernfalls muss die folgende Gleichung verwendet werden:

$$Q_u = Q_{ref} \cdot \left[\frac{R_u(1 + \alpha_{ref} \cdot \Delta T_{ref})}{R_{ref}(1 + \alpha_u \cdot \Delta T_u)} \right] \quad (1b)$$

Dabei sind

Q_{ref}, Q_u	die Leckageraten des Referenz- bzw. des unbekannten Lecks;
R_{ref}, R_u	die Anzeigen des Referenz- bzw. des unbekannten Lecks;
α_{ref}, α_u	die Temperaturkoeffizienten des Referenz- bzw. des unbekannten Lecks;
$\Delta T_{ref}, \Delta T_u$	die Temperaturabweichungen der Lecks aus der Referenztemperatur des Norm- bzw. des unbekannten Lecks.

Die Anzeigen können in beliebigen konsistenten Einheiten dargestellt werden, da nur Verhältnisse berücksichtigt wurden.

ANMERKUNG 1 Die Anzeigen (R_{ref} und R_u) werden der Leckdetektoranzeige als Unterschiede der Ausgangssignale mit verbundenem und getrenntem Leck (bzw. offenem und geschlossenem Ventil) entnommen.

ANMERKUNG 2 Der Temperaturkoeffizient des Referenzlecks wird normal angegeben. Wenn der Temperaturkoeffizient des unbekannten Lecks nicht angegeben ist, kann angenommen werden, dass er für ein Quarzpermeationsleck ungefähr 3,5 %/K und für Leitwertlecks 0,3 %/K beträgt.

6.5.1.2 Verfahren B und B_s: Ergebnis des Vergleichs mit zwei Referenzlecks

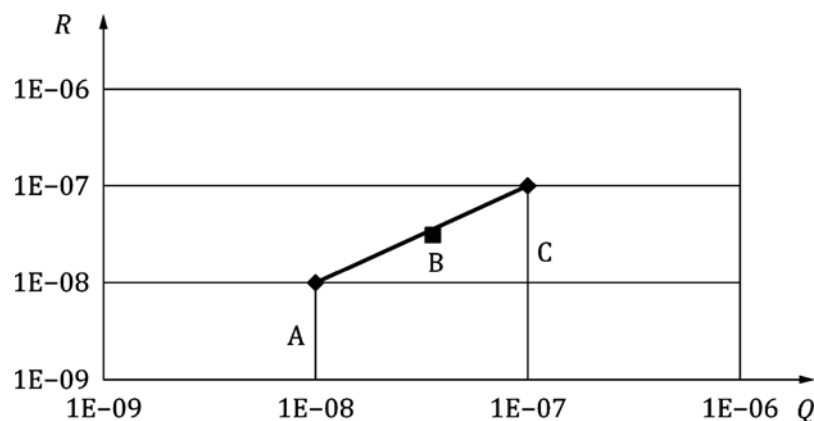
Um dieses Verfahren praktisch zu halten, werden nur der Fall der gleichen Temperaturkoeffizienten und Temperaturen aller Lecks berücksichtigt. In diesem Fall gilt die folgende vereinfachte Gleichung:

$$Q_u = (Q_2 - Q_1) \left(\frac{R_u - R_1}{R_2 - R_1} \right) + Q_1$$

Dabei sind

Q_u, Q_1, Q_2 die Leckageraten des unbekannten Lecks bzw. der Referenzlecks 1 und 2;

R_u, R_1, R_2 die Anzeigen des unbekannten Lecks bzw. der Referenzlecks 1 und 2.



Legende

- R Anzeige
- Q Leckagerate
- A Referenzleck 1
- B Unbekanntes Leck
- C Referenzleck 2

ANMERKUNG Q_1 ist das Leck mit der kleineren Rate, Q_2 das Leck mit der größeren Rate. Q_u , die Leckagerate des zu kalibrierenden unbekannten Lecks, liegt zwischen diesen zwei bekannten Lecks.

Bild 3 — Zweipunktkalibrierung eines Lecks

6.5.1.3 Berechnung der Messunsicherheit

Die Kalibrierung wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

- Messunsicherheit des/der Referenzleck(s);
- Umgebungstemperatur (alle Lecks auf demselben Temperaturniveau);
- Prüfdruck bei Normleck;
- Linearität des Leckdetektors.

7 Volumetrische Kalibrierung

7.1 Direktfluss (Verfahren C)

7.1.1 Allgemeines

Dieses Verfahren gilt für Leitwertlecks im Bereich von $10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 0,006 \text{ cm}^3/\text{min}$) bis $0,2 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 100 \text{ cm}^3/\text{min}$). Lecks von $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 0,0006 \text{ cm}^3/\text{min}$) bis $10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 0,006 \text{ cm}^3/\text{min}$) können zwar kalibriert werden, allerdings mit einer ziemlich großen Messunsicherheit. Wenn ein geeignetes Referenzleck verfügbar ist, sollte in diesem Bereich Verfahren A oder B angewandt werden, um eine niedrigere Messunsicherheit zu erhalten.

Es müssen zwei Arten an Druck und Flussbedingungen berücksichtigt werden:

- Fluss von Druck zu Atmosphäre (siehe 7.1.4.1);
- Fluss von Atmosphäre zu Vakuum (siehe 7.1.4.2).

In beiden Fällen muss abgewogen werden, ob Luft oder ein spezifisches Tracer-Gas verwendet werden soll. Die dritte mögliche Flussbedingung, Druck zu Vakuum, kann nicht mit Verfahren C gemessen werden (wenn dies erforderlich ist, muss eine Kalibrierung mit Tracer-Gas nach Verfahren A oder B mit einem geeigneten MSLD oder eine Kalibrierung nach Verfahren F oder G durchgeführt werden).

7.1.2 Prüfeinrichtungen

Um ein Leck durch Messung des Kapillarflusses nach Verfahren C in Abschnitt 6.4 zu kalibrieren, ist ein kalibriertes Glasrohr (vorzugsweise mit einem geeigneten Belüftungsventil an einem Ende, siehe Bild 1) notwendig.

Es wird eine Indikatorflüssigkeit (normalerweise Wasser mit hinzugefügter oberflächenaktiver Substanz oder speziellen Ölen) verwendet, um den Messkörper in der Kapillare herzustellen.

Um die Zeit der Bewegung des Körpers zu messen, werden ein Timer und eine Stoppuhr benötigt. Instrumente, die auf den gemessenen Bewegungen eines Films in einem Rohr basieren, sind ebenfalls verfügbar, z. B. ein Blasenähler.

Da Leitwertleckelemente normalerweise nicht über ein Tracer-Gasreservoir verfügen, wird eine separate Tracer-Gasversorgung benötigt. Andernfalls darf die Kalibrierung auch mit gefilterter, ölfreier und trockener Umgebungsluft durchgeführt werden.

7.1.3 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung

7.1.3.1 Temperaturanpassung

Das unbekannte Leck und die kalibrierte Kapillare müssen min. 12 h in dem Raum gelagert werden, in dem die Prüfung durchgeführt wird, um einen Temperatenausgleich zu ermöglichen (ein klimatisierter Raum ist nicht notwendig, wenn keine rapiden Temperaturänderungen auftreten. Aufgrund der Temperaturschwankungen kann eine Klimaanlage die Messunsicherheit sogar noch erhöhen).

7.1.3.2 Verbindung des Lecks mit dem Kapillarrohr

Das Kapillarrohr und das Belüftungsventil müssen mit Alkohol gereinigt und mit Druckluft gespült werden, um sämtlichen Schmutz von den Oberflächen zu entfernen, der die freie Bewegung des Flüssigkeitskörpers während der Messung stören kann. Die Verbindung zwischen dem Leck und dem Kapillarrohr muss über einen dicken Verbindungsschlauch aus Elastomer erfolgen, der dicht am Ausgang des Lecks und dem Belüftungsventil der Kapillare sitzt. Je kleiner das unbekannte Leck ist, desto wichtiger ist es, alle Totvolumen so klein wie möglich zu halten, um Messfehler zu reduzieren.

Druck zu Atmosphäre

In diesem Fall sind der Leckeingang mit der Tracer-Gasversorgung und der Ausgang mit dem Kapillarrohr verbunden. Das Kapillarrohr ist am anderen Ende für die Umgebungsluft geöffnet (siehe Bild 4).

Atmosphäre zu Vakuum

In diesem Fall ist der Leckausgang mit einem Vakuum und der Eingang mit dem Kapillarrohr verbunden. Der Kapillareingang ist für den Umgebungsluftdruck geöffnet (siehe Bild 5).

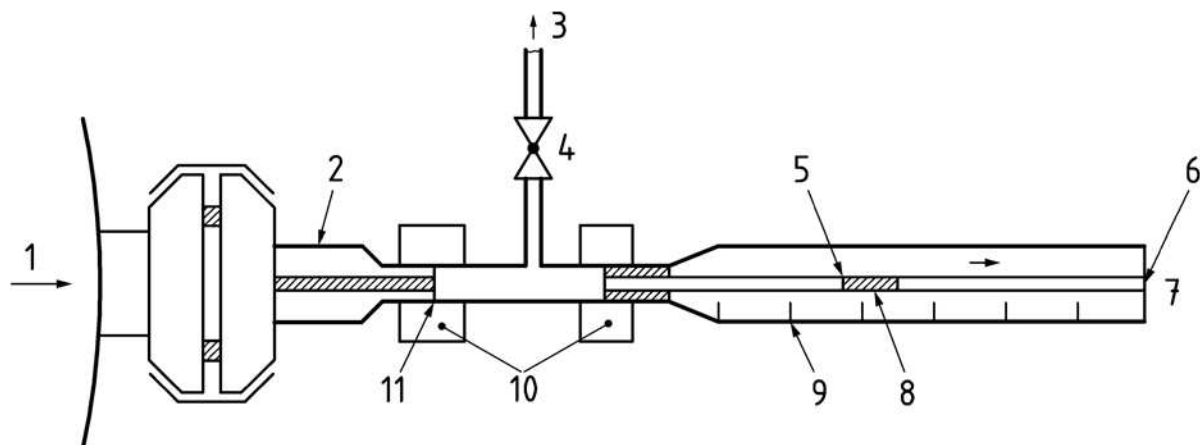
Wenn Normleckageraten erforderlich sind, muss der Absolutdruck am Ausgang weniger als 100 Pa betragen.

7.1.4 Messung

7.1.4.1 Druck zu Atmosphäre

Die Messung wird nach dem folgenden Verfahren durchgeführt:

- Der Gasfluss durch das zu kalibrierende Leck muss min. 1 h bei Nenndruck aufrechterhalten werden. Alle Verbindungsstücke müssen trocken und sauber sein;
- Das offene Ende der Kapillare muss in die Indikatorflüssigkeit getaucht werden, um einen Flüssigkeitskörper herzustellen;
- Dieser Flüssigkeitskörper muss dann langsam durch die Kapillare zum anderen Ende gezogen werden, indem vorsichtig mithilfe des Belüftungsventils gepumpt wird (wenn es kein Belüftungsventil gibt, muss die Kapillare getrennt, die Spitze in die Indikatorflüssigkeit getaucht und der Körper ersetzt werden);
- Das Belüftungsventil (falls vorhanden) muss geschlossen und die Zeit für die Bewegung der Hinterkante des Körpers über eine geeignete Distanz gemessen werden (min. $1,5 \times$ die erwartete Gasströmungsrate);
- Der Körper muss erneut positioniert (siehe oben) und die Schritte (a) bis (d) müssen mindestens dreimal wiederholt werden. Die Wiederholbarkeit der Messungen sollte innerhalb von $\pm 2\%$ liegen.



Legende

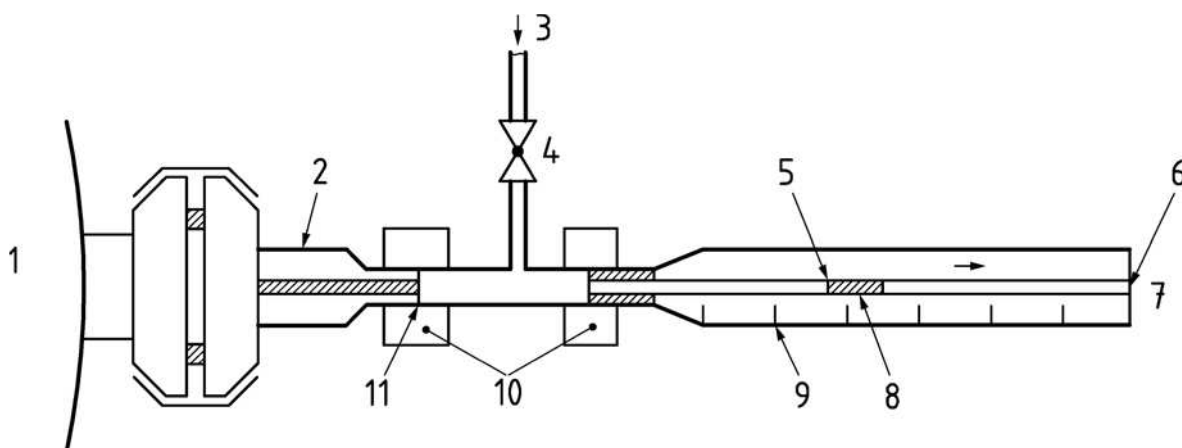
- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 Gasdruck vom Reservoir | 7 Atmosphäre |
| 2 Unbekanntes Leck | 8 Anzeigekörper |
| 3 Optionale Pumpverbindung (zur Initialisierung der Körperposition) | 9 Kalibrierungsmarkierungen |
| 4 Optionales Belüftungsventil | 10 Verbindungsrohre |
| 5 Hinterkante des Körpers | 11 Nullraum |
| 6 Innendurchmesser des Kapillarrohrs | |

Bild 4 — Einrichtung für Messung nach Verfahren C: Druck zu Atmosphäre

7.1.4.2 Atmosphäre zu Vakuum

Die Messung wird nach dem folgenden Verfahren durchgeführt:

- der Gasfluss durch das zu kalibrierende Leck muss min. 1 h bei Nenndruck aufrechterhalten werden. Alle Verbindungsstücke müssen trocken und sauber sein;
- das offene Ende der Kapillare muss in die Indikatorflüssigkeit getaucht werden, um einen Flüssigkeitskörper herzustellen;
- das Belüftungsventil muss geschlossen und die Zeit für die Bewegung der Vorderkante des Körpers über eine geeignete Distanz gemessen werden (min. $1,5 \times$ die erwartete Gasströmungsrate);
- der Flüssigkeitskörper muss mithilfe des Gasdrucks über das Belüftungsventil am Ende der Kapillare neu positioniert werden;
- Schritte (a) bis (d) mindestens dreimal wiederholen. Die Wiederholbarkeit der Messungen sollte innerhalb von $\pm 2 \%$ liegen.



Legende

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 Vakuum | 7 Atmosphäre |
| 2 Unbekanntes Leck | 8 Anzeigekörper |
| 3 Gasfüllverbindung | 9 Kalibrierungsmarkierungen |
| 4 Füllventil | 10 Verbindungsrohre |
| 5 Vorderkante des Körpers | 11 Nullraum |
| 6 Innendurchmesser des Kapillarrohrs | |

Bild 5 — Einrichtung für Messung nach Verfahren C: Atmosphäre zu Vakuum

7.1.5 Bewertung für Verfahren C (Direktflussmessung)

7.1.5.1 Bestimmung der Leckagerate

Die unbekannte Leckagerate wird gegeben durch:

$$Q_{PV} = p_{TA} \times \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

Dabei ist

Q_{PV} der Fluss (Flussmittel) bei Prüfbedingungen;

p_{TA} der Prüfdruck am Leckausgang;

ΔV das gesammelte Volumen;

Δt die Sammelzeit.

Messungen für Druck zu Atmosphäre müssen für den Dampfdruck der anzeigenden Flüssigkeit, für die Viskosität des Tracer-Gases und ebenso für den Einfluss des Drucks und der Temperatur korrigiert werden. Für die Nennleckagerate werden Referenzdruck und -temperatur in Abschnitt 4 angegeben. Die untenstehende Gleichung nimmt eine Laminarströmung in einem runden Rohr an (Hagen Poiseuille). Für jeden Lecktyp muss geprüft werden, ob diese Annahme zulässig ist. Andernfalls ist es notwendig, mit einer angemessenen Gleichung oder einer empirischen Korrektur zu rechnen.

Die Nennleckagerate muss nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$Q_N = Q_{PV} \times \frac{\eta_{ref}}{\eta_{test}} \times \frac{p_{ref,in}^2 - p_{ref,out}^2}{p_{test,in}^2 - p_{test,out}^2} \times \frac{p_{test,out} \times T_{ref}}{p_{ref,out} \times T_{test}} \times \frac{p_{ref,out}}{p_{ref,out} - (p_{v,ref} - p_{v,test})}$$

Dabei ist

Q_N die Nennleckagerate;

Q_{PV} der Fluss (Flussmittel) bei Prüfbedingungen;

η_{ref} die Viskosität von Gas bei Referenzbedingungen;

η_{test} die Viskosität von Gas bei Prüfbedingungen;

$p_{ref,in}$ der Referenzdruck am Leckeingang;

$p_{ref,out}$ der Referenzdruck am Leckausgang;

$p_{test,in}$ der Prüfdruck am Leckeingang;

$p_{test,out}$ der Prüfdruck am Leckausgang;

T_{ref} die Referenztemperatur;

T_{test} die Temperatur bei Prüfbedingungen;

$p_{v,ref}$ der Dampfdruck bei Referenzbedingungen;

$p_{v,test}$ der Dampfdruck bei Prüfbedingungen.

Messungen für Atmosphäre zu Vakuum müssen für den Dampfdruck nicht korrigiert werden, da Gas mit hoher Luftfeuchte in dieser Situation das Leck passiert.

Die Nennleckagerate wird gegeben durch:

$$Q_N = Q_{PV} \times \frac{\eta_{ref}}{\eta_{test}} \times \frac{p_{ref,in}^2 - p_{ref,out}^2}{p_{test,in}^2 - p_{test,out}^2} \times \frac{p_{test,out} \times T_{ref}}{p_{ref,out} \times T_{test}}$$

7.1.5.2 Berechnung der Messunsicherheit

Die Kalibrierung wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

- Prüfzeit;
- Prüfvolumen;
- Umgebungsdruck;
- Umgebungstemperatur;
- Dampfdruck;
- Prüfdruck.

Die Messunsicherheit muss nach den allgemeinen Richtlinien berechnet werden.

7.2 Leckmessung unter Wasser (Verfahren D)

7.2.1 Allgemeines

Dieses Verfahren gilt für Leitwertlecks im Bereich von $0,2 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 100 \text{ cm}^3/\text{min}$) bis zu ungefähr $8 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ($\sim 5\,000 \text{ cm}^3/\text{min}$).

Eine Kalibrierung von Atmosphäre zu Vakuum ist mit diesem Verfahren nicht möglich.

7.2.2 Prüfeinrichtungen

Lecks, die zu groß sind, um durch Verfahren C kalibriert zu werden, können kalibriert werden, indem das flüchtige Gas unter Wasser in einem kalibrierten Volumen eingefangen wird.

Ein Messglas mit kalibriertem Volumen, eine Stoppuhr, ein Temperaturmessgerät für Umgebungstemperatur und Wassertemperatur, ein Prüfdrucksensor und ein Sensor für den Umgebungsdruck sind hierfür erforderlich.

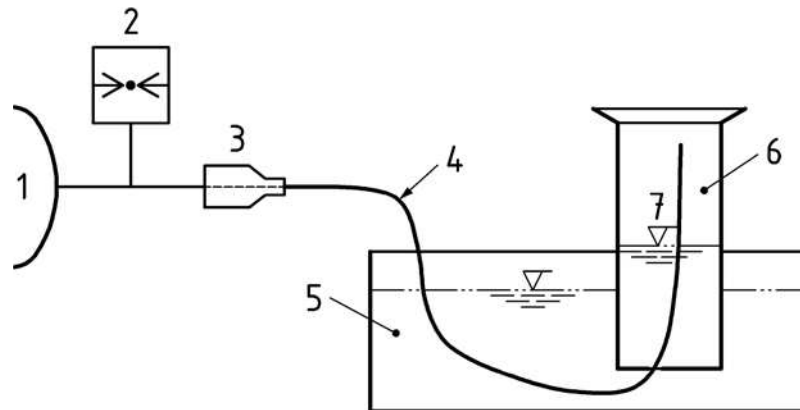
Da Leitwertlecks normalerweise nicht über ein Tracer-Gasreservoir verfügen, wird eine separate Tracer-Gasversorgung für die Kalibrierung benötigt.

7.2.3 Vorbereitung der Lecks und der Prüfeinrichtung

Das Messglas ist mit Wasser gefüllt. Das Wasser muss dieselbe Temperatur wie die Umgebung haben. Das Leck ist mit der Gasversorgung verbunden und die Leckströmung wird über einen Schlauch in das Messglas geleitet. Die Zeit zum Füllen eines bestimmten Volumens mit Gas muss aufgezeichnet werden.

Wenn der Eingangsdruck zu niedrig ist, ist der hydrostatische Druck nicht vernachlässigbar und der Durchschnittsdruck muss am Anfang überprüft werden. Dies wird erreicht, indem das Messglas mit der Hälfte des Volumens, das vom Kalibrierverfahren erwartet wird, gefüllt wird. Der sich ergebende Druck im Messglas wird als Auspuffdruck des Lecks genommen.

Außerdem müssen die Anforderungen für die Vorbereitung nach Verfahren C erfüllt werden.



Legende

- | | | | |
|---|---------------------|---|--------------|
| 1 | Prüfdruck | 5 | Wasserbecken |
| 2 | Druckmessgerät | 6 | Messglas |
| 3 | Unbekanntes Leck | 7 | Wasserstand |
| 4 | Verbindungsschlauch | | |

Bild 6 — Einrichtung für Messung nach Verfahren D

7.2.4 Messung

- Der Drucksensor muss direkt am Eingang des Referenzlecks platziert werden;
- Der Eingangsdruck am Referenzleck muss mit Auspuff zur Umgebung angepasst werden;
- Wassertemperatur und Umgebungstemperatur müssen innerhalb einer Toleranz von ± 1 K gleich sein;
- Das Messglas muss komplett mit Wasser gefüllt sein;
- Der Schlauch wird in das Messglas eingeführt und die Zeit muss gemessen werden, bis sich ein bestimmtes Gasvolumen im Messglas angesammelt hat;
- Schritte (b) bis (e) mindestens dreimal wiederholen. Die Wiederholbarkeit der Messungen muss innerhalb von ± 2 % liegen.

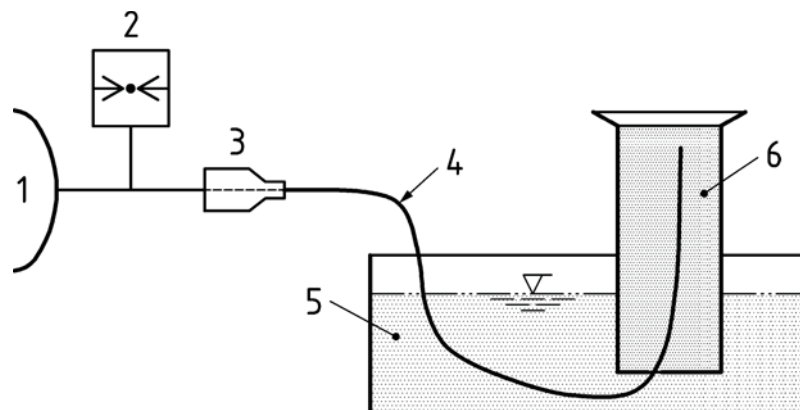


Bild 7 — Verfahren D: Startbedingung für die Messung

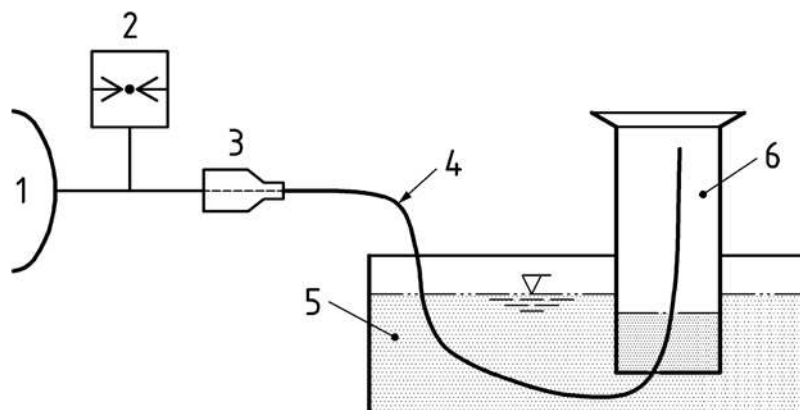


Bild 8 — Verfahren D: Endbedingung für die Messung

7.2.5 Bewertung für Verfahren D

Die Druckbedingung in der untenstehenden Gleichung basiert auf einer Laminarströmung in einem runden Rohr (Hagen Poiseuille). Für jeden Normlecktyp muss geprüft werden, ob diese Berechnung zulässig ist. Andernfalls ist es notwendig, mit einem empirischen Korrekturfaktor zu rechnen.

Die unbekannte Leckagerate wird gegeben durch:

$$Q_N = Q_{PV} \times \frac{\eta_{ref}}{\eta_{test}} \times \frac{p_{ref,in}^2 - p_{ref,out}^2}{p_{test,in}^2 - p_{test,out}^2} \times \frac{p_{test,out} \times T_{ref}}{p_{ref,out} \times T_{test}} \times \frac{p_{ref,out}}{p_{ref,out} - (p_{v,ref} - p_{v,test})}$$

Dabei ist

- Q_N die Nennleckagerate;
- Q_{PV} der Fluss (Flussmittel) bei Prüfbedingungen;
- η_{ref} die Viskosität von Gas bei Referenzbedingungen;
- η_{test} die Viskosität von Gas bei Prüfbedingungen;
- $p_{ref,in}$ der Referenzdruck am Leckeingang;
- $p_{ref,out}$ der Referenzdruck am Leckausgang;
- $p_{test,in}$ der Prüfdruck am Leckeingang;
- $p_{test,out}$ der Prüfdruck am Leckausgang;
- T_{ref} die Referenztemperatur;
- T_{test} die Temperatur bei Prüfbedingungen;
- $p_{v,ref}$ der Dampfdruck bei Referenzbedingungen;
- $p_{v,test}$ der Dampfdruck bei Prüfbedingungen.