

**Flüssige Kohlenwasserstoffe
Dynamische Messung
Prüfsysteme für volumetrische Meßgeräte**
Teil 2: Rohrprüfer
(ISO 7278-2 : 1988) Deutsche Fassung EN ISO 7278-2 : 1995

DIN
EN ISO 7278-2

ICS 75.180.30

Deskriptoren: Kohlenwasserstoff, Meßgerät, dynamische Prüfung, Rohr

Liquid hydrocarbons — Dynamic measurement, Proving systems for volumetric meters — Part 2: Pipe provers (ISO 7278-2 : 1988); German version EN ISO 7278-2 : 1995

Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique, Systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques — Partie 2: Tubes étalons (ISO 7278-2 : 1988); Version allemande EN ISO 7278-2 : 1995

Die Europäische Norm EN ISO 7278-2 : 1995 hat den Status einer Deutschen Norm.

Nationales Vorwort

Diese Europäische Norm fällt in den Zuständigkeitsbereich des Technischen Komitees CEN/TC 19 "Mineralölerzeugnisse, Schmierstoffe und verwandte Produkte" (Sekretariat: NNI, Niederlande). Die ihr zugrundeliegende Internationale Norm ISO 7278-2 : 1988 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 28 "Mineralölerzeugnisse und Schmierstoffe" (Sekretariat: ANSI/API, USA) ausgearbeitet.

Für die im Abschnitt 2 aufgeführten Internationalen Normen wird im folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 4267-2 siehe DIN EN ISO 4267-2

ISO 8222 siehe DIN EN ISO 8222

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 4267-2

Mineralöl und flüssige Mineralölerzeugnisse — Berechnung von Ölmengen — Teil 2: Dynamische Messung (ISO 4267-2 : 1988); Deutsche Fassung EN ISO 4267-2 : 1995

DIN EN ISO 8222

Mineralölmeßsysteme — Kalibrierung — Temperatur-Korrekturen bei der Anwendung volumetrischer Bezugsmeßsysteme (ISO 8222 : 1987); Deutsche Fassung EN ISO 8222 : 1995

Fortsetzung 19 Seiten EN

Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Fachausschuß Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des NMP im DIN

ICS 75.200

Deskriptoren: Mineralölerzeugnisse, Kohlenwasserstoffe, Flüssigkeitsströmung, Durchflußmeßgerät, Prüfung, dynamische Prüfung, Strömungsmessung

Deutsche Fassung

**Flüssige Kohlenwasserstoffe
Dynamische Messung
Prüfsysteme für volumetrische Meßgeräte
Teil 2: Rohrprüfer
(ISO 7278-2 : 1988)**

Liquid hydrocarbons — Dynamic measurement, Proving systems for volumetric meters — Part 2: Pipe provers (ISO 7278-2 : 1988)

Hydrocarbures liquides — Mesurage dynamique, Systèmes d'étalonnage des compteurs volumétriques — Partie 2: Tubes étalons (ISO 7278-2 : 1988)

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1995-09-09 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
0 Einleitung	2
1 Anwendungsbereich	3
2 Normative Verweisungen	3
3 Definitionen	3
4 Systembeschreibung	3
5 Wesentliche Anforderungen an die Leistungsfähigkeit	4
6 Geräte	4
7 Konstruktion von Rohrprüfer	6
8 Installation	8
9 Kalibrierung	9
Anhang A (normativ) Verwendung von Rohrprüfern mit vier Detektoren	16
Anhang B (informativ) Beispiel zur Berechnung der Konstruktionsparameter eines Rohrprüfers	19
Bild 1 Typisches einseitig ausgerichtetes Prüfsystem mit Rücklaufvorrichtung	13
Bild 2 Typisches zweiseitig ausgerichtetes Prüfsystem mit linear verschiebbarem Kolben	14
Bild 3 Typisches zweiseitig ausgerichtetes U-Prüfsystem mit Kugel	15
Bild 4 Simultaner Gebrauch von zwei Zählwerken bei einem Prüfer mit vier Detektoren	17
Bild 5 Zeitweiliger Anschluß der Zählwerke zur Messung von n_1 und n_2	18

Vorwort

Der Text der Internationalen Norm von ISO/TC 28 "Petroleum products and lubricants" der Internationalen Organization for Standardization (ISO) wurde als Europäische Norm durch das Technische Komitee CEN/TC 19 " Mineralölerzeugnisse, Schmierstoffe und verwandte Produkte" übernommen.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 1996, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 1996 zurückgezogen werden.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen:

Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm ISO 7278-2 : 1988 wurde von CEN als Europäische Norm ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

0 Einleitung

Rohrprüfer werden als Standardvolumenmaße für die Kalibrierung von Flüssigkeitsmeßgeräten benutzt. Dieser Teil von ISO 7278 identifiziert die wesentlichen Elemente eines Rohrprüfers und beschreibt die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit, Konstruktion, Installation und Kalibrierung. In diesem Teil werden Rohrprüfer des Start-und-Stop-Typs behandelt, d. h. der Materialfluß wird während des Prüfvorgangs nicht unterbrochen, so daß das Meßgerät bei üblichen Betriebsbedingungen geprüft werden kann. Dieser Prüfer-Typ besitzt einen kalibrierten Rohrabchnitt, in dem sich ein Verdränger bewegt und Detektoren auslöst; diese produzieren elektrische Signale, sobald der Verdränger das jeweilige Ende eines kalibrierten Abschnitts passiert. Sobald der Verdränger am Ende eines Laufes in eine Region eintritt, in der der Materialfluß an ihm vorbeigeleitet wird, bleibt er schließlich stehen.

Stationäre wie mobile Prüfer können nach diesem Prinzip konstruiert sein. Der kalibrierte Abschnitt des Prüfers kann entweder gerade oder gefaltet (in U-Form) verlaufen und von der Konstruktion her so beschaffen sein, daß der Verdränger eine geschlossene Runde entweder in eine Richtung (einseitig ausgerichtet) oder in beide Richtungen (zweiseitig ausgerichtet) macht.

Die Norm ISO 7278 unter dem allgemeinen Titel "Flüssige Kohlenwasserstoffe — Dynamische Messung — Prüfsysteme für volumetrische Meßgeräte" enthält folgende Teile:

- Teil 1: Allgemeine Grundlagen
- Teil 2: Rohrprüfer
- Teil 3: Impuls-Interpolationstechniken

Anhang A ist Bestandteil dieses Teils von ISO 7278. Anhang B dient lediglich Informationszwecken.



1 Anwendungsbereich

1.1 Dieser Teil von ISO 7278 behandelt Konstruktion, Installation und Kalibrierung von Rohrprüfern. Die Berechnungstechniken für das Kalibrieren und den Betrieb von Prüfern werden in ISO 4267-2 detailliert beschrieben.

1.2 Dieser Teil von ISO 7278 ist größtenteils allgemein gehalten im Hinblick auf Rohrprüfer, die bei unterschiedlichen Flüssigkeiten und Meßgerät-Typen benutzt und bei unterschiedlichen Betriebsabläufen geprüft werden können. Dieser Teil der Norm ISO 7278 bezieht sich nicht auf die neueren "Kleinvolumen"- oder "Compact"-Prüfer.

1.3 ISO 5024 gibt als Standardbedingungen für die Mineralölmessung eine Temperatur von 15 °C und einen Druck von 101325 Pa vor.

ANMERKUNG: In einigen Ländern sind andere Temperaturen üblich, z. B. 20 °C und 60 °F.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil der vorliegenden Internationalen Norm sind. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Internationalen Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig. Alle normativen Dokumente unterliegen der Überarbeitung. Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf dieser Internationalen Norm basieren, werden gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten Normen angewendet werden können. Die Mitglieder von IEC und ISO führen Verzeichnisse der gegenwärtig gültigen Internationalen Normen.

ISO 2715

Liquid hydrocarbons — Volumetric measurement by turbine meter systems

ISO 4267-2

Petroleum and liquid petroleum products — Calculation of oil quantities — Part 2: Dynamic measurement¹⁾*)

ISO 5024

Petroleum liquids and gases — Measurement — Standard reference conditions

ISO 7278-3

Liquid hydrocarbons — Dynamic measurement — Proving systems for volumetric meters — Part 3: Pulse interpolation techniques

ISO 8222

Petroleum measurement systems — Calibration — Temperature corrections for use with volumetric reference measurement systems

3 Definitionen

Für die Anwendung von diesem Teil von ISO 7278 gelten folgende Definitionen:

3.1 Basisvolumen: Das Volumen des kalibrierten Prüfzylinderabschnitts, d. h. der Abstand zwischen den Detektoren bei vorgegebenen Standardbedingungen von Temperatur und Druck.

¹⁾ Liegt z. Z. als Entwurf vor.

*) Nationale Fußnote: liegt mit Ausgabe 1988-12 vor

3.2 K-Faktor: Das Verhältnis der Anzahl elektrischer Impulse, die ein Meßgerät während des Prüfvorganges liefert, zum Volumen der Flüssigkeit, die durch das Meßgerät strömt.

3.3 Meterfaktor: Das Verhältnis des durch ein Meßgerät tatsächlich fließenden Volumens zu dem vom Meßgerät angezeigten Flüssigkeitsvolumen.

3.4 Kalibrierung des Prüfgerätes: Die Methode zur Bestimmung des Basisvolumens eines Prüfers.

3.5 Prüfvorgang; Prüfung: Die Bestimmung des Meter- oder K-Faktors.

3.6 Bereich: Die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert einer Reihe von Ergebnissen.

4 Systembeschreibung

4.1 Allgemeines

4.1.1 Es existieren mehrere Typen von Rohrprüfern, die alle relativ einfach und im Handel erhältlich sind. Alle Typen arbeiten nach dem gleichen Prinzip, nämlich der präzise gemessenen Verdrängung des Flüssigkeitsvolumens in einem kalibrierten Rohrabschnitt, an dessen Enden sich jeweils ein signalauslösender Detektor befindet. Durch diesen Rohrabschnitt wird mit Hilfe des zu messenden Materialflusses ein Verdränger (Kolben oder Kugel mit etwas Übergröße) geschoben. Während der Verdränger sich zwischen den beiden Detektoren bewegt, werden die Signale des Meßgerätes automatisch aufgezeichnet. Es gibt automatische Rohrprüfer und solche, die manuell bedient werden.

4.1.2 Ein Meßgerät, das bei kontinuierlichem Materialfluß geprüft werden soll, wird beim Prüfvorgang an ein Zählwerk angeschlossen, das mit Hilfe von signalauslösenden Detektoren unverzüglich gestartet oder gestoppt werden kann. Üblicherweise werden Zählwerke mit elektronischen Impulszählvorrichtungen verwendet. Gestartet und gestoppt wird das Zählwerk durch den Verdränger, durch den der jeweilige Detektor am Ende eines kalibrierten Abschnitts ausgelöst wird.

4.1.3 Man unterscheidet zwei Grundtypen von Rohrprüfern: die einseitig ausgerichteten und die zweiseitig ausgerichteten. Beim einseitig ausgerichteten Prüfer kann der Verdränger lediglich in eine Richtung durch den Prüfabschnitt fahren und wird mit Hilfe einer Transfervorrichtung zu seiner Ausgangsposition zurückgebracht. Beim zweiseitig ausgerichteten Prüfer kann der Verdränger zunächst in eine Richtung und anschließend in die andere laufen. Daher ist er mit einem Mechanismus ausgestattet, der den Materialfluß im Rohrprüfer umkehrt.

4.1.4 Einseitig wie zweiseitig ausgerichtete Prüfer müssen so konstruiert sein, daß der gesamte Materialfluß, der durch das zu prüfende Meßgerät fließt, auch durch den Prüfer fließt.

4.2 Einseitig ausgerichtete Prüfer

4.2.1 Je nachdem, wie der Verdränger bedient wird, lassen sich einseitig ausgerichtete Prüfer in zwei Kategorien einteilen: Prüfer mit manueller Rücklaufvorrichtung (In-line-Typ), gelegentlich als "Meßstrecken"-Typ bezeichnet, sowie automatische oder Umlaufprüfer, oft als "Endlos-Schleifen"-Typ bezeichnet.

a) Beim einseitig ausgerichteten Prüfer mit manueller Rücklaufvorrichtung handelt es sich um die Grundform eines In-line-Prüfers, bei dem ein Rohrabschnitt als Prüfabschnitt dient. Der ganze gemessene Flüssigkeitsstrom kann ununterbrochen durch den Prüfer fließen, auch dann, wenn der Prüfer gerade nicht in Betrieb ist. Die Detektoren befinden sich an bestimmten Punkten, die das kalibrierte Volumen des Prüfabschnitts definieren. Stromaufwärts vom Prüfabschnitt befindet sich ein Gerät, das den Verdränger in Gang setzt; an einem beliebigen Punkt stromabwärts vom Prüfabschnitt sind Auffangvorrichtungen installiert. Gewöhnlich handelt es sich dabei um konventionelle Start- und Auffang-Kontaktvorrichtungen. Ein Prüfdurchgang läuft folgendermaßen ab: der Verdränger (eine Kugel oder ein speziell angefertigter Kolben) wird in Gang gesetzt, er durchquert den kalibrierten Abschnitt, wird stromabwärts in Empfang genommen und anschließend manuell zu seiner Ausgangsposition zurückgebracht.

b) Der einseitig ausgerichtete Prüfer mit automatischer Rücklaufvorrichtung (Endlos-Schleife) ist aus dem in 4.2.1 a) beschriebenen Prüfer entwickelt worden und wird in Bild 1 veranschaulicht. In dieser Endlos-Schleife sind die Rohrleitungen so angeordnet, daß das Stromabwärtsende des Schleifenabschnitts das Stromabwärtsende der Schleife oberhalb kreuzt. Durch den hier stattfindenden Austausch kann der Verdränger vom Stromabwärtsende zum Stromaufwärtsende der Schleife befördert werden, ohne daß er dabei vom Prüfer entfernt zu werden braucht. Die Verdränger-Detektoren befinden sich im Schleifenabschnitt in angemessenem Abstand vom Austausch-Ort. Solche Prüfer-Endlos-Schleifen können manuell bedient werden oder automatisiert sein, so daß beim Prüfen eines Meßgerätes sämtliche Schritte durch einen einzigen Vorgang ausgelöst werden können. Der gemessene Flüssigkeitsstrom darf auch dann durch den Prüfer laufen, wenn dieser gerade nicht zum Prüfen benötigt wird; sofern nicht ausdrücklich gewünscht, braucht der Prüfer nicht von der Trägerleitung isoliert zu werden. So können mehrere unterschiedliche Typen von Flüssigkeiten nacheinander durch den Prüfer laufen, was einer Selbstspül-Aktion gleichkommt, die eine Vermischung der Flüssigkeiten auf ein Minimum herabsetzt und gleichzeitig für Temperaturbeständigkeit sorgt.

4.2.2 Der Prüfdurchgang für ein Meßgerät in einem einseitig ausgerichteten Prüfsystem besteht aus einem einzigen Durchlauf in eine Richtung; daher ist das Basisvolumen beim einseitig ausgerichteten Prüfer gleich dem Flüssigkeitsvolumen, das zwischen den Detektoren während eines einzigen Verdrängerdurchlaufs verschoben wurde, wobei Temperatur und Druck auf Standardbedingungen zu korrigieren sind.

4.3 Zweiseitig ausgerichtete Prüfer

Im zweiseitig ausgerichteten Prüfer gibt es einen Rohrabschnitt, in dem der Verdränger hin- und herläuft, an jedem Ende des kalibrierten Abschnitts einen Detektor auslöst und am Schluß jedes Durchgangs seinen Betrieb einstellt, sobald er in eine Region kommt, wo der Materialfluß um ihn herumfließen kann oder wo eine Ventiltätigkeit den Materialfluß umleitet. Entsprechende Zusatzrohre sowie ein Umsteuerventil oder Regelventile, die entweder manuell oder automatisch gesteuert werden, ermöglichen eine Umkehrung des Materialflusses durch den Prüfer. Das Hauptstück beim Prüfer ist meist ein gerade verlaufendes Stück Rohr (siehe Bild 2); es kann allerdings auch eine angepaßte Form haben oder gefaltet sein (siehe Bild 3),

um beispielsweise beweglich zu sein oder einen Zwischenraum auszufüllen. Beim gefalteten oder angepaßten Rohrtyp wird üblicherweise eine Kugel als Verdränger verwendet, im geraden Rohrtyp ein Kolben. Der Prüflauf eines Meßgerätes besteht üblicherweise aus einem "Rundlauf" des Verdrängers; das verdrängte Volumen in diesem Prüfertyp ist die Summe der verdrängten Volumina von zwei sukzessiven Einzelfahrten in entgegengesetzte Richtungen.

5 Wesentliche Anforderungen an die Leistungsfähigkeit

Ein Rohrprüfer muß so konstruiert sein, daß er die im folgenden aufgeführten Anforderungen erfüllt.

5.1 Kurzzeit-Wiederholbarkeit

Wird ein einseitig ausgerichteter Prüfer mit Hilfe des Master-Meter-Verfahrens kalibriert, müssen die Ergebnisse von fünf aufeinanderfolgenden Kalibrierungsdurchgängen in einem Bereich von 0,02 % liegen. Wird ein zweiseitig ausgerichteter Prüfer mit Hilfe des Master-Meter-Verfahrens kalibriert, müssen die Ergebnisse von fünf aufeinanderfolgenden Durchgängen, von denen jeder einzelne einen Rundlauf des Verdrängers darstellt, in einem Bereich von 0,02 % liegen.

Bei einer Kalibrierung unter Verwendung der volumetrischen oder der gravimetrischen Wasserfüll-Methode müssen die Ergebnisse von drei aufeinanderfolgenden Kalibrierdurchgängen eine Kurzzeit-Wiederholbarkeit von 0,02 % haben.

Wird mit dem Prüfer ein Hochleistungs-Durchflußmeßgerät geprüft — beispielsweise bei gewerblichem Umschlag oder fiskalischen Messungen —, müssen die Ergebnisse von fünf aufeinanderfolgenden Prüfvorgängen in einem Bereich von 0,05 % liegen.

5.2 Ventilsitz

Die Kugel-Wechseinheit in einem einseitig ausgerichteten Prüfer oder das (die) Materialflußventil(e) in einem zweiseitig ausgerichteten Prüfer müssen fest montiert und dichtschießend sein, bevor der Verdränger auf den ersten Detektor trifft (damit sich der Verdränger mit voller Geschwindigkeit bewegen kann). Undichte Stellen bei diesen und allen anderen Ventilen können die Prüfgenaugkeit beeinträchtigen; die Ventile müssen daher mit einer Vorrichtung versehen sein, an der erkennbar ist, ob sie beim Prüfvorgang dichthalten.

5.3 Stoßfreiheit

Arbeitet der Prüfer bei seiner maximalen Durchflußrate, muß der Verdränger sicher und ohne Stoßwirkung am Ende seines Laufes zum Stillstand kommen.

5.4 Kavitationsfreiheit

Arbeitet der Prüfer bei seiner maximalen Durchflußrate und mit den seiner Konstruktion entsprechenden Flüssigkeiten, muß im vorgeschriebenen Druck- und Temperaturbereich sowohl im Prüfer als auch in den Ventilen oder anderswo jedes Kavitationsrisiko vermieden werden.

6 Geräte

6.1 Werkstoffe und Herstellung

6.1.1 Die Werkstoffe zur Herstellung eines Prüfers sind so auszuwählen, daß sie den Vorgaben für Druckstufe und

Anwendungsbereich des Prüfsystems entsprechen. Bei der Auswahl der Rohre, Rohransatzstücke und Kniestücke ist auf deren innere Rundheit und Glätte zu achten.

6.1.2 Bereits bei der Herstellung der Prüfer muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß eine genaue Ausrichtung und Mittigkeit der Rohrverbindungen sichergestellt ist. Schweißnähte auf dem Verdrängerweg sind von innen zu schmirgeln; die Konstruktion muß diese Forderung vorsehen. Alle Schweißarbeiten sind nach den entsprechenden Vorgaben auszuführen.

6.1.3 Wenn der Prüfabschnitt im Inneren mit einem Belag aus einem Material beschichtet ist, das eine harte, glatte und dauerhafte Oberflächenschicht bildet, werden Korrosion und Verschleiß hinausgezögert; die Lebensdauer von Verdränger und Prüfer wird folglich erhöht. Es hat sich gezeigt, daß eine Innenschicht besonders zweckmäßig ist, wenn der Prüfer mit Flüssigkeiten arbeitet, die nur geringe Schmiereigenschaft besitzen, wie beispielsweise Ottokraftstoff oder Flüssiggas.

6.2 Temperatur-Konstanz

Eine Temperatur-Konstanz ist üblicherweise zu erreichen, wenn die Flüssigkeit kontinuierlich durch den Prüferabschnitt (mit oder ohne Isoliermaterial) zirkuliert. Auch wenn ein großer Teil des Prüfers unterirdisch liegt und die Flüssigkeiten nahezu Bodentemperatur haben, ist zusätzliches Isoliermaterial meist nicht erforderlich. Bei Prüfern, die oberirdisch installiert werden, ist durch Wärmedämmung eine bessere Temperatur-Konstanz zu erreichen. Ebenfalls empfehlenswert ist eine Wärmedämmung bei hohem Temperaturgefälle am Prüfrohr entlang, so beispielsweise bei erwärmten Produkten.

6.3 Temperaturmessungen

Temperaturen sind mit einer Grenzabweichung von nicht mehr als $\pm 0,5$ °C zu messen. Das macht den Einsatz von Temperatursensoren erforderlich, denen eine Fehlergrenze von $\pm 0,2$ °C oder besser bescheinigt wird. Die Temperatursensoren sind in den Senken am Ein- und Ausgang des Prüfers zu installieren, und zwar an Stellen, die sowohl bei üblicher Tätigkeit als auch während der Kalibrierung aktiven Materialfluß erfahren. Bei großen Rohren sind die Senken mindestens 100 mm tief einzusetzen, bei kleinen Rohren so nahe wie möglich bis zur Hälfte des Durchmessers. Die Senken sind mit einem geeigneten Wärmeübertragungsmedium zu füllen. Falls Quecksilber-Thermometer verwendet werden, müssen sie so beschaffen sein, daß sie auch dann ablesbar sind, wenn sie bis zur empfohlenen Tiefe in das Wärmeübertragungsmedium eintauchen. Wichtig ist, daß die Senke mit einem Temperatursensor ausgestattet ist, der die entsprechenden Eintauchanforderungen erfüllt.

6.4 Druckmessung

Druckmeßgeräte müssen bis zu Drücken von 2 500 kPa (25 bar) mit einer Fehlergrenze von weniger als ± 50 kPa ($\pm 0,5$ bar) messen können, bei höheren Drücken bis $\pm 2\%$ des Arbeitsdruckes.

6.5 Verdrängertypen

6.5.1 Ein vorwiegend in Rohrprüfern verwendeter Verdrängertyp ist eine Elastomer-Kugel, die unter Druck mit einer Flüssigkeit gefüllt ist und sich ausdehnt, so daß ihr kleinster Durchmesser etwas größer ist als der Innendurchmesser des Rohrprüfers. Der Durchmesser muß so groß sein, daß zwar ein dichter Verschuß sichergestellt

ist, aber keine übermäßige Reibung entsteht; das ist üblicherweise zu erreichen, indem man die Kugel so weit dehnt, daß sie einen Durchmesser bekommt, der mindestens 2% größer ist als der Innendurchmesser des Rohrprüfers. Allgemein gilt, daß dieser Prozentsatz um so höher sein muß, je größer die Kugel ist. Eine zu geringe Ausdehnung der Kugel kann zu undichten Stellen hinter der Kugel und folglich Meßfehlern führen. Eine zu weite Ausdehnung der Kugel muß nicht unbedingt die Abdichtung verbessern und wird lediglich zur Folge haben, daß die Kugel schneller verschleißt und eine ungleichmäßige Form annimmt. Äußerst sorgfältig ist darauf zu achten, daß kein Gas in der Kugel bleibt. Das Elastomer muß gegenüber den Einsatzflüssigkeiten möglichst undurchlässig sein und seine mechanischen Eigenschaften (besonders seine Elastizität) auch unter Betriebsbedingungen bewahren. Der Gefrierpunkt der Kugelflüssigkeit muß unter jeder der vorhersehbaren Temperaturen liegen. Meist werden Wasser oder Wasser-Glykol-Mischungen eingesetzt.

6.5.2 Ein zylindrischer Kolben mit entsprechenden Dichtungen stellt einen zweiten Verdrängertyp dar. Letzterer ist häufig in geraden Rohrprüfern anzutreffen, die innen gehont sind, so daß ausreichende Abdichtung sichergestellt ist.

6.5.3 Andere Verdrängertypen sind zulässig, wenn sie genauso effizient arbeiten wie die beiden in 6.5.1 und 6.5.2 beschriebenen Typen.

6.6 Ventile

6.6.1 Bei Prüfungen mit niedrigem Differentialdruck müssen alle Ventile im Rohrprüfsystem, die zum Umströmen der Flüssigkeit um den Prüfer, den Verdränger oder das Meßgerät beitragen oder undichte Stellen zwischen Prüfer und Meßgerät verursachen können, blasendicht sein. An den Ventilen muß es eine Vorrichtung geben, mit deren Hilfe sich ihre Dichtungsfähigkeit während des Prüfungsvorgangs überprüfen läßt. Falls zur Aufrechterhaltung dieser Abdichtung statt eines Ventils eine Kugel oder mehrere Kugeln verwendet werden, ist deren Dichtungsfähigkeit ebenfalls zu prüfen.

6.6.2 Die gesamte Tätigkeit des Materialfluß-Umsteuerventils oder der Ventile im zweiseitig ausgerichteten Prüfer oder des Wechselventils im einseitig ausgerichteten Prüfer mit Rücklaufvorrichtung muß beendet sein, bevor der Verdränger den ersten Detektor auslöst. Damit wird sichergestellt, daß die Flüssigkeit nicht um den Prüfer herumgeleitet werden kann, wenn der Verdränger durch den kalibrierten Abschnitt fährt. Die erforderliche Entfernung zwischen der Ausgangsposition des Verdrängers und dem ersten Detektor — meist als Vorlauf bezeichnet — hängt von der Arbeitszeit des Ventils sowie der Geschwindigkeit des Verdrängers ab. Um diesen Vorlauf zu verkürzen, sind folgende Verfahren zulässig: entweder schnellere Ventiltätigkeit oder verzögerter Verdrängerstart. Allerdings ist bei der Konstruktion darauf zu achten, daß das System weder hydraulischen Stößen noch einem zusätzlichen unerwünschten Druckabfall ausgesetzt ist. Wird zur Materialflußlenkung mehr als ein Ventil verwendet, müssen alle Ventile miteinander verbunden werden; damit soll ausgeschlossen werden, daß Stöße durch eine falsche Arbeitsabfolge verursacht werden.

6.7 Kalibrierte Abschnitte

Der Prüfer ist mit Anschlüssen zu versehen, die ein Kalibrieren mit Hilfe der Wasserfüll-Methode oder des Master-Meters zu einem späteren Zeitpunkt ermöglichen (siehe Bilder 1, 2 und 3).

