

DIN EN 17694-2

ICS 17.120.10

Einsprüche bis 2021-11-10

Entwurf

**Hydrometrie –
Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für
Wasserüberwachungsgeräte –
Geräte zur Bestimmung des Durchflusses –
Teil 2: Messgeräte für geschlossene Rohrleitungen;
Deutsche und Englische Fassung prEN 17694-2:2021**

Hydrometry –
Performance requirements and test procedures for water monitoring equipment –
Devices for the determination of flow –
Part 2: Closed conduit instrumentation;
German and English version prEN 17694-2:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-09-10 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 von 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 naw@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 Wasserwesen (NAW), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, 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 96 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17694-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 318 „Hydrometrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 0119-01-05 AA „Hydrometrie (CEN/TC 318, ISO/TC 113)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

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

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Titel de: Hydrometrie — Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für
Wasserüberwachungsgeräte — Geräte zur Bestimmung des
Durchflusses — Teil 2: Messgeräte für geschlossene Rohrleitungen

Titel en: Hydrometry — Performance requirements and test procedures for water
monitoring equipment — Devices for the determination of flow — Part 2:
Closed conduit instrumentation

Titel fr:

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole	8
5 Kurzbeschreibung.....	9
6 Allgemeine Anforderungen.....	10
6.1 Anforderungen an Messgeräte für geschlossene Rohrleitungen.....	10
6.2 Anforderungen an die zugehörige Dokumentation	10
7 Leistungsanforderungen.....	12
7.1 Angabe von Leistungsanforderungen	12
7.2 Leistungsanforderungen.....	12
7.3 Datenspeicherung.....	13
7.4 Anforderungen an die Umgebung.....	14
7.5 Anforderungen an die Wassertemperatur.....	14
7.6 Einflüsse der Installation.....	14
7.7 Anforderungen bei der Feldprüfung	14
8 Prüfung.....	15
8.1 Allgemeine Anforderungen an die Prüfung.....	15
8.2 Laborprüfbedingungen.....	15
8.3 Bericht.....	17
9 Laborprüfverfahren.....	17
9.1 Leitfaden für die Erstellung eines Prüfplans.....	17
9.2 Verifizierung durch Inspektion	20
9.3 Leistungsprüfungen.....	20
9.3.1 Ausfall der Spannungsversorgung (für elektronische CCIs).....	20
9.3.2 Systematische Abweichung und Wiederholpräzision	21
9.3.3 Versorgungsspannung.....	21
9.3.4 Ausgangsimpedanz	22
9.3.5 Wassertemperatur.....	22
9.3.6 Umgebungslufttemperatur und relative Luftfeuchte.....	23
9.3.7 Sensorort.....	24
9.3.8 Vorhandensein von elektrischen Streuströmen.....	24
9.3.9 Bidirektionaler Durchfluss	25
9.3.10 Umkehr der Fließrichtung	26
9.3.11 Zusatzeinrichtungen.....	26
9.3.12 Effekt des Rohrleitungswerkstoffs.....	26
9.3.13 Effekt der Rohrleitungsgröße	27
9.3.14 Füllstand	28
9.3.15 Ansprechzeit.....	28
10 Feldprüfverfahren	29
10.1 Ziel der Feldprüfung.....	29

10.2	Feldprüfplan.....	29
10.3	Anforderungen bei der Feldprüfung.....	29
10.4	Abweichung unter Feldprüfbedingungen.....	30
10.5	Ausfallfreie Zeit.....	30
10.6	Wartung.....	31
Anhang A (normativ) Evaluierung der Prüfdaten.....		33
A.1	Einleitung.....	33
A.2	Systematische Abweichung.....	33
A.3	Wiederholpräzision.....	34
A.4	Effekt der Einflussgrößen.....	34
A.5	Kombinierte Leistungsanforderung.....	35
A.6	Praxisbeispiel.....	36
A.6.1	Systematische Abweichung.....	36
A.6.2	Wiederholpräzision.....	37
A.6.3	Einflussbedingungen.....	37
A.7	Praxisbeispiel – Feldprüfungen.....	39
Anhang B (informativ) Referenzverfahren.....		42
B.1	Laborverfahren.....	42
B.2	Feldverfahren (<i>in situ</i>).....	42
Anhang C (informativ) Unsicherheit der Referenz und Fehlerrechnung.....		43
Anhang D (informativ) Muster-Berichtsbogen.....		45
Literaturhinweise.....		48

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 17694-2:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 318 „Hydrometrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Diese Norm wird in zwei Teilen veröffentlicht:

- prEN 17694-1, *Hydrometrie — Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für Wasserüberwachungsgeräte — Geräte zur Bestimmung des Durchflusses — Teil 1: Messgeräte für offenes Gerinne*
- prEN 17694-2, *Hydrometrie — Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für Wasserüberwachungsgeräte — Geräte zur Bestimmung des Durchflusses — Teil 2: Messgeräte für geschlossene Rohrleitungen*

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelsassoziation CEN erteilt haben.

Einleitung

Dieses Dokument ist eine Produktnorm für Messgeräte für die Bestimmung des Durchflusses von Wasser in geschlossenen Rohrleitungen (zum Beispiel Abwasserabflüsse aus industriellen Anlagen und Abwässern aus der Abwasseraufbereitung, Bewässerungsgerinne und Wassertransportgerinne). Ein Messgerät für geschlossene Rohrleitungen (en: closed conduit instrument, CCI) ist üblicherweise fest positioniert und wird hauptsächlich verwendet, um den Volumenstrom und/oder das Gesamtdurchflussvolumen zu messen. Bestimmte CCIs, zum Beispiel Coriolisgeräte, messen den Massenstrom und/oder den gesamten Massendurchfluss, aus dem der Volumenstrom anhand der Dichte der Flüssigkeit abgeleitet werden kann. Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen, Mindest-Leistungsanforderungen und Prüfverfahren fest. Ein CCI, für das die Erfüllung der allgemeinen Anforderungen und der Leistungsanforderungen durch Prüfungen nachgewiesen ist, wird als gebrauchstauglich angesehen. Dieses Dokument behandelt jedoch nicht die Installation und den laufenden Betrieb eines CCI und schließt auch keine Messgeräte ein, die einer gesonderten gesetzlichen Kontrolle unterliegen, zum Beispiel durch die Messgeräte Richtlinie.

In diesem Dokument wird durchgängig das Akronym „CCI“ verwendet, außer dort, wo die konkrete Benennung eines bestimmten Typs oder einer bestimmten Komponente (zum Beispiel eines Sensors) eines Geräts erforderlich ist.

Die in diesem Dokument angegebenen allgemeinen Anforderungen und Leistungsanforderungen sind von der Messtechnologie unabhängig und für alle CCIs anwendbar. Die allgemeinen Anforderungen umfassen verschiedene Merkmale, die notwendig sind, um den Anwendungen des Nutzers zu entsprechen, sowie Informationen, die in die zugehörigen Dokumente aufgenommen werden sollten.

Die Leistungsprüfungen umfassen Prüfungen, die unter Labor- und unter Feldbedingungen vorgenommen werden. Sie sind darauf ausgelegt, die Fähigkeit eines CCI, zuverlässige Messungen vorzunehmen, auf systematische und konsistente Weise zu bestimmen. Die Prüfung konzentriert sich auf wesentliche Leistungskenngrößen. Es werden statistische Verfahren für die Evaluierung der Prüfdaten festgelegt.

Messbereiche werden nicht als Teil der Leistungsanforderungen angegeben, obwohl ein Mindestverhältnis (maximaler Messwert:minimaler Messwert) angegeben wird. Es obliegt dem Hersteller des CCI, den Messbereich festzulegen, über den die Erfüllung der Leistungsanforderungen durch die festgelegten Prüfverfahren nachgewiesen wird. Ebenso obliegt es dem Hersteller des CCI, über die bestimmungsgemäßen Verwendungen (Anwendungen) zu entscheiden, die in das Design des Feldversuchs einfließen.

Wasserüberwachungsgeräte werden verbreitet für die Überwachung der Einhaltung nationaler und europäischer Rechtsvorschriften verwendet.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen, Mindest-Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für Messgeräte fest, die für die Messung des Volumenstroms und/oder des Gesamtdurchflussvolumens von Wasser in geschlossenen Rohrleitungen verwendet werden. Es deckt alle Technologien für Messgeräte für geschlossene Rohrleitungen (CCIs) ab, die für den Betrieb in geschlossenen Druckleitungen und teilgefüllten Rohren vorgesehen sind. Die Anforderungen werden als Volumeneinheiten angegeben, die anhand der Flüssigkeitsdichte in eine Masse umgerechnet werden können.

Es ist bekannt, dass bestimmte Prüfungen für einige CCI's nicht durchgeführt werden können.

Die bei der Prüfung von CCI's in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Messgeräte-richtlinie [1] oder den Anforderungen nach EN ISO 4064-1 [2] gewonnenen Daten können teilweise verwendet werden, um die Einhaltung der in diesem Dokument festgelegten Anforderungen nachzuweisen. Zur Klarstellung wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Einhaltung der Anforderungen dieses Dokuments nicht mit der Einhaltung der Anforderungen der Messgeräte-richtlinie oder der Anforderungen nach EN ISO 4064-1 gleichgesetzt werden kann.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

kombinierte Leistungsanforderung

Kombination einzelner Leistungsanforderungen

3.2

Rohrleitung

Rohr, durch das Wasser strömt

3.3

Messgerät für geschlossene Rohrleitungen

CCI, en: closed conduit instrument

Gerät, das den Volumenstrom oder das aufsummierte Volumen des eine Rohrleitung durchfließenden Wassers misst oder diese Größen aus Messungen einer oder mehrere Eigenschaften berechnet, die in einer definierten Beziehung zum Volumenstrom stehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Messgerät für geschlossene Rohrleitungen kann zum Beispiel ein vollständiges Durchflusssystem umfassen, etwa einen Durchflusssensor und einen Sender, ein mechanisches CCI einschließlich etwaiger für die Ableitung eines elektronischen Ausgangs notwendiger Zusatzeinrichtungen, ein aus einem Wassergeschwindigkeitssensor mit einem Wasserstandssensor sowie zugehöriger Elektronik und einem Durchflussrechner bestehendes Flächengeschwindigkeits-CCI, ein individuell gefertigter Pegel mit einem Wasserstandssensor sowie zugehöriger Elektronik und einem Durchflussrechner oder ein nicht normiertes Primärgerät mit einem Differenzdrucksensor sowie zugehöriger Elektronik und einem Durchflussrechner.

3.4

Bestimmungsgröße

zu messende Eigenschaft

3.5

erweiterte Unsicherheit

U

Produkt einer kombinierten Messunsicherheit und eines Faktors größer eins

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Faktor hängt von der Art der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Ausgangsgröße in einem Messmodell und der gewählten Überdeckungswahrscheinlichkeit ab.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Begriff „Faktor“ in dieser Definition bezieht sich auf einen Erweiterungsfaktor.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die erweiterte Messunsicherheit wird in Absatz 5 der Empfehlung INC-1 (1980) (siehe GUM) als „Gesamtunsicherheit“ und in IEC-Dokumenten einfach als „Unsicherheit“ bezeichnet

[QUELLE: ISO/IEC Guide 99:2007, Begriff 2.35 plus Anmerkungen]

3.6

Volumenstrom

q

Volumen des das CCI je Zeiteinheit durchfließenden Wassers

3.7

Einflussgröße

jede Größe, die im Allgemeinen außerhalb des CCI wirkt und die Leistung des Geräts beeinflussen könnte

3.8

Messbereich

Bereich, über den das CCI den in diesem Dokument festgelegten Leistungsanforderungen entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messbereich ist als Bereich von einem geringsten, von null verschiedenen Wert bis zu einem Höchstwert definiert.

3.9

nichtinvasiver Sensor

Sensor für die Anwendung an einem Rohr, an dessen Außenseite er angebracht wird und der für die Installation kein Anzapfen, Anbohren oder Schneiden des Rohrs erfordert, zum Beispiel Ultraschallmesswandler zum Anklemmen

3.10

prozentuale Abweichung

Messabweichung, angegeben in Prozent des wahren oder tatsächlichen Werts

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument ist der wahre oder tatsächliche Wert der Referenzwert, und die prozentuale Abweichung wird mit der folgenden Gleichung berechnet: prozentuale Abweichung = $100 \times (\text{Messwert} - \text{Referenzwert}) / \text{Referenzwert}$.

3.11

Leistungsanforderung

eine der die Leistung des CCI definierenden (durch Werte, Grenzabweichungen, Messbereich beschriebenen) Größen

3.12

Nennbetriebsbedingungen

Bereich zwischen den Mindest- und Höchstwerten aller Umgebungs-, Flüssigkeits- oder elektrischen

Parameter, innerhalb derer das CCI für einen justierungsfreien Betrieb innerhalb der in diesem Dokument angegebenen Leistungsanforderungen ausgelegt ist

3.13

Referenzbedingungen

festgelegter Satz von Werten (einschließlich Grenzwerte) von Einflussgrößen, die repräsentative Werte der Leistungsanforderungen ergeben

3.14

Referenzverfahren

Verfahren, das für die Bestimmung des Wertes einer Bestimmungsgröße mit einer angegebenen Unsicherheit zu verwenden ist und mit dem die Ablesewerte eines zu prüfenden CCI verglichen werden können

3.15

Wiederholpräzision

Fähigkeit eines CCI, bei wiederholter Verwendung unter denselben Messbedingungen sehr ähnliche Werte für dieselbe Bestimmungsgröße auszugeben

3.16

Sensor

Messwandler, bestehend aus einer oder mehreren Komponenten, von denen ein elektrischer oder mechanischer Ausgang abgeleitet wird, der auf eine Eigenschaft bezogen ist, anhand der sich der Volumenstrom berechnen lässt

3.17

aufsummiertes Volumen

gesamtes Wasservolumen, das ab dem Zeitpunkt, zu dem der Summierer auf null gestellt wurde, vom CCI gemessen wurde

4 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Symbole:

b	systematische Abweichung
S_r	Wiederholpräzision
X_V	Abweichungen aufgrund von Änderungen der Versorgungsspannung
X_O	Abweichungen aufgrund von Änderungen der Ausgangsimpedanz
X_{FT}	Abweichungen aufgrund von Änderungen der Flüssigkeitstemperatur
X_T	Abweichungen aufgrund von Änderungen der Umgebungslufttemperatur
X_{RH}	Abweichungen aufgrund von Änderungen der relativen Luftfeuchte
X_{SL}	Abweichungen aufgrund von Änderungen des Sensororts
X_{SC}	Abweichungen aufgrund von Änderungen der Streuströme
U_C	kombinierte Leistungsanforderung

5 Kurzbeschreibung

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen, Mindest-Leistungsanforderungen und Prüfverfahren für CCIs fest, die für die Bestimmung des Wasserdurchflusses in geschlossenen Rohrleitungen verwendet werden.

Die allgemeinen Anforderungen fußen erfahrungsbasiert auf den Bedürfnissen von Benutzern beim Betrieb von CCIs in unterschiedlichen Anwendungen. Viele entsprechen den in EN ISO 4064-1 festgelegten allgemeinen Anforderungen.

Die Mindest-Leistungsanforderungen legen Grenzwerte für die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision als prozentuale Abweichung sowie für eine Reihe an Parametern, die sich auf die Umwelt und den Betrieb des Sensors beziehen, und für eine Kombination all dieser Werte fest. Ein CCI, für das die Erfüllung der Leistungsanforderungen durch die festgelegten Prüfungen nachgewiesen werden kann, wird als gebrauchstauglich angesehen.

Für die Mehrzahl der Anwendungen, bei denen CCIs verwendet werden, ist der erforderliche Parameter der Volumenstrom.

Die kombinierte Leistungsanforderung in Tabelle 2 ist kleiner als die Summe der Quadrate der angegebenen einzelnen Leistungskenngrößen. Dies bezieht gewisse Leistungsabweichungen von CCIs in Bezug auf die anwendbaren Einzelanforderungen innerhalb einer kombinierten Leistungsanforderung mit ein.

Die Labor-Leistungsprüfungen sind so gestaltet, dass sie nachweisen, ob ein CCI die anwendbaren Leistungsanforderungen innerhalb eines Bereichs von Umwelt- und Betriebsbedingungen des Sensors erfüllen kann. Laborprüfungen werden durchgeführt, um die Leistungskenngrößen auf systematische und konsistente Weise in einer kontrollierten Umgebung zu bestimmen. Einige der Laborprüfungen entsprechen den in EN ISO 4064-2 [3] und ISO 12242 [4] angegebenen Prüfungen. Für CCIs, die zum Nachweis der Übereinstimmung mit EN ISO 4064 und ISO 12242 geprüft werden, können die entsprechenden Prüfdaten auch für die Zwecke dieses Dokuments verwendet werden, um den Prüfaufwand zu verringern.

Es werden statistische Verfahren für die Evaluierung der Laborprüfergebnisse definiert, um die Messunsicherheiten der individuellen Leistungskenngrößen u und die kombinierte Messunsicherheit der Leistungskenngrößen U_c zu erhalten. Sie basieren auf ISO/IEC Guide 98-3 [5]. Die bei den einzelnen Leistungsprüfungen gemessenen Messabweichungen werden in Standardmessunsicherheiten umgerechnet, die die wahrscheinliche Verteilung der Fehler berücksichtigen. Um die kombinierte Leistungskenngröße zu erhalten, werden die einzelnen Messunsicherheiten unter angemessener Berücksichtigung des Beitrags der einzelnen Komponenten durch Verwendung von Empfindlichkeitskoeffizienten mit dem im GUM beschriebenen Verfahren der Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate miteinander kombiniert. Für die Bestimmung der Empfindlichkeitskoeffizienten müssen die Funktionen bekannt sein, nach denen die einzelnen Komponenten zur Gesamtabweichung beitragen. Im Falle der Prüfung von CCIs werden diese nur selten bekannt sein. Für die Anwendung dieser Norm wird daher für alle Empfindlichkeitskoeffizienten ein Wert von 1 angesetzt.

Die kombinierte Leistungskenngröße U_c wird als erweiterte Unsicherheit angegeben. Die erweiterte Unsicherheit U wird durch Multiplikation der Standardmessunsicherheit mit einem Erweiterungsfaktor berechnet. Der Erweiterungsfaktor wird durch das Vertrauensniveau bestimmt. In diesem Dokument wird ein Vertrauensniveau von 95 % verwendet, für den Erweiterungsfaktor wird ein Wert von 2 angesetzt.

Der Feldversuch dient dem Nachweis, dass die Leistung eines CCI unter Betriebsbedingungen aufrechterhalten werden kann, sowie zur Bestimmung der ausfallfreien Zeit des CCI.

6 Allgemeine Anforderungen

6.1 Anforderungen an Messgeräte für geschlossene Rohrleitungen

Ein CCI muss Folgendes aufweisen:

- a) eine eindeutige Bezeichnung, die das CCI eindeutig identifiziert (zum Beispiel Modell, Seriennummer);
- b) ein Mittel zum Schutz vor versehentlichem oder nicht autorisiertem Zugang zu den Bedienfunktionen (zum Beispiel Passwort, physische Schlösser usw.);
- c) ein Ausgangssignal und/oder ein in metrischen Einheiten skaliertes Display (die Maßeinheit muss auf der Anzeigeeinrichtung angegeben sein);
- d) ein oder mehrere Ausgangssignale und/oder ein Mittel zur Anzeige der gemessenen Bestimmungsgröße und/oder des aufsummierten Volumens und/oder des Volumenstroms. Wenn das CCI kein lokales Display umfasst, muss es einer autorisierten Person möglich sein, den aktuellen Ablesewert vor Ort durch Kommunikation mit dem CCI mittels eines tragbaren Geräts, etwa eines Laptops, Tablet-PCs oder Smartphones, auszulesen. Die Kommunikation mit einem tragbaren Gerät zur Anzeige des Ablesewerts darf die Messung nicht unterbrechen.
- e) ein Mittel zur Anzeige seines Betriebszustands, zum Beispiel Normalbetrieb, Standby, Wartungsmodus oder Fehlfunktion;
- f) eine akustische oder visuelle Möglichkeit zur Anzeige eines Ausfalls der Spannungsversorgung (gilt nur für mit einer externen Spannungsversorgung betriebene CCIs), zum Beispiel ein Relais, das bei Ausfall öffnet;
- g) eine akustische oder visuelle Möglichkeit zur Anzeige des Absinkens der Versorgungsspannung unter den Grenzwert für den Betrieb (gilt nur für mit einer Batterie betriebene CCIs);
- h) ein Mittel, um das nicht autorisierte Zurücksetzen des aufgezeichneten Gesamtvolumens für die Entnahmemessung und/oder die Überwachung des Abflussvolumenstroms zu verhindern; für bidirektionale CCI: ein in das Anzeigegerät integriertes Symbol zur Anzeige der Fließrichtung;

ANMERKUNG Ein Zeiger, der bei zunehmendem Durchfluss im Uhrzeigersinn und bei Durchfluss in Gegenrichtung gegen den Uhrzeigersinn rotiert, ist annehmbar, es ist jedoch nicht annehmbar, sich allein auf das Zu- oder Abnehmen der Summe zu verlassen.

- i) eine deutliche Kennzeichnung der Vorwärtsfließrichtung (im Falle eines bidirektionalen CCI sollte dies die Fließrichtung sein, die zu einer Erhöhung des aufgezeichneten Gesamtflusses führt. Für nasskalibrierte CCIs sollte dies die Fließrichtung sein, in der das CCI kalibriert wurde);
- j) für bidirektionale CCIs: ein Mittel, um die Abflussmenge bei Durchfluss in Gegenrichtung vom angezeigten Volumen abzuziehen oder gesondert aufzuzeichnen;
- k) ein zulaufseitiges Sieb oder Filter zum Schutz des CCI, falls vom Hersteller empfohlen;
- l) für elektromagnetische Geräte: ein minimaler Nenn-Arbeitsbereich im Hinblick auf die Leitfähigkeit der Flüssigkeit zwischen $50 \mu\text{S cm}^{-1}$ und $1\,200 \mu\text{S cm}^{-1}$.

6.2 Anforderungen an die zugehörige Dokumentation

Die zugehörige Dokumentation muss die folgenden Informationen enthalten:

- a) eine Bedienungsanleitung, die alle Funktionen und das Messprinzip des CCI behandelt;

- b) allgemeine Leitlinien zur Dauer, über die das CCI kontinuierlich ohne manuelle Justierung oder sonstige Eingriffe betrieben werden kann;

ANMERKUNG 1 Automatische Routinen für die Reinigung, Wartung oder Neukalibrierung können verwendet werden, um die Leistung zwischen manuellen Eingriffen innerhalb der erforderlichen Grenzen zu halten. Es obliegt dem Benutzer, sicherzustellen, dass ein für die individuelle Anwendung geeignetes Schema verwendet wird.

- c) eine Angabe der Arten von Primärgeräten (falls zutreffend), für die das CCI ohne andere Eingangsgrößen als den Typ, die Abmessungen des Bauwerks und den Bezugs-Nullpunkt den Volumenstrom berechnen kann;
- d) eine Angabe, ob das CCI für die Messung des Durchflusses in beiden Fließrichtungen ausgelegt ist;
- e) eine Angabe, die die an den Sensor zu- und ablaufseitig angrenzende Mindestlänge der geraden Rohrleitungsstrecke mit gleichem Querschnitt definiert, die erforderlich ist, um die Leistungsanforderungen dieses Dokuments zu erfüllen;
- f) eine Angabe aller Beschränkungen des Werkstoffs der Rohrleitung, in oder an der der Sensor des CCI installiert werden kann;
- g) eine Angabe aller Beschränkungen der Abmessungen oder der Form der Rohrleitung, in oder an der der Sensor des CCI installiert werden kann (einschließlich der Wanddicke oder des Pipe Schedule falls zutreffend). Wenn mehrere Sensoren benötigt werden, zum Beispiel in langen Rohrleitungen, müssen die Anzahl und der Abstand dieser Sensoren angegeben werden;
- h) für berührungsfreie Fließgeschwindigkeitssensoren: eine Angabe des minimalen und maximalen Abstands der Sensorfläche von der Flüssigkeitsoberfläche;
- i) für CCIs, die für den Betrieb in teilgefüllten Rohren vorgesehen sind: eine Angabe der minimal messbaren Flüssigkeitstiefe bei Freispiegelbedingungen (für die maximal messbare Flüssigkeitstiefe wird der volle Rohrdurchmesser angesetzt). Der Hersteller muss ferner angeben, ob das CCI die Leistung bei Überlastbedingungen innerhalb der Anforderungen dieses Dokuments halten kann. CCIs, die nur in teilgefüllten Rohren bei Freispiegelbedingungen betrieben werden können, sollten in Übereinstimmung mit EN 17694-1 [6] geprüft werden;
- j) gegebenenfalls eine Angabe der Nennbetriebsbedingungen für den Wasserdruck;
- k) eine Angabe der Qualität (zum Beispiel Kontaminanten, Salinität) und der Art und Menge von Partikeln und sonstigen Stoffen, die das CCI passieren können, ohne dass seine Leistung unter die in dieser Norm festgelegten Grenzen fällt. Wenn für den Betrieb des CCI ein Mindestgehalt an Partikeln erforderlich ist, muss auch dieser angegeben werden;
- l) eine Angabe aller spezifischen Anforderungen in Bezug auf den Ort oder die Abschirmung von Komponenten, die notwendig sind, um die Leistung innerhalb der in dieser Norm angegebenen Grenzen unter wechselnden Umgebungsbedingungen zu halten;
- m) für elektronische CCIs: eine Angabe der Nennbetriebsbedingungen für die Spannungsversorgung;
- n) für elektronische CCIs: eine Angabe der Nennbetriebsbedingungen für die Lastimpedanz des Analogausgangs (falls vorhanden);
- o) gegebenenfalls eine Angabe der Nennbetriebsbedingungen im Hinblick auf Wassertemperatur, Umgebungstemperatur und Luftfeuchte;

ANMERKUNG 2 Der Einfluss der Umgebungstemperatur und der relativen Luftfeuchte auf die Leistung eines CCI wird für die angegebenen Umgebungs-Betriebsbedingungen geprüft (siehe 7.4 und 9.3.6).

- p) für elektromagnetische CCI: der minimale Nenn-Arbeitsbereich im Hinblick auf die Leitfähigkeit der Flüssigkeit.

7 Leistungsanforderungen

7.1 Angabe von Leistungsanforderungen

Spezifische Anforderungen werden als systematische Abweichung (b), Messabweichungen (X), Standardabweichung (u) oder erweiterte Unsicherheit (U) wie in Tabelle 1 dargestellt angegeben. Nicht alle Anforderungen gelten für jedes CCI.

Anhang A beschreibt detailliert, wie die Werte für jede Anforderung berechnet werden.

Tabelle 1 — Angabe von Leistungsanforderungen

Anforderung	Symbol	Angabe der Anforderung
systematische Abweichung	b	Die mittlere an jedem Prüfpunkt gemessene Abweichung (siehe Anhang A).
Wiederholpräzision	S_R	Die an jeder Messstelle gemessene Standardabweichung (siehe Anhang A).
Ausgangsimpedanz	X_O	Der für jede individuelle Leistungsanforderung anzugebende und bei der Berechnung der kombinierten Leistungskenngröße zu verwendende Wert muss der erhaltene Höchstwert sein (siehe Anhang A).
Versorgungsspannung	X_V	
Umgebungslufttemperatur	X_T	
Relative Luftfeuchte	X_{RH}	
Lichteinfall	X_{LX}	
Direkte Sonneneinstrahlung	X_{SR}	
Wassertemperatur	X_{FT}	
Sensorort	X_{SL}	
Streuströme	X_{SC}	
Kombinierte Leistungsanforderung	U_C	Eine erweiterte Unsicherheit, die durch die Kombination der aus den gemessenen Abweichungen für die individuellen Leistungsanforderungen abgeleiteten kombinierten Unsicherheiten erhalten wird. Sie wird mit einem Vertrauensniveau von 95 % und einem mit 2 angesetzten Erweiterungsfaktor angegeben (siehe Anhang A).

7.2 Leistungsanforderungen

7.2.1 Ein CCI muss in der Lage sein, die Leistungsanforderungen dieser Norm über einen Messbereich von mindestens 20:1 (maximaler Messwert : minimaler Messwert) zu erfüllen.

7.2.2 Tabelle 2 zeigt den Maximalwert für jede Leistungsanforderung an ein CCI, wie von den in Abschnitt 9 und Abschnitt 10 festgelegten Prüfungen bestimmt. Ein CCI muss alle Leistungsanforderungen und die kombinierte Leistungsanforderung erfüllen.

Tabelle 2 — Leistungsanforderungen für CCI

Leistungsanforderung	Symbol	Prüfung	Proz. Messabweichung
Systematische Abweichung	b	9.3.2	$\pm 1,5$
Unterer Grenzwert der mittleren Abweichung ¹		9.3.2	± 5
Wiederholpräzision	S_R	9.3.2	1
Versorgungsspannung	X_V	9.3.3	0,5
Ausgangs impedanz	X_O	9.3.4	0,5
Wassertemperatur	X_{FT}	9.3.5	0,5
Umgebungs lufttemperatur	X_T	9.3.6	0,5
Relative Luftfeuchte	X_{RH}	9.3.6	0,5
Sensorort	X_{SL}	9.3.7	0,5
Streuströme	X_{SC}	9.3.8	0,5
Kombinierte Leistungsanforderung ²	U_C		2
Maximale Ansprechzeit ³	-	9.3.15	30 s
Warmlauf	-	9.2	muss angegeben werden
¹ Der untere Grenzwert für die mittlere Abweichung gilt nur vom Mindestwert des Messbereichs bis zum Mindestwert plus 10 %. ² Die kombinierte Leistungsanforderung ist jedoch kleiner als die Summe der Quadrate der festgelegten einzelnen Leistungskenngrößen. Dies bezieht gewisse Leistungsabweichungen von CCI in Bezug auf die anwendbaren Einzelanforderungen innerhalb einer kombinierten Leistungsanforderung mit ein. ³ Die Ansprechzeit eines CCI wird über einen um mindestens 20 % des Messbereichs variierenden Volumenstrom beurteilt.			

7.2.3 Bidirektionale CCI müssen die Anforderungen im Hinblick auf die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision für beide Fließrichtungen erfüllen. Siehe Prüfung 9.3.9.

7.2.4 Systematische Abweichung und Wiederholpräzision eines nicht für die Messung des Durchflusses in Gegenrichtung ausgelegten CCI müssen die Anforderungen an die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision nach einer zufälligen kurzfristigen Umkehr der Fließrichtung erfüllen. Siehe Prüfung 9.3.10.

7.2.5 Mechanische CCI müssen die Anforderungen im Hinblick auf die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision mit und ohne etwaige Zusatzeinrichtungen für die Ableitung eines elektronischen Ausgangs erfüllen. Siehe Prüfung 9.3.11.

7.3 Datenspeicherung

7.3.1 Alle voreingestellten Daten einschließlich der Kalibrierungs- und Alarmsollwerte müssen für die Dauer von mindestens 30 Tagen nach dem Trennen der Spannungsversorgung gespeichert bleiben.

7.3.2 Das aufsummierte Volumen muss für die Dauer von mindestens 30 Tagen nach dem Trennen der Spannungsversorgung gespeichert bleiben.

ANMERKUNG Nationale Vorschriften können deutlich längere Fristen erfordern.

7.4 Anforderungen an die Umgebung

ANMERKUNG Siehe Prüfung 9.3.6.

CCIs müssen die in Tabelle 2 dargelegten Leistungsanforderungen über die Nennbereiche der Temperatur und der relativen Luftfeuchte (siehe 6.2 o)) erfüllen. Für CCIs, die an Außenstandorten oder Standorten, an denen eine hohe Luftfeuchte herrschen kann, verwendet werden, sollten die Mindest-Nennbetriebsbedingungen im Hinblick auf die Umgebungstemperatur -10° bis $+50^{\circ}\text{C}$ und im Hinblick auf die Luftfeuchte (kondensierend) 5 % bis 95 % sein.

7.5 Anforderungen an die Wassertemperatur

ANMERKUNG Siehe Prüfung 9.3.5.

Die Mindest-Nennbetriebsbedingungen im Hinblick auf die Wassertemperatur müssen $+0,1^{\circ}\text{C}$ bis $+30^{\circ}\text{C}$ sein. CCIs müssen die in Tabelle 2 dargelegten Leistungsanforderungen über ihren Nenn-Wassertemperaturbereich erfüllen (siehe 6.2 o)).

7.6 Einflüsse der Installation

ANMERKUNG Siehe Prüfungen 9.3.12 und 9.3.13.

7.6.1 CCIs mit elektromagnetischen Tauchsensoren müssen bei Installation in Kunststoff- oder Metallrohrleitungen die in Tabelle 2 angegebenen Anforderungen an die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision sowie die kombinierten Leistungsanforderungen erfüllen.

7.6.2 CCIs mit nichtinvasiven Ultraschallsensoren müssen bei Installation in aus Kunststoff- oder Metallwerkstoffen hergestellten Rohren einschließlich ausgekleideter Rohre die in Tabelle 2 angegebenen Anforderungen an die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision sowie die kombinierten Leistungsanforderungen erfüllen.

7.6.3 CCIs mit Tauchsensoren oder nichtinvasiven Sensoren müssen bei Installation in Rohrleitungen innerhalb des vom Hersteller festgelegten Größenbereichs die in Tabelle 2 angegebenen Anforderungen an die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision sowie die kombinierten Leistungsanforderungen erfüllen.

7.6.4 CCIs mit Sensoren für teilgefüllte Rohre müssen die in Tabelle 2 angegebenen Anforderungen an die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision sowie die kombinierten Leistungsanforderungen sowohl unter Freispiegel- als auch unter Überlastbedingungen erfüllen.

7.7 Anforderungen bei der Feldprüfung

ANMERKUNG Siehe Abschnitt 10.

7.7.1 Während der Feldprüfung darf die aus mindestens 24 Bezugsmessungen berechnete Abweichung des CCI bei mindestens 90 % der erhobenen paarweisen Messwerte nicht größer als der in Tabelle 2 angegebene Wert der kombinierten Leistungsanforderung sein.

7.7.2 Das CCI muss während der Feldprüfung eine ausfallfreie Zeit von mehr als 95 % aufweisen.

8 Prüfung

8.1 Allgemeine Anforderungen an die Prüfung

Die in Abschnitt 9 und Abschnitt 10 definierten Prüfungen dienen dem Nachweis, dass ein CCI die in Abschnitt 7 definierten Leistungsanforderungen erfüllt. CCI-Prüfungen müssen von Laboratorien durchgeführt werden, die nach Qualitätsmanagementsystemen nach EN ISO/IEC 17025 [7] oder anderen relevanten auf internationaler Ebene anerkannten Normen vorgehen, um sicherzustellen, dass die Prüfergebnisse annehmbar sind.

Gegebenenfalls müssen die in Anhang B aufgelisteten Referenzverfahren, simulierten Eingänge oder sekundären Normen für die CCI-Prüfung verwendet werden. Die Verwendung simulierter Eingänge oder sekundärer Normen muss im Prüfbericht aufgezeichnet und begründet werden.

Die Unsicherheit des Referenzverfahrens muss bei allen Prüfungen in die Berechnung der Ergebnisse einbezogen werden, außer wenn die Unsicherheit des Referenzverfahrens nicht größer als 1/5 der geprüften Leistungsanforderung ist. Anhang C enthält weitere Informationen.

Wenn dies gerechtfertigt werden kann, kann eine geringere Zahl von Messungen vorgenommen werden als bei einer individuellen Prüfung erforderlich, zum Beispiel wenn ein Muster mit geringer Variabilität durch eine statistische Analyse gestützt wird. Ein solches Konzept muss im Prüfbericht aufgezeichnet und begründet werden.

Das CCI muss vor jeder Prüfung nach den Anweisungen des Herstellers gewartet, gereinigt und/oder neu kalibriert werden, während der Prüfung dürfen jedoch keine Justierungen vorgenommen werden.

Während Laborprüfungen müssen alle Selbstreinigungsmechanismen und alle anderen automatischen Wartungsfunktionen deaktiviert sein, sofern sie nicht Teil des üblichen Messzyklus sind oder im Prüfverfahren etwas anderes angegeben ist.

Tauchsensoren sollten zwischen den Prüfungen durch Abspülen mit demineralisiertem Wasser gereinigt werden.

Nach jeder Änderung einer Einfluss- oder Bestimmungsgröße muss gewartet werden, bis der Ablesewert sich stabilisiert hat.

Die bei den Prüfungen erhobenen Daten müssen in Übereinstimmung mit den in Anhang A dargelegten Berechnungsverfahren verarbeitet werden.

8.2 Laborprüfbedingungen

Die Anzahl der Prüfpunkte hängt vom Bereich des CCI ab. Der Messbereich (R) wird wie folgt berechnet:

$$R = Q_{\text{upper}} / Q_{\text{lower}}$$

Dabei ist

Q_{lower} und Q_{upper} der niedrigste bzw. höchste Volumenstrom, für den das CCI zu prüfen ist.

Dies entspricht dem in EN ISO 4064-1 definierten Wert R , wobei $Q_{\text{upper}} = Q3$ und $Q_{\text{lower}} = Q1$.

Für über einen Fließgeschwindigkeitsbereich zu prüfende CCIs muss R unter Verwendung der Mindest- und Höchstgeschwindigkeiten, für die die Zertifizierung angestrebt wird, und einer festen Nennflüssigkeitstiefe oder Rohrleitungsgröße berechnet werden.

Anzahl und Verteilung der Prüfpunkte müssen Tabelle 3 entnommen werden.

Tabelle 3 — Prüfpunkte

Prüfpunkt	Grenzwerte der Bestimmungsgröße	R			
		20 - 39	40 - 199	200 - 629	≥ 630
1A	$1,05 Q_{\text{lower}} \pm 5 \%$	Y	einer von	einer von diesen	einer von diesen
1B	$1,68 Q_{\text{lower}} \pm 5 \%$	Y	diesen		
2A	$4 Q_{\text{lower}} \pm 5 \%$	-	Y	Y	Y
2B	$16 Q_{\text{lower}} \pm 5 \%$	-	-	einer von diesen	Y
2C	$0,05 R \pm 5 \%$	-	-		Y
2	$0,2 R \pm 5 \%$	Y	Y	Y	Y
3	$0,35 R \pm 5 \%$	Y	Y	Y	Y
4	$0,75 R \pm 5 \%$	Y	Y	Y	Y
5	$0,975 R \pm 2,5 \%$	Y	Y	Y	Y

Die Prüfpunkte 1A, 1B, 3, 4 und 5 in Tabelle 4 sind so gewählt, dass sie den von EN ISO 4064 vorgegebenen Prüfpunkten entsprechen, wobei Q_{lower} Q_1 entspricht und Q_{upper} Q_3 .

Tabelle 4 enthält die Referenzbedingungen für mögliche Einflussgrößen. Während der Prüfungen müssen alle Einflussgrößen ihren Referenzwerten einschließlich der Grenزابweichungen entsprechen, außer wo sie in einer Prüfung spezifisch variiert werden.

Tabelle 4 — Referenzbedingungen

Einflussgröße	Referenzwert	Grenزابweichung
Umgebungslufttemperatur	darf während der einzelnen Prüfungen nicht um mehr als $\pm 2,5 \text{ °C}$ abweichen	
Relative Luftfeuchte der Umgebung bei 20 °C	nicht kondensierend	-
Lichteinfall	vor Ort herrschende Helligkeit	-
Wassertemperatur	darf während der einzelnen Prüfungen nicht um mehr als $\pm 2,5 \text{ °C}$ abweichen	
Wasserdruck (geschlossene Rohre)	$\geq$ maximaler Druckverlust über das CCI + 0,5 bar	-
Leitfähigkeit des Wassers ^a	$50 < \text{Leitfähigkeit} < 5\,000 \text{ µS/cm}$	-
Versorgungs-Wechselspannung	230 V ^b (bzw. 110 V)	$\pm 2 \%$
Versorgungs-Gleichspannung	Nennwert des CCI	$\pm 2 \%$
Ausgangsimpedanz	Nennwert des CCI	+0, -2 Ω
Ort für berührungsfreie Fließgeschwindigkeitssensoren	Mittelwert der vom Hersteller angegebene Höchst- und Mindestgrenzen	$\pm 10 \%$

Einflussgröße	Referenzwert	Grenzabweichung
Wasserbeschaffenheit	Das Wasser sollte innerhalb der Nennbetriebsbedingungen des Messgeräts liegen und frei von Verunreinigungen und mitgeführtem Gas sein, sofern dies nicht für die Funktion des Messgeräts spezifisch erforderlich ist. In diesem Fall muss der Partikelgehalt der Prüfflüssigkeit angegeben werden.	
a Nur bei CCI's mit elektromagnetischen Sensoren. b EN 60038 [8].		

8.2.3 Prüfungen des Effekts der Umgebungslufttemperatur und der relativen Luftfeuchte müssen unter Verwendung einer Klimakammer ausgeführt werden, in der die Temperatur und die Luftfeuchte über den zu prüfenden Messbereich variiert werden können.

8.3 Bericht

Die Prüfergebnisse sollten unter Verwendung des Musterbogens in Anhang D berichtet werden. Der Prüfbericht sollte eine umfassende und detaillierte Darstellung der Leistung des CCI während der Labor- und Feldprüfung enthalten.

9 Laborprüfverfahren

9.1 Leitfaden für die Erstellung eines Prüfplans

Nicht alle Laborprüfverfahren sind für alle CCI's relevant. Vor Beginn der Prüfungen sollte ein Prüfplan erstellt werden, der die Funktionsprinzipien des CCI und seine vorgesehene Anwendung berücksichtigt. Tabelle 5 bietet einen Leitfaden im Hinblick auf die Relevanz der einzelnen Prüfverfahren für die verschiedenen CCI-Typen. In der Tabelle wird ferner auch von den Prüfungen auf die entsprechenden Prüfungen in EN ISO 4064-1 und -2 sowie in ISO 12242 verwiesen, die verwendet werden können, um die für die Anwendung dieser Norm benötigten Daten bereitzustellen und so den Prüfaufwand zu verringern.

Tabelle 5 — Leitfaden im Hinblick auf die Relevanz der einzelnen Prüfverfahren für die Charakteristiken der CCI-Typen

Allgemeine Anforderungen und Leistungsanforderungen	Referenznummer der Prüfung	CCI-Typ	Entsprechende Prüfungen in EN ISO 4064 und ISO 12242
Allgemeine Anforderungen	9.2	alle Typen	
Ausfall der Spannungsversorgung	9.3.1	alle elektronischen CCIs	EN ISO 4064-2:2017, 8.5.4 (nur batteriebetriebene)
Systematische Abweichung und Wiederholpräzision	9.3.2	alle Typen	EN ISO 4064-2:2017, 7.4 (einige zusätzliche Punkte)
Versorgungsspannung	9.3.3	alle elektronischen CCIs	EN ISO 4064-2:2017, 8.5
Ausgangs impedanz	9.3.4	alle CCIs mit einem analogen Stromausgang (in mA)	
Wassertemperatur	9.3.5	alle CCIs mit einem direkt mit dem Wasser in Kontakt stehenden Sensor	EN ISO 4064-2:2017, 7.5.3 (Prüfungen bei 10 °C und 30 °C)
Umgebungstemperatur und relative Luftfeuchte	9.3.6	alle Typen	EN ISO 4064-2:2017, 8.2 und 8.3
Sensorort	9.3.7	CCIs mit berührungsfreien Fließgeschwindigkeitssensoren	
Vorhandensein von elektrischen Streuströmen ^a	9.3.8	CCIs, die nach dem elektromagnetischen Prinzip arbeiten	
Bidirektionaler Durchfluss	9.3.9	CCIs, die in der Lage sind, den Volumenstrom in beiden Fließrichtungen durch den Sensor oder an diesem vorbei zu bestimmen	EN ISO 4064-2:2017, 7.8.3.1 (einschließlich Dreipunktprüfung)
Umkehr der Fließrichtung	9.3.10	CCIs, die den Volumenstrom nur in einer Fließrichtung des Wassers durch den Sensor oder an diesem vorbei bestimmen	EN ISO 4064-2:2017, 7.8.3

Allgemeine Anforderungen und Leistungsanforderungen	Referenznummer der Prüfung	CCI-Typ	Entsprechende Prüfungen in EN ISO 4064 und ISO 12242
Zusatzeinrichtungen	9.3.11	CCIs, die für den Betrieb vor Ort die Hinzufügung von zusätzlichen Apparaten erfordern, die üblicherweise nicht Teil des CCI sind	EN ISO 4064-2:2017, 13
Effekt des Rohrleitungswerkstoffs	9.3.12	CCIs mit elektromagnetischen Tauchsensoren oder bei denen die Sensoren an der Innen- oder Außenfläche einer bestehenden Rohrleitung installiert werden	ISO 12242
Effekt der Rohrleitungsgröße	9.3.13	CCIs mit Tauchsensoren oder nichtinvasiven Sensoren oder Familien von CCIs, die eine Vielzahl von Sensoren gleichen Typs aber unterschiedlicher Durchmesser (DN) umfassen	EN ISO 4064-2:2017, Anhang D
Füllstand	9.3.14	CCIs für teilgefüllte Rohre	
Ansprechzeit	9.3.15	alle Typen	
^a Diese Prüfung ist abgeleitet aus ISO 9104 (Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen; Verfahren zur Beurteilung des Betriebsverhaltens von magnetisch-induktiven Durchflußmessgeräten für Flüssigkeiten), die 2019 zurückgezogen wurde.			

9.2 Verifizierung durch Inspektion

Das CCI muss in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers eingerichtet, kalibriert und justiert werden.

Es muss gewartet werden, bis das CCI aufgewärmt ist, während ein Referenzeingangswert von null oder mit einem bekannten Wert angelegt wird. Es muss aufgezeichnet werden, wie lange es gedauert hat, bis das CCI sich stabilisiert hat.

Das CCI muss inspiziert werden, um zu verifizieren, dass:

- a) die über die analogen oder digitalen Ausgänge ausgegebenen Messwerte denen auf allen lokalen Displays am CCI entsprechen;

ANMERKUNG Die Ablesewerte werden nur selten identisch sein, zum Beispiel aufgrund von kleinen Abweichungen zwischen den Geräten, unterschiedlichen Aktualisierungsraten oder Unterschieden bei der Zahl der signifikanten Stellen.

- b) der angezeigte Betriebszustand korrekt ist.

Die Inspektionsbefunde müssen in den Prüfbericht aufgenommen werden.

Das CCI ist zu inspizieren, um zu verifizieren, dass die in 6.1 aufgelisteten allgemeinen Anforderungen an das zu prüfende CCI erfüllt sind.

Die Inspektionsbefunde müssen in den Prüfbericht aufgenommen werden.

Die zum CCI gehörende Dokumentation ist zu inspizieren, um zu verifizieren, dass die in 6.2 aufgelisteten allgemeinen Anforderungen an das zu prüfende CCI erfüllt sind.

Die Inspektionsbefunde müssen in den Prüfbericht aufgenommen werden.

9.3 Leistungsprüfungen

9.3.1 Ausfall der Spannungsversorgung (für elektronische CCIs)

Der Einfluss eines Ausfalls der Spannungsversorgung auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Zehn der Einstellungen des CCI werden so konfiguriert, dass sie von den Werkseinstellungen abweichen. Wenn es weniger als 20 benutzerkonfigurierbare Einstellungen gibt, sollten mindestens die Hälfte von ihnen auf nicht standardmäßige Werte eingestellt werden. Wenn möglich sollte eine Ausgangsskalierungs- und eine Alarmeinrichtung zu den geänderten Einstellungen gehören.

Die Werte aller voreingestellten Daten, Kalibrierdaten, Alarmgrenzwerte und das aufsummierte Volumen (dieser Wert muss von null verschieden sein) müssen aufgezeichnet werden.

Das CCI wird von der Spannungsversorgung getrennt. Die Spannungsversorgung wird nach Ablauf der Prüfdauer wieder angeschlossen und alle Änderungen der Werte der voreingestellten Daten, Kalibrierdaten, Alarmgrenzwerte und des aufsummierten Volumens werden aufgezeichnet.

Die Prüfdauer muss:

- für CCIs, die für die Erhaltung der benutzerprogrammierten Einstellungen und des aufsummierten Volumens usw. eine dedizierte Batterie verwenden (zum Beispiel eine auf der Leiterplatte angebrachte Zelle), 30 Tage betragen;

- für CCIs, bei denen die benutzerprogrammierten Daten und Summen usw. in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert werden, 48 h betragen.

9.3.2 Systematische Abweichung und Wiederholpräzision

Die systematische Abweichung und die Wiederholpräzision des CCI werden nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Die Sensoreinheit wird an jedem Prüfpunkt (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt. An jedem Prüfpunkt wird der Ablesewert aufgezeichnet und die Messabweichung wird berechnet. Die Messungen werden wiederholt, um sechs diskrete Ablesewerte an jedem Prüfpunkt zu erhalten.

Um sicherzustellen, dass diskrete Ablesewerte erhalten und etwaige Hystereseeffekte erfasst werden, muss der Eingangswert zwischen den einzelnen Ablesungen variiert werden, während der Prüfpunkt sowohl von höheren als auch von niedrigeren Werten aus angenähert wird. Die Änderungen der Eingangsgröße müssen ausreichend sein, um eine Änderung der Ablesewerte des CCI sicherzustellen.

Wenn dies gerechtfertigt werden kann, darf eine geringere Zahl von Messungen vorgenommen werden, zum Beispiel wenn ein Muster mit geringer Variabilität durch eine statistische Analyse gestützt wird. Ein solches Konzept muss im Prüfbericht aufgezeichnet und begründet werden.

Die systematische Abweichung b und die Wiederholpräzision S_R werden für jeden Prüfpunkt berechnet.

Für CCIs mit elektromagnetischen Tauchsensoren und nichtinvasiven Ultraschallsensoren sind die in 9.3.14 und 9.3.15 angegebenen zusätzlichen Prüfungen vorzunehmen. Für teilgefüllte CCIs ist auch die in 9.3.16 angegebene zusätzliche Prüfung vorzunehmen.

9.3.3 Versorgungsspannung

9.3.3.1 Allgemeines

Der Einfluss von Änderungen der Versorgungsspannung auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Wenn das CCI keinen Analogausgang aufweist, müssen die relevanten Prüfungen der Versorgungsspannung unter Verwendung des lokalen Displays und/oder eines digitalen Ausgangs trotzdem durchgeführt werden.

9.3.3.2 Netzbetriebene CCIs

Der Sensor wird am Prüfpunkt 4 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt und der Wert des Ausgangssignals wird aufgezeichnet. Die Versorgungsspannung des CCI wird mithilfe eines Trenntransformators in Schritten von 10 V von 230 V (bzw. 110 V) bis zur oberen und unteren Grenze der Nennbetriebsbedingungen variiert. Bei jeder Spannung wird der Wert des Ausgangssignals aufgezeichnet.

Die maximale Veränderung der Abweichung X_V aufgrund der Versorgungsspannung wird aufgezeichnet.

9.3.3.3 Gleichstrombetriebene CCIs

Der Sensor wird am Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt und der Wert des Ausgangssignals wird aufgezeichnet. Die Versorgungsspannung des CCI wird mithilfe einer regelbaren Gleichstromquelle in Schritten von 5 V von der vom Hersteller angegebenen Referenzspannung bis zur oberen und unteren Grenze der Nennbetriebsbedingungen variiert. Bei jeder Spannung wird der Wert des Ausgangssignals aufgezeichnet.

Die maximale Veränderung der Abweichung X_V aufgrund der Versorgungsspannung wird aufgezeichnet.

9.3.3.4 Batteriebetriebene CCI

Die Batterien werden entfernt und es wird eine regelbare Gleichstromquelle angeschlossen, die zunächst auf die Nennbetriebsspannung eingestellt wird. Der Sensor wird am Prüfpunkt 4 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt. Die Versorgungsspannung wird in Schritten von 0,5 V verringert und der Ausgangswert wird bei jedem Schritt aufgezeichnet. Aufgezeichnet und berichtet werden:

- die Spannung, bei der der Batteriealarm erfolgt;
- die Spannung, bei der der Ablesewert sich um mehr als 10 % ändert (falls dies geschieht, bevor das Gerät sich abschaltet);
- die Spannung, bei der sich das CCI abschaltet.

Die maximale Veränderung der Abweichung X_V aufgrund der vor dem Auslösen des Batteriealarms abgelesenen Versorgungsspannungswerte wird aufgezeichnet.

9.3.4 Ausgangsimpedanz

Diese Prüfung gilt nur für mit Analogausgängen (skalierten Spannungs- oder Stromausgängen) ausgestattete CCI.

Die Ausgangsimpedanz des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Der Analogausgang des CCI wird an einen regelbaren Lastwiderstand angeschlossen, der zunächst auf den Referenzwert eingestellt wird.

Der Sensor wird am Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt und der Ablesewert wird aufgezeichnet. Der Lastwiderstand wird auf den Mittelwert aus dem oberen und dem unteren Grenzwert der Nennbetriebsbedingungen und danach auf den unteren Grenzwert eingestellt. Bei jedem Impedanzwert wird der Wert des analogen Ausgangssignals aufgezeichnet. Der Vorgang wird noch zweimal wiederholt.

Wenn kein unterer Grenzwert angegeben oder der untere Grenzwert null ist, muss für die Mindestimpedanz ein Wert von 50 Ω angesetzt werden.

Der Effekt der Ausgangsimpedanz auf die Abweichung X_0 wird berechnet und aufgezeichnet.

9.3.5 Wassertemperatur

ANMERKUNG Siehe 6.2 o).

Diese Prüfung kann entfallen, wenn Nachweise des Herstellers vorliegen, die belegen, dass die Leistung der berührungsfreien Sensoren von der Wassertemperatur nicht beeinflusst wird.

Der Einfluss von Änderungen der Wassertemperatur auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Der Sensor wird am Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt. Der Ausgangswert wird bei einer Wassertemperatur zwischen 1 °C und 5 °C, zwischen 15 °C und 20 °C sowie zwischen 25 °C und 30 °C aufgezeichnet. Es werden drei diskrete Ablesungen in jedem Temperaturbereich vorgenommen.

Der Effekt der Wassertemperatur auf die Abweichung X_{FT} wird berechnet und aufgezeichnet.

9.3.6 Umgebungslufttemperatur und relative Luftfeuchte

ANMERKUNG 1 Siehe 7.5.

Prüfungen des Effekts der Umgebungslufttemperatur und der relativen Luftfeuchte müssen unter Verwendung einer Klimakammer ausgeführt werden, in der die Temperatur und die Luftfeuchte über den zu prüfenden Messbereich variiert werden können.

Der Einfluss von Änderungen der Umgebungstemperatur und der Luftfeuchte auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Das CCI wird kontinuierlich mit einem bekannten Referenzeingangswert bei den Referenzbedingungen der Flüssigkeit versorgt.

Es kann unmöglich sein, diesen Schritt auf für große Durchmesser ausgelegte CCIs anzuwenden. In diesem Fall kann es möglich sein, die Prüfung an einer kleineren Version desselben CCI vorzunehmen, oder es kann erforderlich sein, diese Prüfung auf die Elektronik des CCI zu beschränken.

Die Ausgänge werden kontinuierlich überwacht, um etwaige transiente Effekte zu erfassen. Die Daten werden grafisch und in einer Tabelle dargestellt.

Das CCI wird in eine auf 20 °C eingestellte Klimakammer gestellt. Falls nötig muss gewartet werden, bis sich das CCI aufgewärmt hat.

Alle Komponenten des CCI, die im Normalbetrieb Umgebungsbedingungen ausgesetzt sein könnten, müssen in der Kammer platziert werden, dies beinhaltet Sensoren, Sender, externe Batterien, Displayeinheiten und alle anderen für den Betrieb des CCI benötigten Komponenten. Sensoren, die üblicherweise untergetaucht würden, können außerhalb der Kammer positioniert werden.

In der Klimakammer werden die folgenden Bedingungen in der in Tabelle 6 angegebenen Reihenfolge eingestellt, wobei $T_{\min}$ und $T_{\max}$ der Mindest- bzw. Höchstwert des Umgebungslufttemperaturbereichs sind, über den das CCI zu prüfen ist. Die Übergangstemperaturen (Schritt 2 und Schritt 5) dürfen entfallen, wenn $T_{\max} < 40$ °C oder $T_{\min} > 0$ °C.

Tabelle 6 — Prüfzyklus für Umgebungsbedingungen

	Temperatur °C	Luftfeuchte	Mindest-Expositionsdauer h
1. Referenz	20	Referenz	2
2. Übergang	$(T_{\max} + 20)/2$	Referenz	2
3. T hoch, trocken	$T_{\max}$	Referenz	2
4. Referenz	20	Referenz	2
5. Übergang	$(20 + T_{\min})/2$	Referenz	2
6. T niedrig	$T_{\min}$	Referenz	2
7. Referenz	20	Referenz	2
8. T hoch, feucht	$T_{\max}$	≥ 95 % rel. Luftfeuchte	6
9. Referenz	20	Referenz	2

Bei jedem Schritt muss das CCI nach einer ausreichenden Stabilisierungszeit am Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt werden und der Ausgangswert muss aufgezeichnet werden. Die Messung muss dreimal wiederholt werden, um drei diskrete Ablesewerte zu erhalten.

Während jeder Expositionsdauer (Schritt 3, Schritt 6 und Schritt 8) muss jede Selbstreinigungs- und Autokalibrieroutine mindestens einmal ablaufen, nachdem die drei Referenzmessungen vorgenommen wurden. Danach müssen drei weitere Messungen vorgenommen werden, um alle von der Durchführung solcher Routinen unter unterschiedlichen Bedingungen verursachten systematischen Abweichungen zu identifizieren.

ANMERKUNG 2 Automatische Reinigungs- bzw. Kalibrier Routinen sind vorzugsweise fernbetätigt in Gang zu setzen, um ein Öffnen der Kammer und die Beeinflussung der Klimabedingungen zu vermeiden.

Passive Selbstdiagnoseroutinen, die die Funktion des Messgeräts überwachen, aber keine Änderungen am Betrieb des Messgeräts vornehmen, zählen nicht zu den Selbstreinigungs- und Selbstkalibrier Routinen. Wenn eine Selbstdiagnoseroutine aktiv ist, d. h., wenn in Reaktion auf die Selbstdiagnose automatische Justierungen der Software oder des Betriebs des Messgeräts vorgenommen werden, sollten die Messungen vor und nach dem Betrieb der Selbstdiagnose-/Justierungsroutine in Schritt 3, Schritt 6 und Schritt 8 erfolgen.

Der Effekt der Umgebungslufttemperatur auf die Abweichung X_T aus Schritt 3, Schritt 4 und Schritt 6 wird berechnet und aufgezeichnet.

Der Effekt einer hohen Luftfeuchte und Temperatur auf die Abweichung X_{RH} aus Schritt 3 und Schritt 8 wird berechnet und aufgezeichnet.

9.3.7 Sensorort

Diese Prüfung darf nur für berührungsfreie Fließgeschwindigkeitssensoren angewendet werden.

Der Einfluss von Änderungen des Sensororts auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Der Sensor wird am Prüfpunkt 3 (siehe 8.2) über einer Flüssigkeitsoberfläche montiert. Es müssen für drei Montageorte des Sensors Prüfungen vorgenommen werden:

- oberer Grenzwert: 95 % $\pm$ 5 % des maximalen Abstands von der Oberfläche;
- Referenz: Mittelwert aus minimalem und maximalem Abstand, $\pm$ 5 %;
- unterer Grenzwert: 105 % des minimalen Abstands.

Mit dem an den einzelnen Orten montierten Sensor werden jeweils drei diskrete Ablesungen vorgenommen.

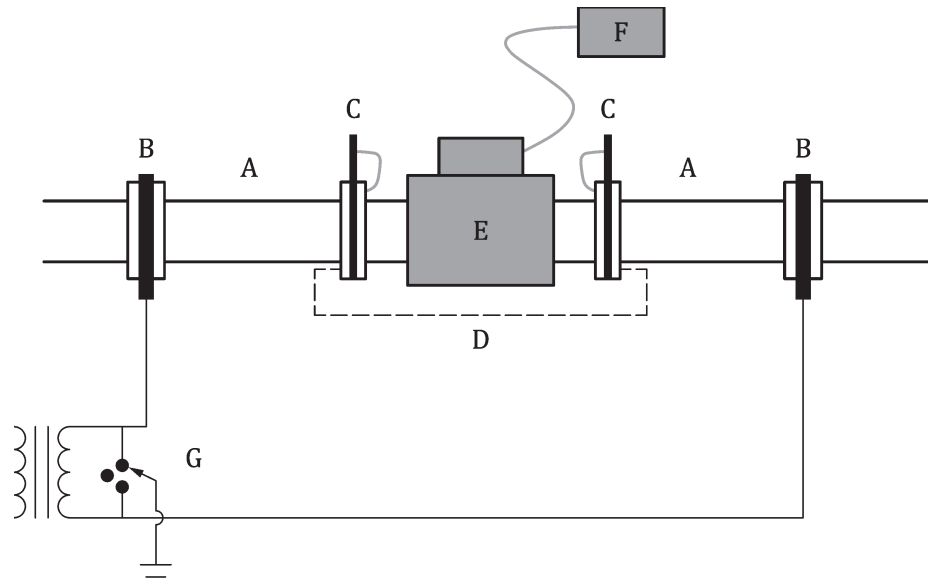
Der Effekt des Sensororts auf die Abweichung X_{SL} wird berechnet und aufgezeichnet.

9.3.8 Vorhandensein von elektrischen Streuströmen

Diese Prüfung kann entfallen, wenn Nachweise des Herstellers vorliegen, die belegen, dass Streuströme das Messprinzip nicht beeinflussen oder nicht beeinflussen können.

Der Einfluss von Streuströmen auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Der CCI-Sensor wird wie in Bild 1 gezeigt installiert. Den Anforderungen des Herstellers an den Potentialausgleich sollte besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Die Länge der direkt zu- und ablaufseitig vom Sensor angeordneten Rohre (A in Bild 1) sollte mindestens 5D betragen.



Legende

- A isolierende Segmente (zum Beispiel Kunststoffrohr)
- B Metallringe für die Signaleinspeisung
- C sicherstellen, dass alle Cross-Bonding-Muffen und Potentialausgleichsringe (falls erforderlich) nach den Anweisungen des Herstellers installiert sind
- D zusätzliche Verbindung, falls erforderlich (siehe Text)
- E Sensor
- F Sender (darf in den Sensor integriert sein)

Bild 1 — Prüfkongfiguration

Am Prüfpunkt 2 (siehe 8.2) wird Wasser durch das CCI geleitet und der Ablesewert wird aufgezeichnet.

Eine Spannung von 50 V (effektiv) wird an das Rohr auf der Zulaufseite des CCI angelegt und der Ablesewert wird aufgezeichnet.

Der Vorgang wird noch zweimal wiederholt.

Der Effekt der Streuströme auf die Abweichung X_{SC} wird berechnet und aufgezeichnet.

Wenn der Hersteller für den Potentialausgleich auf der Zu- und Ablaufseite des Sensors kein Bonding vorschreibt, müssen die zu- und ablaufseitigen Metallrohrängen elektrisch miteinander verbunden und die Prüfung muss wiederholt werden (Verbindung D in Bild 1).

9.3.9 Bidirektionaler Durchfluss

Der Einfluss von Änderungen des bidirektionalen Durchflusses auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Der Sensor wird an Prüfpunkt 1, Prüfpunkt 3 und Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) mit einem Referenzeingangswert versorgt, jedoch bei umgekehrter Fließrichtung. An jedem Prüfpunkt wird der Ablesewert aufgezeichnet und die Messabweichung wird berechnet. Die Messungen werden wiederholt, um drei diskrete Ablesewerte an jedem Prüfpunkt zu erhalten.

Die systematische Abweichung b und die Wiederholpräzision S_R werden für jeden Prüfpunkt berechnet.

Um sicherzustellen, dass diskrete Ablesewerte erhalten und etwaige Hystereseeffekte erfasst werden, muss der Eingangswert zwischen den einzelnen Ablesungen variiert werden, während der Prüfpunkt sowohl von höheren als auch von niedrigeren Werten aus angenähert wird. Die Änderungen der Eingangsgröße müssen ausreichend sein, um eine Änderung der Ablesewerte des CCI sicherzustellen.

9.3.10 Umkehr der Fließrichtung

Diese Prüfung muss für CCIs durchgeführt werden, die Prüfung 9.3.9 nicht durchlaufen und deren Sensoren in direktem Kontakt mit dem Wasser stehen.

Der Einfluss von Änderungen des bidirektionalen Durchflusses auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

CCIs, die nicht darauf ausgelegt sind, den Durchfluss in Gegenrichtung zu messen, müssen am Prüfpunkt 4 (siehe 8.2) 1 min einem Durchfluss in Gegenrichtung ausgesetzt werden. Danach ist der Durchfluss in Vorwärtsrichtung wiederherzustellen. Der Sensor wird an Prüfpunkt 1 und Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) einem Durchfluss ausgesetzt und es werden mindestens drei diskrete Messungen an jedem Punkt vorgenommen. Die systematische Abweichung b und die Wiederholpräzision S_R werden für jeden Prüfpunkt berechnet.

Um sicherzustellen, dass diskrete Ablesewerte erhalten und etwaige Hystereseeffekte erfasst werden, muss der Eingangswert zwischen den einzelnen Ablesungen variiert werden, während der Prüfpunkt sowohl von höheren als auch von niedrigeren Werten aus angenähert wird. Die Änderungen der Eingangsgröße müssen ausreichend sein, um eine Änderung der Ablesewerte des CCI sicherzustellen.

9.3.11 Zusatzeinrichtungen

Diese Prüfung darf nur für mechanische CCIs angewendet werden.

Zusatzeinrichtungen sind alle zusätzlichen Apparate, die für den Betrieb des CCI vor Ort erforderlich, aber üblicherweise nicht Teil des CCI sind. (Beispiele sind externe Datenerfassungs- oder Telemetriegeräte, Spannungsstabilisatoren, Blitzschutz oder für automatische Reinigungssysteme benötigte externe Pumpen und Verdichter.)

Der Einfluss von Zusatzeinrichtungen auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Der Sensor wird an Prüfpunkt 1 und Prüfpunkt 5 (siehe 8.2) einem Wasserdurchfluss ausgesetzt und es werden mit und ohne angebrachte Zusatzeinrichtung jeweils mindestens drei diskrete Messungen an jedem Punkt vorgenommen.

Die systematische Abweichung b und die Wiederholpräzision S_R werden für jeden Prüfpunkt mit und ohne angebrachte Zusatzeinrichtung berechnet.

9.3.12 Effekt des Rohrleitungswerkstoffs

Diese Prüfung darf nur für elektromagnetische Tauchsensoren und nichtinvasive Ultraschallsensoren angewendet werden.

Der Einfluss des Rohrleitungswerkstoffs auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Die volle Prüfung der systematischen Abweichung b und der Wiederholpräzision S_R nach 9.3.2 muss mit einem der unten angegebenen Rohrleitungstypen durchgeführt werden. Der Betrieb an den anderen aufgeführten Typen muss durch eine reduzierte Prüfung bestimmt werden, die aus jeweils drei Wiederholungen an Prüfpunkt 1, Prüfpunkt 2 und Prüfpunkt 4 (siehe 8.2) besteht.

Die Rohrwerkstoffe für elektromagnetische Tauch-CCIs müssen sein:

- Kunststoff (elektrischer Isolator, unmagnetisch);
- Stahl (elektrischer Leiter, magnetisch); und
- nichtrostender Stahl (elektrischer Leiter, unmagnetisch).

Die Rohrwerkstoffe für Ultraschall-CCIs zum Anklemmen müssen sein:

- Kunststoff, zum Beispiel MDPE, HPPE oder PVC;
- Metall, zum Beispiel duktiles Gusseisen, nichtrostender Stahl oder Kohlenstoffstahl; und
- ein Verbundrohr oder ausgekleidetes Rohr, zum Beispiel ein mit Zement ausgekleidetes Rohr aus duktilem Gusseisen.

Für jeden Werkstoff wird die systematische Abweichung b und die Wiederholpräzision S_R für jeden Prüfpunkt berechnet.

9.3.13 Effekt der Rohrleitungsgröße

Diese Prüfung darf nur für nichtinvasive Sensoren und Tauchsensoren angewendet werden. Sie muss auch für CCIs angewendet werden, bei denen mehrere Sensoren mit unterschiedlichem Nenndurchmesser zu prüfen sind.

ANMERKUNG Wenn ein Sensor in vielen unterschiedlichen Größen erhältlich ist, ist es nicht notwendig, jede einzelne Größe zu prüfen. Auch (zum Beispiel) Messgeräte zum Anklemmen oder Tauchmessgeräte können für eine Vielzahl von Rohrgrößen verwendet werden, und auch hier ist es nicht notwendig, jede einzelne Größe zu prüfen, mit der das Messgerät verwendet werden kann, eine Auswahl reicht.

Der Einfluss der Rohrleitungsgröße auf die Leistung des CCI wird nach dem folgenden Verfahren bestimmt.

Prüfung 9.2.2 muss für mehrere Rohrleitungen über den in Tabelle 7 angegebenen, vom Hersteller geforderten Größenbereich wiederholt werden. Werkstoff und Wanddicke dieser Rohrleitungen müssen gleich oder ähnlich sein.

Tabelle 7 — Prüfgrößen der Rohrleitungen für nichtinvasive oder Tauchsensoren

	Verhältnis $D_{\max}/D_{\min}$ (siehe Anmerkung)		
Prüfgröße der Rohrleitung	$D_{\max}/D_{\min} \leq 5$	$5 < D_{\max}/D_{\min} < 40$	$D_{\max}/D_{\min} \geq 40$
Klein	$D_{\min}$ bis $1,5 \times D_{\min}$	$D_{\min}$ bis $D_{\min} + 0,1 \times (D_{\max} - D_{\min})$	$D_{\min}$ bis $2 \times D_{\min}$
Mittel 1	-	$0,4 \times (D_{\min} + D_{\max})$ bis $0,6 \times (D_{\min} + D_{\max})$	$0,2 \times (D_{\min} + D_{\max})$ bis $0,35 \times (D_{\min} + D_{\max})$
Mittel 2	-	-	$0,5 \times (D_{\min} + D_{\max})$ bis $0,7 \times (D_{\min} + D_{\max})$
Groß	$0,8 D_{\max}$ bis $D_{\max}$	$0,8 D_{\max}$ bis $D_{\max}$	$0,8 D_{\max}$ bis $D_{\max}$
ANMERKUNG Dabei ist $D_{\min}$ bzw. $D_{\max}$ die vom Hersteller angegebene minimale bzw. maximale Größe der Rohrleitung.			