

DIN EN ISO 20456



ICS 17.120.10

Entwurf

Einsprüche bis 2019-07-03
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 29104:1993-08

**Messung des Durchflusses in geschlossenen Leitungen –
Richtlinie für den Einsatz von elektromagnetischen
Durchflussmessgeräten für konduktive Fluide (ISO 20456:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20456:2019**

Measurement of fluid flow in closed conduits –
Guidance for the use of electromagnetic flowmeters for conductive liquids (ISO 20456:2017);
German and English version prEN ISO 20456:2019

Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées –
Lignes directrices pour l'utilisation des débitmètres électromagnétiques dans les liquides
conducteurs (ISO 20456:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 20456:2019

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-05-03 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 natg@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 Technische Grundlagen (NATG), 10772 Berlin, Saatwinkler Damm 42/43, 13627 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 78 Seiten

DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 20456:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 20456:2019 durch das Technische Komitee CEN „Europäisches Komitee für Normung (CEN)“ übernommen.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 152-04-02 AA „Durchfluss und Menge“ im DIN-Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG).

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.

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 4006	siehe	DIN EN 24006
ISO 4064-1	siehe	DIN EN ISO 4064-1
ISO 4064-2	siehe	DIN EN ISO 4064-2
ISO 4064-3	siehe	DIN EN ISO 4064-3
ISO 4064-4	siehe	DIN EN ISO 4064-4
ISO 4064-5	siehe	DIN EN ISO 4064-5
ISO 4185	siehe	DIN EN 24185
ISO 8316	siehe	DIN EN ISO 8316
IEC 60068-2-78	siehe	DIN EN 60068-2-78
IEC 60381-1	siehe	DIN IEC 60381-1
IEC 60359	siehe	DIN EN 60359
IEC 60529	siehe	DIN EN 60529
IEC 60068-2-67	siehe	DIN EN 60068-2-67
IEC 60068-2-6	siehe	DIN EN 60068-2-6
IEC 60068-2-27	siehe	DIN EN 60068-2-27

Änderungen

Gegenüber DIN EN 29104:1993-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die technischen Inhalte von ISO 6817:1992, ISO 9104:1991 und ISO 13359:1998 wurden zusammengefasst.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 24006, *Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Formelzeichen*

DIN EN 24185, *Durchflußmessung von Flüssigkeiten in geschlossenen Leitungen — Wägeverfahren*

DIN EN 60359, *Elektrische und elektronische Messeinrichtungen — Angabe zum Betriebsverhalten*

DIN EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)*

DIN EN 60068-2-6, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-6: Prüfverfahren — Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig)*

DIN EN 60068-2-27, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-27: Prüfverfahren — Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken*

DIN EN 60068-2-67, *Umweltprüfungen — Teil 2: Prüfungen; Prüfung Cy: Feuchte Wärme, konstant, beschleunigte Prüfung, vorzugsweise für Bauelemente*

DIN EN 60068-2-78, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-78: Prüfverfahren — Prüfung Cab: Feuchte Wärme, konstant*

DIN EN ISO 4064-1, *Wasserzähler zum Messen von kaltem Trinkwasser und heißem Wasser — Teil 1: Metrologische und technische Anforderungen*

DIN EN ISO 4064-2, *Wasserzähler zum Messen von kaltem Trinkwasser und heißem Wasser — Teil 2: Prüfverfahren*

DIN EN ISO 4064-3, *Wasserzähler zum Messen von kaltem Trinkwasser und heißem Wasser — Teil 3: Format des Prüfberichtes*

DIN EN ISO 4064-4, *Wasserzähler zum Messen von kaltem Trinkwasser und heißem Wasser — Teil 4: Nicht-metrologische Anforderungen, die nicht Gegenstand von ISO 4064-1 sind*

DIN EN ISO 4064-5, *Wasserzähler zum Messen von kaltem Trinkwasser und heißem Wasser — Teil 5: Einbaubedingungen*

DIN EN ISO 8316, *Durchflußmessung von Flüssigkeiten in geschlossenen Leitungen — Verfahren der Volumenbestimmung mit einem Meßbehälter*

DIN IEC 60381-1, *Analoge Signale für Regel- und Steueranlagen — Analoge Gleichstromsignale*

— Leerseite —

Messung des Durchflusses in geschlossenen Leitungen — Richtlinie für den Einsatz von elektromagnetischen Durchflussmessgeräten für konduktive Fluide (ISO 20456:2017)

Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées — Lignes directrices pour l'utilisation des débitmètres électromagnétiques dans les liquides conducteurs (ISO 20456:2017)

Measurement of fluid flow in closed conduits — Guidance for the use of electromagnetic flowmeters for conductive liquids (ISO 20456:2017)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

STD Version 2.9p

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Vorwort	5
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole	10
5 Theorie und grundlegende Gleichungen.....	10
6 Aufbau und Funktionsweise	11
6.1 Allgemeines.....	11
6.2 Messwertaufnehmer.....	12
6.3 Messumformer.....	14
6.3.1 Allgemeines.....	14
6.3.2 Magnetisches Wechselfeld im Messsystem.....	15
6.3.3 Messsystem mit angewandter gepulster Gleichstromerregung (vereinfachtes Modell).....	15
6.3.4 Messsystem mit angewandter Wechselstromerregung (vereinfachtes Modell).....	16
6.4 Ausgabe des Durchflussmessgerätes/Messumformers.....	16
7 Kennzeichnung der Messeinrichtung.....	17
7.1 Empfohlene Daten.....	17
7.1.1 Messwertaufnehmer.....	17
7.1.2 Messumformer.....	17
8 Einbauart und -praxis	18
8.1 Messwertaufnehmer.....	18
8.1.1 Dimensionierung.....	18
8.1.2 Einbaubedingungen.....	18
8.1.3 Potentialausgleich — Allgemeine Anforderungen.....	20
8.1.4 Elektrische Anschlüsse	21
8.1.5 Einbau des Messwertaufnehmers.....	21
8.1.6 Einbaumaße für Flanschanschlüsse	22
8.2 Lage des Messumformers	24
8.3 Betriebsbezogene Überlegungen.....	24
8.3.1 Allgemeines.....	24
8.3.2 Einfluss der Leitfähigkeit der Flüssigkeit.....	24
8.3.3 Einfluss der Reynolds-Zahl.....	24
8.3.4 Einfluss des Geschwindigkeitsprofils.....	24
9 Kalibrierung, Validierung und Verifizierung des Durchflussmessgerätes.....	24
9.1 Kalibrierung des Durchflussmessgerätes.....	24
9.2 Verifizierung des Durchflussmessgerätes (elektronische Verifizierung vor Ort).....	25
10 Bewertung des Leistungsverhaltens des Durchflussmessgerätes.....	25
10.1 Allgemeines.....	25
10.2 Anwendungen im Rahmen anderer Normen.....	25
11 Unsicherheitsanalyse.....	26

Anhang A (informativ) Werkstoffe für die Herstellung von Messwertaufnehmern.....	27
A.1 Allgemeines.....	27
A.2 Auskleidungen des Messrohres.....	27
A.3 Beispiele für Elektrodenmaterialien.....	28
A.3.1 Allgemeines.....	28
A.3.2 Für nichtkorrosive Flüssigkeiten.....	28
A.3.3 Für korrosive Flüssigkeiten.....	29
A.3.4 Materialien für spezialisierte Anwendungen.....	29
A.4 Messrohr und Gehäuse.....	29
Anhang B (informativ) Praktische Überlegungen zu Messsystemen mit Wechsel- und Gleichstromerregung.....	30
B.1 Allgemeines.....	30
B.2 Elektrochemische Spannung, U_c	30
B.3 Transformatorspannung, U_t	30
Anhang C (informativ) Kathodischer Schutz.....	32
Anhang D (informativ) Umrechnung von Nenndurchmessern von metrischen in US-Einheiten	33
Anhang E (informativ) Angaben des Herstellers zur Genauigkeit	34
Literaturhinweise.....	38

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 20456:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Measurement of fluid flow in closed conduits“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 20456:2019 durch das Technische Komitee CEN/TC 000 „Europäisches Komitee für Normung (CEN)“ übernommen.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 6817:1995 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 20456:2017 wurde von CEN als prEN ISO 20456:2019 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO 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 staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) 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. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten 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 erhaltenen Patentерklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30, *Measurement of fluid flow in closed conduits*, Unterkomitee SC 5, *Velocity and mass methods*, erarbeitet.

Die erste Ausgabe von ISO 20456 ersetzt ISO 6817:1992, ISO 9104:1991 und ISO 13359:1998, die technisch überarbeitet wurden.

Einleitung

Abschnitt 3 bis Abschnitt 7 behandeln die Definitionen, Symbole und grundlegende Theorie von elektromagnetischen Durchflussmessgeräten. Das vorliegende Dokument erfasst keine Einsteck-Messgeräte, teilweise gefüllten Messgeräte oder Messgeräte für nicht leitfähige und hochleitfähige Fluide.

Abschnitt 8 behandelt die Einbauarten und -praxis, die verschiedenen Arten von Messgerätekonstruktionen, Messumformer, Schlaglängen und Dimensionierung, um die beste Leistung des elektromagnetischen Durchflussmessgerätes im Feld zu erreichen.

Abschnitt 9 bis Abschnitt 11 behandeln einige Verfahren der Kalibrierung, Verifizierung, Bewertung und Unsicherheitsanalyse, die für Anwender oder unabhängige Prüfeinrichtungen nützlich sein können, um die relative Leistung des Herstellers zu überprüfen und die Eignung der Anwendung nachzuweisen.

Die in diesem Dokument festgelegten Prüfungen sind nicht unbedingt ausreichend für Messgeräte, die speziell für ungewöhnlich schwierige Aufgaben entwickelt wurden. Umgekehrt kann eine begrenzte Prüfreihe für Messgeräte geeignet sein, die für den Gebrauch innerhalb eines begrenzten Bereichs von Bedingungen ausgelegt sind.

Das vorliegende Dokument ist für Anwender und Hersteller bestimmt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für industrielle elektromagnetische Durchflussmessgeräte, die zur Messung des Durchflusses einer leitfähigen Flüssigkeit in einer geschlossenen, volldurchströmten Leitung eingesetzt werden. Es erfasst Durchflussmessgerätearten, die sowohl Wechselstrom- (AC) als auch gepulste Gleichstromkreise (DC-Stromkreise) verwenden, um die Feldspulen anzusteuern, und Messgeräte, die über ein Netz betrieben werden, und solche, die mit Batterien oder anderen Energiequellen betrieben werden.

Dieses Dokument gilt nicht für Einsteck-Durchflussmessgeräte oder elektromagnetische Durchflussmessgeräte, die für das Arbeiten in offenen Gerinnen oder Rohren ausgelegt sind, die teilweise durchströmt sind, und auch nicht für die Messung von magnetisch permeablen Schlämmen oder Flüssigmetallanwendungen.

Dieses Dokument legt keine Sicherheitsanforderungen in Bezug auf den Einsatz des Durchflussmessgerätes in gefährlichen Umgebungen fest.

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:

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

3.1

elektromagnetisches Durchflussmessgerät magnetisch-induktives Durchflussmessgerät

Durchflussmessgerät, das ein Magnetfeld senkrecht zur Fließrichtung erzeugt und somit die Ableitung des Durchflusses aus der induzierten Spannung, U_v , ermöglicht, die durch die Bewegung eines leitfähigen Fluids durch das Magnetfeld erzeugt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das elektromagnetische Durchflussmessgerät besteht aus einem *Messwertaufnehmer* (3.2) und einem *Messumformer* (3.3).

3.2

Messwertaufnehmer

Vorrichtung, die mindestens die folgenden Elemente umfasst:

- ein elektrisch nichtleitendes Messrohr, durch das das zu messende leitfähige Fluid strömt;
- ein Paar Messelektroden, über die das im Fluid erzeugte Signal gemessen wird;
- einen Elektromagneten zur Erzeugung eines Magnetfeldes im *Messrohr* (3.4).

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Messwertaufnehmer erzeugt ein Signal proportional zum Durchfluss und in einigen Fällen ein *Referenzsignal* (3.9). Siehe 6.2.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für einen Messwertaufnehmer wurde früher die Formulierung *Aufnehmer* oder *Messrohr* verwendet.

Anmerkung 3 zum Begriff: In einigen Fällen werden weitere Elektroden eingesetzt, wie z. B. Erdelektroden, Elektroden zur Erkennung eines volldurchströmten Rohres (Erkennung eines leeren Rohres) (siehe 3.5).

3.3

Messumformer

Vorrichtung, die die Schaltung enthält, die die Feldspulen ansteuert und das durchflussbedingte Signal (Messsignal) ermittelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Gerät kann direkt am *Messwertaufnehmer* (3.2) oder abgesetzt angebracht sein und wird über ein Kabel mit dem Messwertaufnehmer verbunden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für einen Messumformer wurde früher die Formulierung *Messumformer*, *Umformer* oder elektronische Geräteeinheit verwendet.

3.4

Messrohr

Rohrabschnitt des *Messwertaufnehmers* (3.2), durch den die Flüssigkeit strömt und dessen Innenfläche zumindest teilweise elektrisch nichtleitend ist

3.5

Messelektroden

ein Paar oder mehrere Paare von Kontakten oder Kondensatorplatten, mit denen die induzierte Spannung erfasst wird

3.6

Anfangswert des Messbereichs

niedrigster Wert der gemessenen Größe, den das Gerät einstellungsbedingt messen kann

3.7

Endwert des Messbereichs

höchster Wert der gemessenen Größe, den das Gerät einstellungsbedingt messen kann

3.8

Spanne/effektiver Messbereich

Differenz zwischen dem Endwert und dem *Anfangswert des Messbereichs* (3.6)

3.9

Referenzsignal

Signal, das zum im *Messwertaufnehmer* (3.2) erzeugten magnetischen Fluss proportional ist und das im *Messumformer* (3.3) mit dem Messsignal verglichen wird

3.10

Ausgangssignal

Signal vom *Messumformer* (3.3), das eine Funktion des Durchflusses ist

3.11

Reynolds-Zahl

dimensionsloser Parameter, der das Verhältnis zwischen Trägheits- und Zähigkeitskräften angibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Beim Durchfluss in geschlossenen Röhren durch ein *elektromagnetisches Durchflussmessgerät* (3.1) sollte die Reynolds-Zahl auf dem Nenndurchmesser des Messgeräts und der entsprechenden mittleren Geschwindigkeit über einen Querschnitt dieser Größe beruhen.

3.12

Genauigkeit

Grad der Übereinstimmung zwischen dem Ergebnis einer Messung und dem wahren (richtigen) Wert der Messung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die quantitative Angabe der Genauigkeit sollte in Form der Unsicherheit erfolgen (siehe Anhang E).

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Verwendung der Benennung Präzision für Genauigkeit sollte vermieden werden.

3.13

Unsicherheit

<einer Messung> Bereich, innerhalb dessen der wahre Wert der gemessenen Größe mit einem festgelegten Wert und Vertrauensniveau erwartet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Abschnitt 11.

3.14

Kalibrierfaktor

Zahl, bestimmt durch Flüssigkalibrierung, die es ermöglicht, das *Ausgangssignal* (3.10) mit dem Volumendurchfluss in Beziehung zu bringen

3.15

Kalibrierung

Tätigkeit, die unter festgelegten Bedingungen in einem ersten Schritt einen Zusammenhang zwischen den von Messnormalen ausgegebenen Größenwerten mit Messunsicherheiten und entsprechenden Anzeigewerten mit den zugehörigen Messunsicherheiten herstellt, und in einem zweiten Schritt diese Information nutzt, um einen Zusammenhang zum Erhalt eines Messergebnisses aus einer Anzeige herzustellen

3.16

Verifizierung

<elektronische Verifizierung vor Ort> Mittel zum Überprüfen, ob ein *elektromagnetisches Durchflussmessgerät* (3.1) ordnungsgemäß funktioniert, üblicherweise mit einer größeren Unsicherheit als unter kontrollierten Laborbedingungen

3.17

Überprüfung der Kalibrierung

Anzahl der Durchläufe (einer oder mehrere) bei Durchflüssen zwischen null und dem *Endwert des Messbereichs* (3.7), um zu überprüfen, ob das Durchflussmessgerät in der erwarteten Weise und innerhalb der Herstellerspezifikation funktioniert

3.18

Messfenster

Zeitspanne, in der die Spannung, die die Strömungsgeschwindigkeit darstellt, gemessen wird

3.19

ideale Durchflussbedingungen

Bedingungen, die vorliegen, wenn ein Rohr unendlich lang und gerade ist und keine inneren Störungen aufweist

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei *elektromagnetischen Durchflussmessgeräten* (3.1) kann darüber hinaus auch davon ausgegangen werden, dass die Messflüssigkeit eine Viskosität und Dichte ähnlich wie Wasser aufweist. Unter diesen Bedingungen ist die Strömung axialsymmetrisch und bei den in der Industrie am häufigsten vorkommenden Durchflüssen und Rohrweiten vollständig ausgebildet und turbulent.

4 Symbole

Symbol	Messgröße	Einheiten (SI)
$\vec{B}$	magnetische Feldstärke	Tesla (T)
$\bar{B}$	mittlere magnetische Feldstärke	Tesla (T)
d	Innendurchmesser des Messrohres	Meter (m) ^a
$\vec{E}$	elektrische Feldstärke	Volt je Meter (V/m)
U_c	elektrochemische Spannung	Volt (V)
U_t	Transformatorspannung	Volt (V)
U_v	geschwindigkeitsbedingte Spannung	Volt (V)
F_{Lorentz}	Lorentzkraft	Newton (N)
k_1	Konstante	dimensionslos (—)
k_2	Konstante	dimensionslos (—)
L_e	Abstand zwischen Messelektroden	Meter (m)
q_v	Volumendurchfluss der Flüssigkeit	Kubikmeter je Sekunde (m ³ /s)
$\vec{v}$	mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit	Meter je Sekunde (m/s)
∇	Nabla- oder Del-Operator	dimensionslos (—)

^a Siehe Anhang D bezüglich einer Umrechnungstabelle für Nenndurchmesser von metrischen in US-Einheiten.

5 Theorie und grundlegende Gleichungen

Wenn sich eine leitfähige Flüssigkeit durch ein Magnetfeld bewegt, werden in Übereinstimmung mit dem Faradayschen Gesetz Spannungen, U_v , erzeugt (siehe Gleichung 2). Die Stärke der induzierten Spannungen ergibt sich aus dem vereinfachten Ausdruck, der in Gleichung (1) dargestellt ist:

$$F_{\text{Lorentz}} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = 0 \quad (1)$$

$$\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B} = \nabla(U_v)$$

$$\nabla(U_v) = -\vec{v} \times \vec{B}$$

Die räumliche Integration von Gleichung (1) führt zu Gleichung (2):

$$U_v = k_1 \bar{B} L_e \bar{v} \quad (2)$$

Der Volumendurchfluss im Fall eines kreisförmigen Rohres ergibt sich aus Gleichung (3):

$$q = \frac{\pi d^2}{4} \bar{v} \quad (3)$$

Was in Kombination mit Gleichung (2) Gleichung (4) ergibt:

$$q = \frac{\pi d^2}{4 k_1 L_e} \left(\frac{U_v}{\bar{B}} \right) \quad (4)$$

Oder Gleichung (5):

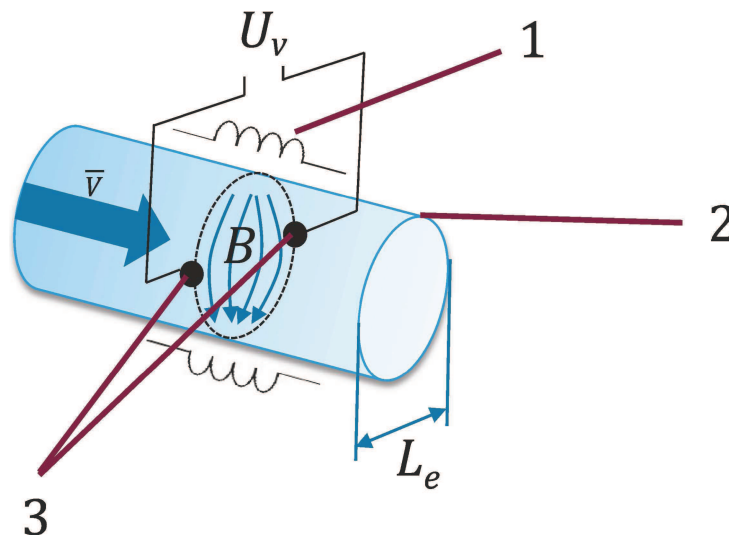
$$q = k_2 U_v \quad (5)$$

Gleichung (5) darf auf verschiedene Weisen ausgelegt werden, um einen Kalibrierfaktor zu erhalten, wie er in der Praxis üblicherweise durch eine Nasskalibrierung bestimmt wird, wie in 9.1 beschrieben.

6 Aufbau und Funktionsweise

6.1 Allgemeines

Wie in Bild 1 schematisch dargestellt, wird das Magnetfeld so zum ausgekleideten Messrohr angeordnet, dass der Weg der leitfähigen Flüssigkeit, die im Messrohr fließt, senkrecht zum Magnetfeld verläuft. In Übereinstimmung mit dem Faradayschen Gesetz induziert die Bewegung der Flüssigkeit durch das Magnetfeld eine Spannung, U_v , in der Flüssigkeit in einem Pfad, der sowohl zum Feld als auch zur Richtung der Flüssigkeitsbewegung senkrecht verläuft. Durch Anordnen von Messelektroden, die mit der Flüssigkeit in Kontakt kommen, in isolierten Befestigungen oder durch Verwendung von isolierten Elektroden mit kapazitiver Kopplung im Messrohr in einer diametralen Ebene senkrecht zum Magnetfeld wird eine Spannung erzeugt, die der Strömungsgeschwindigkeit proportional ist und die durch einen Messumformer weiterverarbeitet werden kann. Messgeräte, die auf diesem Prinzip beruhen, sind in der Lage, den Durchfluss durch das Messrohr in beide Richtungen zu messen.



Legende

- 1 Spulensystem
- 2 ausgekleidetes Messrohr
- 3 Messelektroden
- B magnetische Flussdichte
- L_e Abstand zwischen Messelektroden
- U_v Messsignal (geschwindigkeitsbedingte Spannung)
- $\bar{v}$ mittlere axiale Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit

Bild 1 — Prinzip des Faradayschen Gesetzes

Das elektromagnetische Durchflussmessgerät besteht aus einem Messwertaufnehmer, durch den die Prozessflüssigkeit fließt, und dem Messumformer, der das vom Messwertaufnehmer erzeugte Messsignal in ein genormtes, von industriellen Messgeräten angemessen akzeptiertes Signal umformt (siehe zum Beispiel IEC 60381-1 und IEC 60381-2).

Das System erzeugt ein zum Volumendurchfluss (oder zur mittleren Strömungsgeschwindigkeit) proportionales Ausgangssignal. Dessen Anwendung wird im Allgemeinen nur durch die Forderung eingeschränkt, dass die zu messende Flüssigkeit elektrisch leitfähig sein muss.

Der Messwertaufnehmer und der Messumformer können getrennt, durch ein oder mehrere elektrische Kabel verbunden oder mit dem Messumformer integriert sein, der direkt mit dem Messwertaufnehmer verbunden ist.

6.2 Messwertaufnehmer

In Bild 2 ist eine Explosionszeichnung eines Messwertaufnehmers mit integriertem Messumformer in Industrieausführung dargestellt. Die wesentlichen Bauteile des Messwertaufnehmers sind folgende.

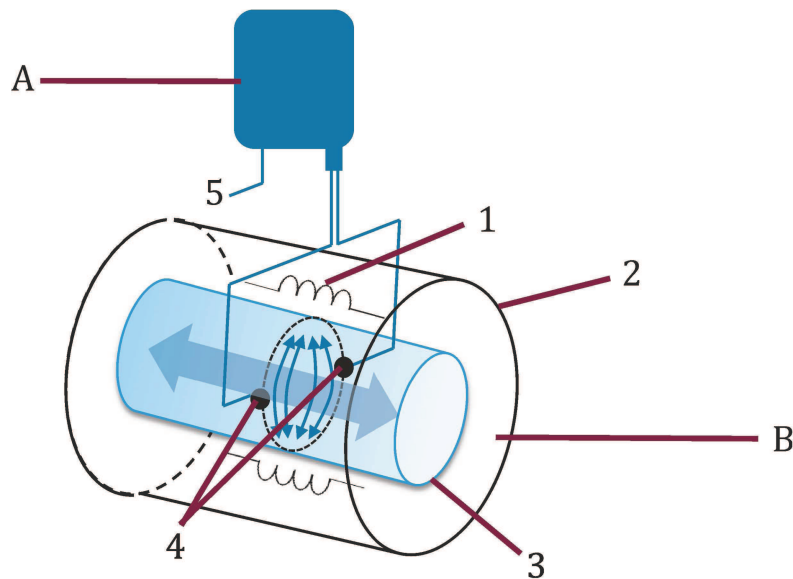
- a) Das Messrohr ist der Rohrabschnitt des Messwertaufnehmers, durch den die Flüssigkeit strömt. Bei einem Messgerät mit außerhalb des Messrohres angebrachten Feldspulen ist es aus einem nicht magnetischen Material hergestellt. Bei einer Ausführung, bei der sich die Feldspulen im Messrohr befinden, darf es aus magnetischem Material sein.
- b) Eine isolierende Auskleidung, die die Messelektroden elektrisch vom Messrohr isoliert und somit ein Kurzschließen der induzierten U_v durch das Messrohr verhindert. Die Auskleidung darf konzentrisch zum Rohr sein oder ein Profil aufweisen, um einen bestimmten Querschnitt in der Ebene der Messelektroden zu erhalten; ist das Messrohr nicht leitfähig, ist eine Auskleidung nicht zwingend erforderlich.

- c) Die Feldspulen erzeugen das Magnetfeld. Die gebräuchlichste Konfiguration besteht darin, dass zwei Feldspulen diametral gegenüberliegend montiert sind, obwohl Ausführungen mit einer Feldspule verfügbar sind. Feldspulen dürfen außerhalb des Messrohres oder innerhalb des Messrohres isoliert von der Flüssigkeit angebracht sein. Die Feldspulen können entweder
- durch sinusförmigen Wechselstrom (AC) erregt werden, wie in 6.3.4 beschrieben, oder
 - durch Gleichstrom erregt werden. In diesem Fall ist es üblich, einen gepulsten Gleichstrom (DC) zu verwenden, wie in 6.3.3 näher beschrieben.
- d) Die Messelektroden, die die induzierte U_v erfassen. Diese bestehen üblicherweise aus zwei einander diametral gegenüberliegenden metallischen Kontakte, die etwas aus der Auskleidung herausragen und sich in direktem Kontakt mit der Flüssigkeit befinden. In einigen Ausführungen für raue Anwendungen dürfen kapazitive Elektroden verwendet werden, die sich nicht in direktem Kontakt mit der Flüssigkeit befinden.

Der Messwertaufnehmer darf auch eine Referenz- oder Erdelektrode enthalten, um einen Referenzwert für die gemessene U_v bereitzustellen, und/oder eine Elektrode zur Erkennung eines leeren Rohres, die einen Alarm auslöst, wenn sie nicht in Kontakt mit der Flüssigkeit ist.

Die Materialien für die Auskleidung und für die Elektroden müssen in Abhängigkeit von der zu messenden Flüssigkeit ausgewählt werden (siehe Anhang A).

Der Messwertaufnehmer wird üblicherweise mit Flanschen mit der Rohrleitung verbunden; es sind jedoch auch Messgeräte mit flanschlosen Ausführungen und anderen Prozessanschlüssen verfügbar. Das Prozessfluid muss über eine Erdelektrode oder elektrisch leitfähige und nicht ausgekleidete angrenzende Rohrleitungen oder Erdungsringe (Potenzialausgleichsringe) elektrisch mit dem Gehäuse des Durchflussmessgerätes verbunden sein, siehe 8.1.3.



Legende

- 1 Feldspulen
- 2 Spulengehäuse
- 3 ausgekleidetes Messrohr
- 4 Messelektroden
- 5 Energieversorgung
- A Messumformer
- B Messwertempfänger

Bild 2 — Elemente eines industriellen elektromagnetischen Durchflussmessgerätes

ANMERKUNG Der Messwertempfänger kann einen nicht kreisförmigen Querschnitt aufweisen.

6.3 Messumformer

6.3.1 Allgemeines

Der Messumformer führt die folgenden Funktionen aus:

- a) stellt den Strom zum Ansteuern der Feldspulen bereit;
- b) verstärkt und verarbeitet das Signal der Messelektrode, um ein Signal proportional zum Durchfluss abzuleiten;
- c) verringert verschiedene Rauschsignale, z. B. fluidbedingtes Rauschen, elektrisches Rauschen und Gleichtaktrauschen;
- d) stellt bei Bedarf Mittel zur Kompensation von Schwankungen der Versorgungsspannung und -frequenz bereit;
- e) Stellt die verschiedenen vom Anwender festgelegten oder im Messgerät integrierten Ausgänge bereit. Diese dürfen eine optische Anzeige und/oder elektronische Ausgaben des Durchflusses, Alarmfunktionen, summierte Werte und Diagnosen umfassen.
- f) bietet eine Schnittstelle für den Anwender zum Konfigurieren des Messgeräts mithilfe von Tasten, Touchpad oder Verbindungen zu einem PC oder einem anderen Gerät;
- g) darf eine Schnittstelle zu einem Netzwerk bereitstellen.

Messgeräte dürfen zusätzliche Schaltungen enthalten, um eine Selbstverifizierung durchzuführen.

Der Messumformer darf direkt am Messwertaufnehmer oder abgesetzt angebracht und wird über ein Kabel mit dem Messwertaufnehmer verbunden.

6.3.2 Magnetisches Wechselfeld im Messsystem

Elektromagnetische Durchflussmessgeräte nutzen ein magnetisches Wechselfeld, um Spannungen zu vermeiden, die möglicherweise die Messung des Durchflusses stören.

Zusätzlich zu der in Abschnitt 5 beschriebenen durchflussbedingten Spannung, U_v , liegen in elektromagnetischen Durchflussmessgeräten zwei weitere Quellenspannungen vor. Dies sind die elektrochemische Spannung, U_c , und die durch Änderungen im Magnetfeld erzeugte Spannung, die Transformatorspannung, U_t . Beide Spannungen dürfen eine ähnliche oder größere Größenordnung aufweisen als U_v .

Weiterführende Einzelheiten dürfen Anhang B entnommen werden.

6.3.3 Messsystem mit angewandter gepulster Gleichstromerregung (vereinfachtes Modell)

In Messsystemen mit angewandter gepulster Gleichstromerregung wird die Polarität des Magnetfeldes abwechselnd umgekehrt. Bei jedem Magnetfeld-Polaritätszyklus wird die Elektrodenspannung gemessen, sobald das Magnetfeld als konstant angesehen wird. Dieser Zeitraum wird als Messfenster bezeichnet (siehe Bild 3). Diese gemessene Spannung ist eine Summe aus U_c und U_v .

Die Differenz zwischen dem kleinsten und größten Wert der gemessenen Spannung, U_v , ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit im Messrohr (siehe Bild 3).

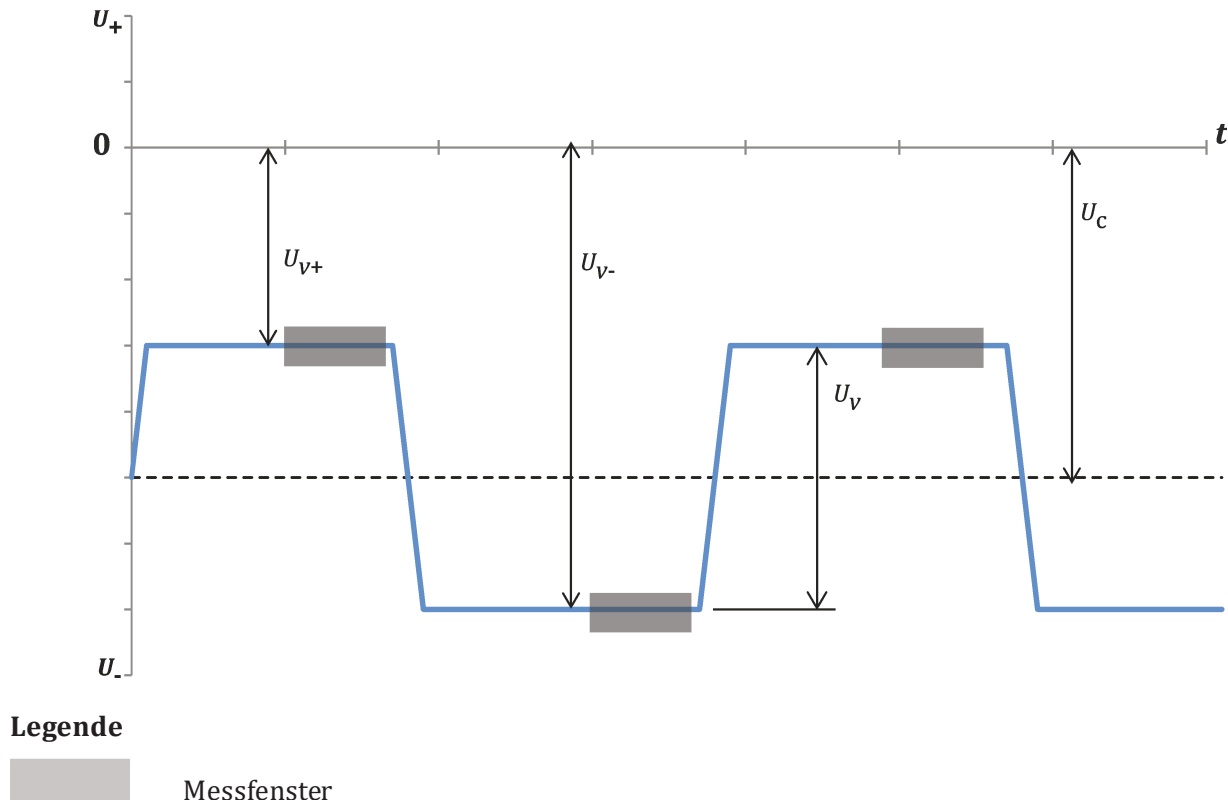
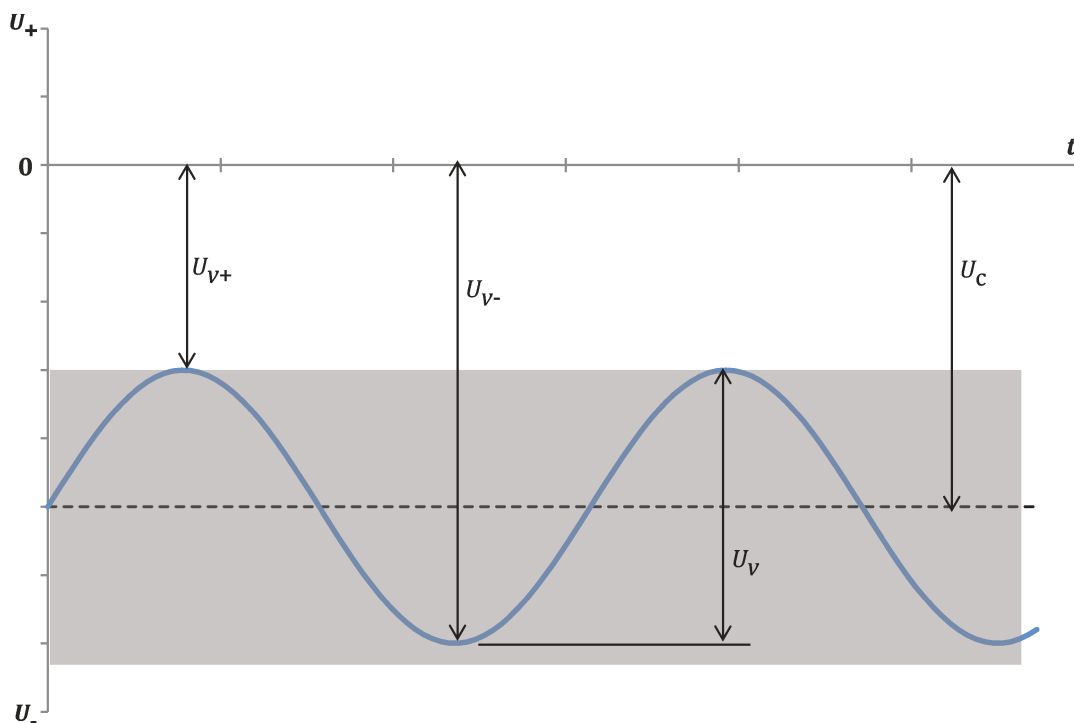


Bild 3 — Prinzip eines gepulsten Gleichstromsystems (vereinfachtes Modell)

6.3.4 Messsystem mit angewandter Wechselstromerregung (vereinfachtes Modell)

Bei der Wechselstromerregung wird eine Netzspannung (typischerweise 115 V oder 230 V bei 50 Hz oder 60 Hz) direkt an die Feldspulen angelegt oder vom Messumformer geliefert. Diese Spannung erzeugt ein Magnetfeld im Messwertaufnehmer, dessen Stärke mit der Amplitude der angelegten Spannung schwankt. Die Schwankung folgt dem Muster einer Sinuswelle (siehe Bild 4). Das bedeutet, dass das Messsignal, U_v , auch eine Sinuswelle ist. Der Spitze-Spitze-Wert der Sinuswelle, U_v , ist proportional zur Strömungsgeschwindigkeit.



Legende

Messfenster

Bild 4 — Prinzip von Systemen mit Wechselstromerregung (vereinfachtes Modell)

6.4 Ausgabe des Durchflussmessgerätes/Messumformers

Die Ausgabe des Systems kann einer oder mehreren der folgenden Arten entsprechen:

- a) analoger Gleichstrom nach IEC 60381-1;
- b) analoge Gleichspannung nach IEC 60381-2;
- c) eine Frequenzdatenausgabe in Form von skalierten oder unskalierten Impulsen;
- d) Alarmausgabe(n);
- e) digital (z. B. Kommunikationsbusse);
- f) drahtlos;
- g) Anzeige.

ANMERKUNG Elektromagnetische Durchflussmessgeräte sind als Zweileiter- und Vierleitersysteme verfügbar.

7 Kennzeichnung der Messeinrichtung

7.1 Empfohlene Daten

7.1.1 Messwertaufnehmer

Die folgenden Angaben sollten entweder am Messwertaufnehmer oder auf einem Typschild ausgewiesen sein:

- a) Messgerätehersteller;
- b) Seriennummer;
- c) Nenndurchmesser;
- d) maximale Prozesstemperatur;
- e) Bemessungs-Umgebungstemperaturbereich;
- f) maximaler Prozessdruck;
- g) Einteilung der Messgeräte (z. B. Schutzart, Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche);
- h) Modellnummer.

ANMERKUNG 1 Der Bemessungs-Umgebungstemperaturbereich kann weggelassen werden, wenn er dem Bemessungs-Prozesstemperaturbereich entspricht.

ANMERKUNG 2 Zusätzliche Anforderungen an die Kennzeichnung können bei spezifischen Anwendungen oder zur Erfüllung nationaler Vorschriften (z. B. ehemalige Zulassungen) erforderlich sein.

7.1.2 Messumformer

Die folgenden Angaben sollten auf einem Typschild ausgewiesen sein:

- a) Messgerätehersteller;
- b) Seriennummer;
- c) Anforderungen an Spannung, Frequenz und Leistung;
- d) Einteilung der Messgeräte (z. B. Schutzart, Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche);
- e) Bemessungs-Umgebungstemperaturbereich;
- f) Modellnummer.

ANMERKUNG Zusätzliche Anforderungen an die Kennzeichnung können bei spezifischen Anwendungen oder zur Erfüllung nationaler Vorschriften (z. B. ehemalige Zulassungen) erforderlich sein.

8 Einbauart und -praxis

8.1 Messwertaufnehmer

8.1.1 Dimensionierung

Üblicherweise ist die Prozessanschlussgröße des Messwertaufnehmers gleich der der anschließenden Rohrleitung. Es ist jedoch Vorsicht geboten, wenn die optimale Leistung gewünscht wird. Zu berücksichtigende Punkte sind zum Beispiel:

- Rohrweite;
- Rohranschluss;
- Durchflüsse;
- zu messender minimaler und maximaler Durchfluss;
- Druckverlust.

Die Herstellerspezifikationen, wie z. B. kleinste Spanne, Geschwindigkeit, abrasives Fluid, Bedingungen mit geringem Durchfluss usw., sollten eingehalten werden. Üblicherweise ist die Messunsicherheit eines elektromagnetischen Durchflussmessgerätes oberhalb 1 m/s am niedrigsten und unterhalb 1 m/s neigt die Unsicherheit dazu zuzunehmen. Obwohl es für ein elektromagnetisches Durchflussmessgerät keinen theoretischen maximalen Durchfluss gibt, sind die Messgeräte in der Praxis so dimensioniert, dass die maximale Geschwindigkeit unter normalen Betriebsbedingungen 10 m/s nicht überschreitet.

ANMERKUNG Wenn sich die Größe des Durchflussmessgerätes von der der anschließenden Rohrleitung unterscheidet, kann die Auswirkung dieser Diskontinuität das Leistungsverhalten und den Druckverlust des Durchflussmessgerätes beeinflussen.

8.1.2 Einbaubedingungen

8.1.2.1 Allgemeines

Es gibt theoretisch keine Beschränkungen hinsichtlich der Ausrichtung, in der der Messwertaufnehmer eingebaut werden sollte, vorausgesetzt, das Rohr bleibt vollständig gefüllt. Nach Möglichkeit ist beim Einbau in eine senkrecht verlaufende Rohrleitung sicherzustellen, dass die Durchflussrichtung durch den Messwertaufnehmer nach oben verläuft, um jährliche Durchflussfehler auszuschließen. In der Praxis sollten die folgenden Bedingungen beachtet werden.

8.1.2.2 Auswirkungen von nicht idealen Durchflussbedingungen

Kalibrierlaboratorien streben nach Durchflussbedingungen, die den idealen Durchflussbedingungen nahe kommen. Der Einbau eines Durchflussmessgerätes unter Bedingungen, die sich erheblich von den idealen Durchflussbedingungen unterscheiden, wie z. B. die Anordnung des Durchflussmessgerätes dicht hinter einem Krümmer oder Ventil, kann zu einer verringerten Leistung führen. Unterschiede in der Ausführung von Durchflussmessgeräten wirken sich möglicherweise darauf aus, wie stark die Leistung durch derartige nicht ideale Durchflussbedingungen beeinträchtigt wird.

8.1.2.3 Lage der Messelektroden

Da Gasblasen nach oben steigen und sich an der Oberseite des Rohres sammeln oder Sedimente sich im unteren Teil des Rohres ablagern können, sollte der Messwertaufnehmer in einem waagerechten Rohr so eingebaut werden, dass sich keine Messelektroden in diesen Bereichen befinden.

8.1.2.4 Maßnahme zur Überprüfung des Nullpunkts

Wenn es notwendig ist, den Nullpunkt des Durchflussmessgerätes vor Ort zu überprüfen, sollten Ventile vorgesehen werden, um den Durchfluss durch das Gerät zu stoppen, wobei dieses mit stehender Flüssigkeit gefüllt bleibt. Wenn das Durchflussmessgerät mit einer automatischen Nullpunkteinstellung ausgestattet ist, ist diese Maßnahme möglicherweise nicht erforderlich.

8.1.2.5 Mehrphasenströmung durch den Messwertaufnehmer

8.1.2.5.1 Mitgeführte Feststoffe

Wenn Feststoffe in der Flüssigkeit mitgeführt werden, sollte das bei der Auswahl des Auskleidungs- und Elektrodenmaterials beachtet werden (siehe Anhang A). Besteht die Möglichkeit, dass sich das Material im Messwertaufnehmer absetzt, sollte dieser senkrecht eingebaut werden oder es sollte eine Vorrichtung zum Durchspülen vorgesehen werden.

Bei Geräten mit Zwischenstücken wird manchmal ein Ring zum Schutz der Vorderkante der Auskleidung des elektromagnetischen Durchflussmessgerätes verwendet. Dieser Ring muss so ausgeführt sein, dass er einen stromlinienförmigen Durchfluss sicherstellt.

8.1.2.5.2 Mitgeführte Gase

Mitgeführte Gase bewirken Messungenauigkeiten, die im direkten Verhältnis zum prozentualen Volumen des Gases in der Flüssigkeit stehen. Ein elektromagnetisches Durchflussmessgerät misst die Geschwindigkeit und berechnet den gesamten Volumendurchfluss, indem die Geschwindigkeit mit der Querschnittsfläche multipliziert wird. Es sollten Vorkehrungen getroffen werden, um diesen Effekt durch Erhöhung des Flüssigkeitsdrucks zu verringern, z. B. durch Anordnen des Messwertaufnehmers auf der Hochdruckseite eines Begrenzers (Drossel), wie z. B. eines Regelventils, oder durch Entfernen des mitgeführten Gases.

ANMERKUNG Große Mengen an mitgeführtem Gas können zu einem verrauschten Messsignal oder zum vollständigen Verlust des Signals führen.

In einem geeigneten Abstand vor dem Messwertaufnehmer darf ein automatisches Gas-/Luft-Überdruckventil montiert werden.

8.1.2.6 Unterirdische Messwertaufnehmer

Wenn es notwendig ist, Messwertaufnehmer in unterirdische Rohrleitungen einzubauen, sollten sie in geeigneten Kammern eingebaut werden. Wenn jedoch ein Verfüllen über dem Messwertaufnehmer erforderlich ist, sollten der Hersteller um Rat gefragt und geeignete Schritte vorgenommen werden, um den Messwertaufnehmer vor korrosiven Bodenverhältnissen, Bodenbelastung und Stößen durch Bagger zu schützen. Bei einem Einbau unter stark beanspruchten Oberflächen, z. B. Straßen, kann es erforderlich sein, eine Metallplatte über dem Messwertaufnehmer zu installieren. Verbindungskabel zum Messumformer sollten in einer durchgehenden Länge ohne Verbindungen geführt werden, die von Grundwasser durchdrungen werden könnten.

8.1.2.7 Messwertaufnehmer unter Wasser

Messwertaufnehmer, die an einer Stelle eingebaut sind, an der sie überflutet oder untergetaucht sein können, sollten für die entsprechende Tiefe, wie sie in der Anwendung erwartet wird, bemessen sein.

8.1.2.8 Zugang für Wartung und Reinigung

Messwertaufnehmer, die in Rohrleitungen eingebaut sind, die Abwasser und einige Prozesswässer mit Schmierfett, Fett oder mitgeführten Feststoffen enthalten, sollten so eingebaut werden, dass die Bohrung gereinigt werden kann. Das darf Reinigungsöffnungen oder Abzweigungen umfassen, durch die Inspektions- und Wartungswerkzeuge eingeführt werden können. Siehe Bild 5.

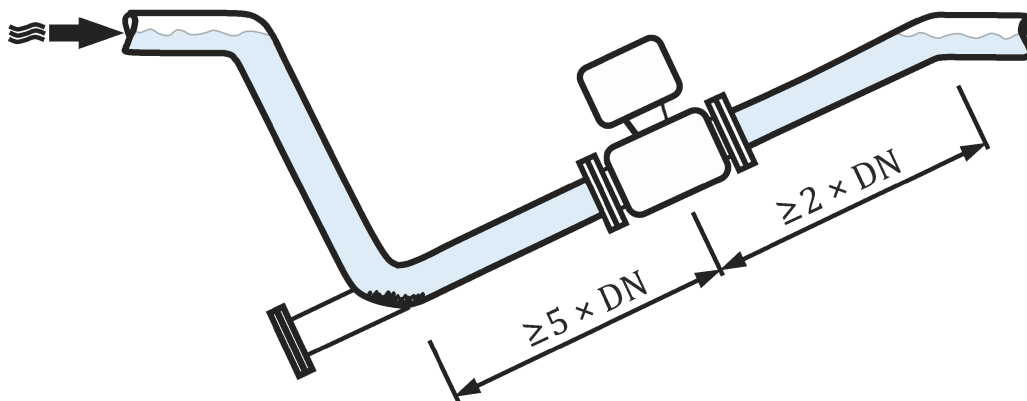


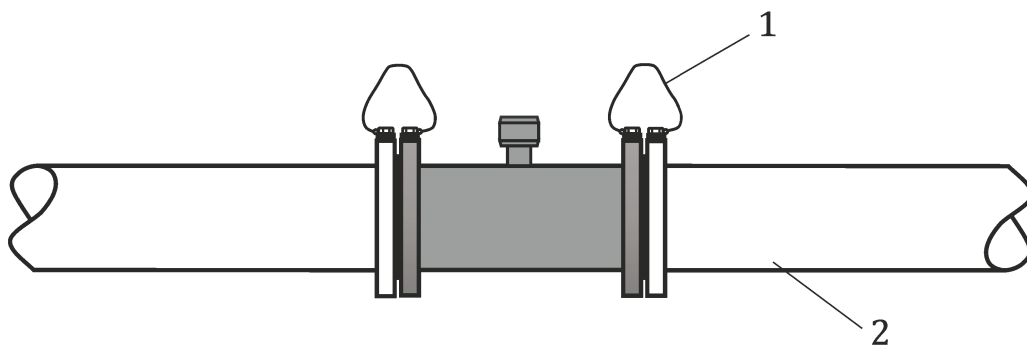
Bild 5 — Aufbau eines typischen Einbaudiagramms

8.1.3 Potentialausgleich — Allgemeine Anforderungen

Im Allgemeinen erfordert das Durchflussmessgerät eine Verbindung zur zu messenden Flüssigkeit. Diese Verbindung beginnt mit einem von drei Dingen, die die Flüssigkeit berühren, einem metallischen Rohr, einem oder mehreren Erdungsringen (Potentialausgleichsring) oder einer Erdelektrode (siehe Bild 6 und Bild 7). Üblicherweise ist einer davon mit dem Gehäuse des Messwertaufnehmers verbunden, der dann an die richtige Anschlussklemme im Messumformer angeschlossen wird. In einigen Fällen erfolgt dieser Anschluss an den Messumformer nicht über das Gehäuse des Messwertaufnehmers. Im Fall von kathodisch geschützten Rohrleitungen müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden (siehe Anhang C).

Einige Messumformer sind so aufgebaut, dass eine Verbindung zur zu messenden Flüssigkeit nicht erforderlich ist. Die Einbauanleitung des Herstellers sollte eingehalten werden.

ANMERKUNG Die punktierte Verbindung in Bild 7 zeigt, dass bei nichtmetallischen anschließenden Rohrleitungen die punktierte Verbindung weggelassen werden kann.



Legende

- 1 Potenzialausgleichsring
- 2 nicht beschichtete metallische Rohrleitungen

Bild 6 — Einbau in nicht beschichteten metallischen Rohrleitungen