

**Durchflußmessung von Flüssigkeiten in geschlossenen
Leitungen nach dem Wägeverfahren**
Verfahren zum Prüfen der Meßeinrichtungen
Ruhende Wägesysteme Identisch mit ISO 9368-1 : 1990

DIN
ISO 9368
Teil 1

Measurement of liquid flow in closed conduits by the weighing method; Procedures for checking installations; Static weighing systems; Identical with ISO 9368-1 : 1990

Mesure de débit des liquides dans les conduites fermées par pesée; Contrôle des installations des mesure; Installations statiques; Identique à ISO 9368-1 : 1990

Die Internationale Norm ISO 9368-1 : 1990-12-01, „Measurement of liquid flow in closed conduits by the weighing method; Procedures for checking installations; Part 1: Static weighing systems“, ist unverändert in diese Deutsche Norm übernommen worden.

Nationales Vorwort

Der Arbeitsausschuß NPM 2 „Durchfluß und Menge mit NAGas, NAW FB IV und VDI/VDE-GMA 2.5“ hat beschlossen, die Internationale Norm ISO 9368-1 als DIN-ISO-Norm zu übernehmen, um diese Grundlagennorm für die Prüfung von Durchflußmeßeinrichtungen den interessierten Kreisen auch in der deutschsprachigen Übersetzung zugänglich zu machen.

Fortsetzung Seite 2 bis 16

Normenausschuß Primäre Meßgeräte und -einrichtungen (NPM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Deutsche Übersetzung

Durchflußmessung von Flüssigkeiten in geschlossenen Leitungen nach dem Wägeverfahren Verfahren zum Prüfen der Meßeinrichtungen Ruhende Wägesysteme

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	6 Durchführung der Prüfung	4
Einleitung	3	6.1 Prüfen der Waage	4
1 Anwendungsbereich	3	6.2 Prüfen der Umschaltvorrichtung	4
2 Verweisungen auf andere Normen	3	6.3 Prüfen der Zeitmeßeinrichtung	5
3 Begriffe und Formelzeichen	3	6.4 Prüfen der Dichtemeßeinrichtung	5
3.1 Begriffe	3	6.5 Bestimmung der Durchflußstabilität	5
3.2 Formelzeichen	3	6.6 Untersuchung der Durchflußeigenschaften	6
4 Zertifizierung	3	7 Berechnung der Gesamtmeßunsicherheit	6
5 Allgemeine Grundlagen	3	Anhang A Schätzung der systematischen und zufälligen Abweichungen, hervorgerufen durch die Waage	7
5.1 Hauptbestandteile der Meßeinrichtung	3	Anhang B Untersuchung des Umschaltvorganges ...	10
5.2 Prüfflüssigkeit	4	Anhang C Bestimmung der Durchflußstabilität innerhalb des Integrationsintervalls	12
5.3 Grundlage der Prüfung	4	Anhang D Bestimmung der Durchflußstabilität zwischen den Integrationsintervallen	15
5.4 Vorbereitende Maßnahmen	4	Anhang E Untersuchung der Durchfluß- eigenschaften	15
		Anhang F Literaturhinweise	16

Vorwort

Die ISO (Internationale Organisation für Normung) ist die weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedskörperschaften). Die Erarbeitung Internationaler Normen obliegt den Technischen Komitees der ISO. Jede Mitgliedskörperschaft, die sich für ein Thema interessiert, für das ein Technisches Komitee eingesetzt wurde, ist berechtigt, in diesem Komitee mitzuarbeiten. Internationale (staatliche und nichtstaatliche) Organisationen, die mit der ISO in Verbindung stehen, sind an den Arbeiten ebenfalls beteiligt. Die ISO arbeitet eng mit der Elektrotechnischen Kommission (IEC) auf allen Gebieten elektrotechnischer Normung zusammen.

Die von den Technischen Komitees verabschiedeten Entwürfe zu Internationalen Normen werden den Mitgliedskörperschaften zunächst zur Annahme vorgelegt, bevor sie vom Rat der ISO als Internationale Norm bestätigt werden. Sie werden nach den Verfahrensregeln der ISO angenommen, wenn mindestens 75 % der abstimmenden Mitgliedskörperschaften zugestimmt haben.

Die Internationale Norm ISO 9368-1 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 30 „Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen“ ausgearbeitet.

ISO 9368 besteht aus folgenden Teilen, unter dem Haupttitel „Durchflußmessung von Flüssigkeiten in geschlossenen Leitungen“:

- Teil 1: Ruhende Wägesysteme
- Teil 2: Dynamische Wägesysteme

Die Anhänge A, B, C, D und E sind normative Bestandteile dieser Internationalen Norm. Anhang F dient der Information.

Einleitung

Die Durchflußmessung von Flüssigkeiten nach dem Wägeverfahren, wie in ISO 4185 beschrieben, ist eines der grundlegenden Meßverfahren. Es wird häufig in der Wasserkraftforschung, beim Prüfen von Pumpen und Turbinen und für die Kalibrierung von Durchflußmeßgeräten verwandt.

Um bei Messungen in verschiedenen Anlagen vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, ist es notwendig, die Faktoren, die das Verfahren der Messung und der Prüfung bestimmen, zu normen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 9368 legt die Prüfverfahren von Einrichtungen für die Durchflußmessung von Flüssigkeiten durch das statische Wägeverfahren fest. Verfahren zur Prüfung durch dynamisches Wägen sind in ISO 9368-2 beschrieben.

2 Verweisungen auf andere Normen

Die folgenden Normen enthalten Festlegungen, die durch Bezugnahme zum Bestandteil von ISO 9368 werden. Die angegebenen Ausgaben sind die beim Erscheinen von ISO 9368 gültigen. Da Normen von Zeit zu Zeit überarbeitet werden, wird dem Anwender dieser Norm empfohlen, immer auf die jeweils neueste Fassung der zitierten Norm zurückzugreifen. IEC- und ISO-Mitglieder haben Verzeichnisse der jeweils gültigen Ausgabe der Internationalen Normen.

ISO 4006 : ¹⁾	Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Begriffe und Kurzzeichen
ISO 4185 : 1980	Durchflußmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen — Wägeverfahren
ISO 5168 : 1978	Durchflußmessung von Fluiden — Ermittlung von Unsicherheiten der Durchflußmessung
OIML-Empfehlung 33 : 1973	Konventioneller Wägewert bei Wägungen in Luft

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für diesen Teil von ISO 9368 sind die Begriffe nach ISO 4006 anzuwenden.

3.2 Formelzeichen

Die Formelzeichen, die in diesem Teil von ISO 9368 verwendet werden, sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Formelzeichen

Formelzeichen	Größe	Dimension ¹⁾	SI Einheit
E_R	zufällige Komponente der Meßunsicherheit, relativer Wert	1	—
e_R	zufällige Komponente der Meßunsicherheit, absoluter Wert	²⁾	²⁾
E_S	systematische Komponente der Meßunsicherheit, relativer Wert	1	—
e_S	systematische Komponente der Meßunsicherheit, absoluter Wert	²⁾	²⁾
m	Masse	M	kg
q_v	Volumendurchfluß	$L^3 T^{-1}$	m^3/s
q_m	Massendurchfluß	$M T^{-1}$	kg/s
S	Standardabweichung, relativer Wert	1	—
s	Standardabweichung, absoluter Wert	²⁾	²⁾
t	Zeit	T	s
V	Volumen	L^3	m^3
ρ	Dichte	$M L^{-3}$	kg/m^3

¹⁾ M = Masse, L = Länge, T = Zeit
²⁾ Die Dimensionen und SI-Einheiten sind gleich denen der Größe, für die die Unsicherheit angegeben ist.

4 Zertifizierung

Werden Meßeinrichtungen für die Durchflußmessung nach dem Wägeverfahren im gesetzlichen Meßwesen verwendet, müssen sie durch nationale meßtechnische Dienste zertifiziert und registriert werden. Solche Meßeinrichtungen müssen innerhalb von vereinbarten Zeiträumen periodisch geprüft werden. Fehlen nationale meßtechnische Dienste, muß ein Bezug zu den Normalen der Basiseinheiten (Länge, Masse, Zeit und Temperatur) sowie eine Meßunsicherheitsbetrachtung nach diesem Teil von ISO 9368 und ISO 5168 als Nachweis für die Anwendung im gesetzlichen Meßwesen bescheinigt werden.

Die für die Durchführung verantwortliche Person muß die Ergebnisse der Prüfungen übereinstimmend mit diesem Teil von ISO 9368 beurteilen, in einem Bericht niederlegen und den Bericht unterzeichnen.

5 Allgemeine Grundlagen

5.1 Hauptbestandteile der Meßeinrichtung

Einrichtungen für die statische Wägung bestehen im allgemeinen aus den folgenden Hauptbestandteilen:

¹⁾ Noch nicht veröffentlicht. (Revision von ISO 4006 : 1977)

- Vorratsbehälter,
- Meßstrecke,
- Umschalteneinrichtung,
- Wäagebehälter,
- Waage,
- Auffangbehälter,
- Zeitmeßeinrichtung,
- eine oder mehrere Pumpen.

Die Anforderungen an diese Hauptbestandteile sind in ISO 4185 festgelegt.

5.2 Prüfflüssigkeit

Bei der Prüfung einer Durchflußmeßeinrichtung durch das Wägeverfahren wird üblicherweise reines Wasser als Prüfflüssigkeit benutzt.

Vorausgesetzt, daß der Dampfdruck der Flüssigkeit so niedrig ist, daß man die Auswirkungen des Verdampfens vernachlässigen kann, dürfen auch andere Flüssigkeiten benutzt werden. Aus praktischen Gründen wird empfohlen (besonders, um die Entleerungszeit des Wäagebehälters zu begrenzen), daß die kinematische Viskosität der Flüssigkeit den Wert von $35 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ nicht übersteigt.

5.3 Grundlage der Prüfung

Dem Aufbau der Meßeinrichtung folgen Versuche, die der Abschätzung der systematischen und zufälligen Abweichungen dienen.

In festgelegten regelmäßigen Zeitabständen werden weitere Messungen durchgeführt, um die Abweichungen zu bestimmen, sie mit früheren Ergebnissen zu vergleichen und so den erforderlichen Zeitabstand für die Nachprüfungen festzulegen.

Allgemeiner Grundsatz der Prüfung einer Durchflußkalibriereinrichtung ist es, die Abweichungen jedes Teiles der Einrichtung einzeln zu prüfen, um die Gesamtunsicherheit der Durchflußmeßeinrichtung zu bestimmen.

ISO 4185 : 1980, Abschnitt 2, enthält die Verfahren zur Bestimmung der Abweichungen der Waage und der Umschalteneinrichtung.

Dieser Teil von ISO 9368 erläutert ausführlich bestimmte Gesichtspunkte der Prüfung der Kalibriereinrichtung. Im einzelnen werden alternative Verfahren zum Prüfen der Waage (siehe Abschnitt 6.1 und Anhang A), der Umschalteneinrichtung (siehe Abschnitt 6.2 und Anhang B), der Zeitmeßeinrichtung (siehe Abschnitt 6.3), des Meßsystems zur Bestimmung der Dichte (siehe Abschnitt 6.4), zum Bestimmen der Durchflußstabilität (siehe Abschnitt 6.5 und Anhänge C und D) zur Untersuchung der Durchflußeigenschaften (siehe Abschnitt 6.6 und Anhang E) und zur Berechnung der Gesamtmeßunsicherheit (siehe Abschnitt 7) beschrieben.

5.4 Vorbereitende Maßnahmen

Vor den einzelnen Prüfungen müssen folgende vorbereitende Maßnahmen getroffen werden:

- a) Die technische Beschreibung und die schriftlichen Anleitungen für den Betrieb der Meßeinrichtung sind zu lesen.
- b) Die Eigenschaften der Haupt- und Hilfsgeräte und -ausrüstung sind zu prüfen, um sicherzustellen, daß sie den in der Dokumentation angegebenen Eigenschaften entsprechen.
- c) Der Betrieb des hydraulischen Systems ist auf zusätzliche Quellen für Abweichungen zu prüfen.
- d) Der Betriebsdurchflußbereich der Meßeinrichtung ist zu bestimmen.

Der maximale Durchfluß während des Betriebes der Meßeinrichtung muß niedriger sein als die folgenden zwei Werte:

- a) Der maximale durch die Pumpen erzeugbare Durchfluß, wenn der Betrieb in einem Strömungskreis mit minimalem hydraulischem Widerstand stattfindet.
- b) Der Durchfluß innerhalb der zulässigen Mindestzeit zum Füllen des Wäagebehälters bis zu seinem Maximum. Diese Mindestzeit ist in ISO 4185 : 1980, Abschnitt 3.3, gegeben, z. B. 30 s.

6 Durchführung der Prüfung

6.1 Prüfen der Waage

Die Masse der gesammelten Flüssigkeit wird durch das Wägen des Meßbehälters vor und nach dem Einleiten (doppeltes Wägen) bestimmt. Die Tara wird dann vom Gesamtgewicht abgezogen.

Die Prüfung der benutzten Waage anhand des Doppel-Wäge-Verfahrens erlaubt die Bestimmung der anzuwendenden Korrekturen und der systematischen und zufälligen Abweichungen, die auf die Waage zurückzuführen sind. Verfahren zum Nachweis dieser Abweichungen sind in ISO 4185 und im Anhang A dieses Teiles von ISO 9368 beschrieben.

6.1.1 Prüfung mittels Normalmassestücken

Um die Waage zu prüfen, müssen möglichst Normalmassestücke mit einer Gesamtmasse, die größer ist als die maximal mögliche Masse der gesammelten Flüssigkeit, angewandt werden. Die maximalen Grenzabweichungen der Normalmassestücke müssen kleiner sein als 20 % der zu erwartenden Unsicherheit der Waage.

Ist die gesamte Masse der Normalmassestücke, die in diesem Nachweisverfahren benutzt werden, kleiner als die maximal mögliche Masse der gesammelten Flüssigkeit, darf auch das Verfahren der stufenweisen Substitution für die Prüfung der Waage benutzt werden. In diesem Fall muß das Gesamtgewicht der Normale höher als 25 % der maximal möglichen Masse der zu wiegenden Flüssigkeit liegen.

Dieser Wert von 25 % darf unter der Voraussetzung reduziert werden, daß durch wiederholte Wägungen mit stufenweiser Substitution die erforderliche Genauigkeit experimentell nachgewiesen werden kann.

Wird eine hohe Genauigkeit verlangt, müssen die Auswirkungen des aerostatischen Auftriebs der Normale und der Prüfflüssigkeit nach der OIML-Empfehlung 33 und ISO 4185 berücksichtigt werden.

6.1.2 Prüfung mittels geeichter Meßbehälter

In bestimmten Fällen, z. B. für Wäagebehälter mit großem Inhalt oder wenn einige Bauteile nicht vollständig in die im Wäagebehälter befindliche Wassermenge eingetaucht sind, ist es vorteilhafter, die Waage mittels geeichter Meßbehälter zu prüfen, deren Volumen zwischen 5 % und 10 % des maximalen Volumens des Wäagebehälters betragen muß.

Die Dichte des Wassers unter Meßbedingungen muß mit einer Unsicherheit von weniger als 0,01 % bekannt sein. Dies bedingt besonders die Bestimmung der Wassertemperatur mit einer Unsicherheit von weniger als 0,5 °C.

Das Prüfverfahren ist gleich dem, welches Normalmassestücke verwendet (siehe Abschnitt 6.1.1).

6.2 Prüfen der Umschalteneinrichtung

Vor der Prüfung muß die Umschalteneinrichtung bei minimalem und maximalem Durchfluß geprüft werden, um sicherzustellen, daß kein Spritzen der Flüssigkeit beim

Umschalten der Strömung oder beim Messen des Durchflusses auftritt. Dieses Spritzen der Flüssigkeit ist nicht zulässig. (Flüssigkeitsspritzer in den nicht benutzten Teil der Umschalteneinrichtung können nicht hinnehmbare Abweichungen hervorrufen.)

Der kleine Abstand zwischen dem Düsenschlitz und dem Teilungsblech der Umschalteneinrichtung kann zu Veränderungen des Durchflusses aufgrund von Druckschwankungen führen. Dies muß durch die Messung jeder Druckveränderung in der Rohrleitung bei maximalem Durchfluß und unveränderlicher Lage der Umschaltrichtung geprüft werden. In der Rohrleitung dürfen keine von der Norm abweichende Druckschwankungen auftreten.

Die Umschalteneinrichtung ist visuell auf wirksame Dichtheit (Leckdichtheit) mit einem dem Betriebsdruck gleichen Druck zu prüfen. In Fällen, wo eine kleine Undichtheit toleriert werden kann, muß die entweichende Flüssigkeit über einen üblichen Umleitungszeitraum gesammelt und bestimmt werden. Da die Masse der Leckflüssigkeit vom Durchfluß abhängen kann, müssen Messungen bei minimalem, mittlerem und maximalem Durchfluß durchgeführt werden (Einzelheiten zum Berechnungsverfahren siehe Anhang B.1).

Nach diesen Prüfungen müssen alle durch die Umschalteneinrichtung verursachten systematischen und zufälligen Abweichungen unter Verwendung der in ISO 4185 : 1980, Abschnitte 6.2.1.3, 6.2.2.2 und Anhang A beschriebenen Verfahren oder alternativ, nach dem im Anhang B dieses Teiles von ISO 9368 gegebenen Verfahren bestimmt werden.

6.3 Prüfen der Zeitmeßeinrichtung

Jede Abweichung der Kalibrierung der Zeitmeßeinrichtung hat systematische Abweichungen bei der Messung der Füllzeit des Wägebehälters zur Folge.

Um sicherzustellen, daß zufällige Abweichungen bei der Messung der Füllzeit durch die Zeitmeßeinrichtung vernachlässigt werden können, muß die Abweichung durch die Ansprechschwelle der Zeitmeßeinrichtung kleiner als 0,01 % der Mindestfüllzeit des Wägebehälters sein (z. B. 3 ms für eine Mindestfüllzeit von 30 s). Benutzt man ein Interpolationsverfahren, wie das als Doppel-Chronometer-Verfahren bekannte, so ist es möglich, Abweichungen kleiner als 0,01 % zu erzielen (siehe ISO 7278-3).

6.4 Prüfen der Dichtemeßeinrichtung

Sind Volumendurchflüsse entsprechend bekannten Massendurchflüssen verlangt, muß die Dichte der Flüssigkeit mit der geforderten Genauigkeit gemessen werden. Die Technik zur Dichtemessung und das Verfahren zur Berechnung der Abweichungen sind in ISO 4185 : 1980, in den Abschnitten 3.5 und 6.2.1.4 angegeben.

6.5 Bestimmung der Durchflußstabilität

Für bestimmte Anwendungen ist es wünschenswert, im Meßabschnitt die Durchflußstabilität des Wägeverfahrens zu bestimmen. Diese Bestimmung der Stabilität zeigt die Effektivität einer jeden Durchflußstabilisierungseinrichtung, einschließlich der Hilfsmittel zum Ausgleich von Durchflußinstabilitäten, die einen weiten Frequenzbereich umfassen können.

Es sind verschiedene Verfahren zur Beurteilung der Durchflußstabilität verfügbar. Ein Verfahren, das erfolgreiche Ergebnisse liefert, ist der Einbau eines Turbinenrad-Durchflußmeßgerätes mit niedriger Trägheit in die Meßeinrichtung, vorzugsweise eines mit einer vergrößerten Impulsausgangsfrequenz, um eine verbesserte Ansprechschwelle zu erhalten. Der Turbinenradzähler muß eine Eigenstabilität haben, die besser ist als die erwartete Durchflußstabilität des Systems.

Die Durchflußstabilität kann entweder innerhalb des Integrations- (oder Umleitungs-) Intervalls oder zwischen zwei Integrationsintervallen bestimmt werden. Für die beiden Anwendungen werden verschiedene Verfahren verwendet, die in den Abschnitten 6.5.1 und 6.5.2 näher beschrieben sind.

6.5.1 Durchflußstabilität innerhalb des Integrationsintervalls

Um die Durchflußstabilität innerhalb des Integrationsintervalls zu erhalten, wird ein passender Turbinenradzähler mit Frequenz- oder Impulsausgang installiert. Durchflußmeßgeräte mit guter Kurzzeitstabilität, brauchbar schnellen Reaktionseigenschaften und einem für die Aufzeichnung oder Ablesung über kurze Zeitintervalle geeigneten Ausgang, dürfen ebenfalls benutzt werden.

Nachdem sich der Durchfluß stabilisiert hat, muß die Umschalteneinrichtung betätigt werden, die dadurch die Zeitmeßeinrichtung einschaltet. Wenn das Ausgangssignal des Durchflußmeßgerätes dem Durchfluß entspricht, muß das Signal mindestens jede Sekunde aufgezeichnet werden; 60 solcher Aufzeichnungen müssen über ein Integrationsintervall vorhanden sein.

Dieses Verfahren muß bei anderen, ausgewählten Durchflüssen wiederholt werden. Die so erhaltenen Ergebnisse müssen nach dem in Anhang C anhand eines praktischen Beispiels gegebenen Verfahren analysiert werden.

6.5.2 Durchflußstabilität zwischen den Integrationsintervallen

Für bestimmte Anwendungen ist es erforderlich, die Langzeitstabilität des Durchflusses nach anderen Verfahren zu ermitteln. In den Prüfkreislauf muß ein Meßgerät mit mittlerer Durchflußstabilität eingebaut werden, die besser ist als die für die Meßeinrichtung zu erwartende. Ein Turbinenradzähler guter Qualität oder ein magnetisch-induktives Durchflußmeßgerät mit einer guten Nullstabilität sind angemessen. Das Verfahren ist in Anhang D anhand eines praktischen Beispiels beschrieben.

6.5.3 Anwendung der Durchflußstabilitätswerte

Der abgeleitete Wert für S_5 (die relative Standardabweichung der zufälligen Komponente der Abweichung nach Anhang C) sollte allein als Richtwert für die Bestimmung der gesamten zufälligen Meßunsicherheit dienen. Wenn z. B. das Wägeverfahren zum Kalibrieren von Durchflußmeßgeräten benutzt wird, hängt der Beitrag des S_5 -Wertes zur gesamten zufälligen Meßunsicherheit vom Typ des zu kalibrierenden Durchflußmeßgerätes und dem Verfahren, das für die Messung seines mittleren Durchsatzes über die Füllzeit des Wägebehälters benutzt wird, ab.

Wird ein Turbinenradzähler kalibriert und wird dabei die Gesamtanzahl an Impulsen verwendet, um die Durchflußmenge zu integrieren, darf der Beitrag der Durchflußinstabilität als vernachlässigbar betrachtet werden. Andererseits kann ein Wirkdruck-Meßumformer, dessen Ausgang als einzelner, augenblicklicher Ablesewert genommen wird, den Einschluß des gesamten S_5 -Faktors erfordern.

Die Bestimmung der Durchflußstabilität zwischen den Integrationsintervallen kann für die Prüfung der Langzeitstabilität des Durchflusses und für die Bestimmung der Leistung irgendeines Stabilisierungsgerätes in der Meßeinrichtung von Interesse sein. Sie kann wichtig sein, wenn ein stabiler Durchfluß über einen langen Zeitraum erforderlich ist, z. B. für die Prüfung einer Pumpe oder einer Wasserturbine.

Ob es notwendig ist, Abweichungen aufgrund der Instabilität des Durchflusses zu berücksichtigen, hängt also von dem zu prüfenden Gerät oder der Anwendung der Einrichtung ab.