

Durchflußmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen

Allgemeine Angaben

DIN
19 559
Teil 1

Flow measurement of wastewater in open channels and gravity conduits; general information

Mesure de débit des eaux d'égout dans des caniveaux à ciel découvert et des conduites à écoulement libre; information générale

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	3.3.3 Volumen	6
2 Allgemeines	1	3.3.4 Tracer	6
2.1 Zweck der Durchflußmessung	2	4 Unsicherheit beim Messen	6
2.2 Art der Durchflußmessung	2	(nach DIN 1319 Teil 3*)	6
2.2.1 Dauermessung	2	4.1 Systematische Abweichungen	7
2.2.2 Einzelmessung	2	4.1.1 Definition	7
3 Ausführung der Durchflußmessung	2	4.1.2 Korrektur der systematischen Abweichungen	7
3.1 Grundlagen	2	4.2 Zufällige Abweichungen	7
3.2 Meßverfahren	2	4.3 Meßunsicherheit (nach DIN 1319 Teil 3*)	7
3.2.1 Durchflußbestimmung über Wasserstands- messung	2	4.4 Maximale systematische Abweichung	7
3.2.2 Durchflußbestimmung über die mittlere Fließgeschwindigkeit	3	5 Genauigkeitsanforderungen	7
3.2.3 Volumetrische Verfahren	4	5.1 Fehlergrenzen	7
3.2.4 Verdünnungsverfahren	4	5.2 Metrologische Klassen	8
3.3 Meßwertaufnahme	4	5.3 Garantiefehlergrenzen	8
3.3.1 Wasserstand	5	5.4 Verkehrsfehlergrenzen unter Nennbedingungen	8
3.3.2 Fließgeschwindigkeit	5	5.5 Verkehrsfehlergrenzen unter Betriebs- bedingungen	8
		Zitierte Normen und andere Unterlagen	9

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anwendbar für die Ermittlung des Durchflusses in Einrichtungen zur Abwasserableitung. Sie enthält eine Zusammenstellung und Wertung von Verfahren zur Durchflußmessung in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen. Für die Durchflußmessung in Druckleitungen sind DIN 1952 und VDI/VDE 2641 anwendbar. Die Norm soll den an der geordneten Abwasserbeseitigung Beteiligten (Planer, Erbauer, Betreiber, Überwachungsbehörde) als eine Grundlage für die Ermittlung der ab- und eingeleiteten Abwassermengen und damit der Schadstofffrachten dienen.¹⁾

2 Allgemeines

Die zunehmenden Anforderungen an die Abwasserbehandlung im Zuge eines wirksameren Umweltschutzes bedingen für z. B. Dimensionierung, Betrieb und Überwachung von Abwasseranlagen entsprechende Durchfluß- bzw. Mengenmeßverfahren.

Ursachen für die erschwerten Meßbedingungen im Abwasser sind:

- Rückstaeinflüsse
- Großer Schwankungsbereich der Durchflüsse vom kleinsten Nacht-Trockenwetterabfluß bis zum Regenabfluß bei Mischsystemen
- Störeinflüsse infolge der oft ständig wechselnden Abwasserinhaltsstoffe, die zu Verschmutzungen, Ablagerungen und Verstopfung führen können

– Aggressivität und große Temperaturschwankungen, insbesondere bei Industrieabwasser

Ausreichend genaue Meßergebnisse im Abwasser können nur erzielt werden durch die Auswahl geeigneter Meßverfahren und die strikte Einhaltung der Einbau- und Betriebsvorschriften.

Bei der Auswahl der Meßverfahren sind insbesondere zu beachten:

- Eigenschaften des Abwassers
- Festlegungen des Meßbereiches $Q_{\min}$ bis $Q_{\max}$
- Hydraulische Randbedingungen wie maximal zulässiger Energiehöhenverlust, Rückstau usw.
- Anforderungen an die Meßgenauigkeit
- Art der Messung: kontinuierlich, diskontinuierlich
- Möglichkeit der Durchführung von Kontroll- bzw. Kalibriermessungen
- Betriebssicherheit und Wartungsfreundlichkeit
- örtliche Gegebenheiten (Platzverhältnisse, Sicherheitsanforderungen, Umwelteinflüsse)

*) Z. Z. Entwurf

¹⁾ Siehe auch Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz) vom 13. 09. 1976, Bundesgesetzblatt Teil I (1976), Nr. 118, S. 2721

Fortsetzung Seite 2 bis 9

Normenausschuß Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

In der vorliegenden Norm werden einzelne Meßverfahren so beschrieben, daß eine Auswahl für den jeweiligen Anwendungsfall getroffen werden kann.

In weiteren Teilen dieser Normenreihe werden die einzelnen Meßverfahren so weit behandelt, daß danach Meßanlagen geplant und geprüft werden können.

2.1 Zweck der Durchflußmessung

Bei Abwasseranlagen können Durchflußmessungen an verschiedenen Stellen erforderlich werden, z. B.

- an Einleitungsstellen in das öffentliche Kanalnetz
- im Kanalnetz
- auf kommunalen oder Industriekläranlagen
- an Einleitungsstellen in ein Gewässer

An den Einleitungsstellen und im Kanalnetz werden über die Durchflußmessungen hauptsächlich die Abwasserabgaben bzw. die Kostenumlagen ermittelt.

In Kanalnetzen mit Regenabflüssen können über die Durchflußmessungen an kritischen Stellen die Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes ermittelt und Bemessungsdaten gewonnen werden. Hierzu sind jedoch synchron Niederschlagsmessungen durchzuführen. Für die Ermittlung der Abwasserabgaben nach Schmutzfracht und für die Erhebung von Bemessungsdaten für Mischwasserkanalisationen ist eine durchfluß- bzw. mengenproportionale Probenahme erforderlich.

Zudem können Durchflußmeßstellen für die Steuerung von Rückhaltebecken oder größeren Kanalnetzen zweckmäßig sein.

In Kläranlagen werden mit Durchflußmeßstellen zusätzlich folgende Zwecke verfolgt:

- Erfüllung behördlicher Auflagen zur möglichen Überprüfung und Eigenkontrolle der hydraulischen Belastung der Anlage
- Steuerung von Anlagenteilen, wie z. B. Sauerstoffzufuhr und Rücklaufschlammförderung bei Belebungsbecken, Chemikaliendosierung bei dritten Reinigungsteilen usw.
- Ermittlung statistischer Durchflußwerte, wie Extremwerte $Q_{\min}$: $Q_{\max}$, Momentanwerte, Mittelwerte, Summenwerte, Veränderung des Durchflusses mit der Zeit.

2.2 Art der Durchflußmessung

2.2.1 Dauermessung

Bei der Dauermessung wird der Durchfluß ständig angezeigt, registriert oder aufsummiert. Für Steuer- und Regelaufgaben steht das Meßsignal mechanisch, pneumatisch oder elektrisch als Analog- oder Digitalwert ständig zur Verfügung.

Aus diesem Grund soll vom Durchflußmeßgerät ein entsprechendes Signal z. B. zur Steuerung von Probenahmearrichtungen einfach abzugreifen sein.

Zur Anwendung sollen nur zuverlässige und wartungsfreundliche Meßeinrichtungen kommen.

Bei Dauermessungen, die für gezielte Untersuchungen nur kurzzeitig (z. B. für eine Woche) eingesetzt werden, kann auch auf wartungsintensivere Meßeinrichtungen zurückgegriffen werden.

2.2.2 Einzelmessung

Diese Verfahren werden hauptsächlich für Kontroll- und Kalibriermessungen eingesetzt. Hierfür eignen sich im Prinzip alle in Abschnitt 3.2 genannten Verfahren.

Baulich sollten die jeweils erforderlichen Einrichtungen, wie z. B. eine Stecknut für ein Meßwehr, vorgesehen werden.

Die Möglichkeit ist anzustreben, Messungen nach verschiedenen Verfahren parallel durchzuführen.

3 Ausführung der Durchflußmessung

3.1 Grundlagen

Die Bestimmung des Durchflusses erfolgt durch indirekte Verfahren, bei denen eine oder mehrere Meßgrößen erfaßt werden, die in einem eindeutigen Zusammenhang mit dem Durchfluß stehen.

Die zu erfassenden Meßgrößen müssen sich bei Änderung des Durchflusses im gesamten Meßbereich selbst signifikant und reproduzierbar ändern.

Ein geeigneter Meßumformer liefert als Ergebnis ein dem Durchfluß proportionales Signal.

3.2 Meßverfahren

Bei Gerinnen mit Querschnittsverbau wird unter Berücksichtigung hydraulischer Bedingungen ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Durchfluß und der Meßgröße Wasserstand erzeugt. Diese wird durch geeignete Meßwertaufnehmer erfaßt und über Meßgrößenumformer weiterverarbeitet.

Bei Gerinnen ohne Querschnittsverbau werden verschiedene physikalische Größen zur indirekten Bestimmung des Durchflusses herangezogen. Dazu zählen Wasserstand, mittlere Geschwindigkeit und Fließquerschnitt, Volumen und Zeit sowie Referenzdurchfluß und Verdünnung.

Durch die Tieferlegung eines Gerinneabschnittes in Form einer Dükerung ist es möglich, in diesem Abschnitt einen Abfluß unter Druck zu erzeugen. Hier können dann Meßverfahren für die Durchflußbestimmung in Druckrohren (z. B. MID, Wasserzähler) eingesetzt werden.

3.2.1 Durchflußbestimmung über Wasserstandsmessung

Bei diesen Verfahren wird ausschließlich über die Messung von Wasserständen auf den Durchfluß geschlossen.

3.2.1.1 Mit Einengung des Querschnitts

Ziel des Querschnittsverbaus ist die Herstellung eines eindeutigen Zusammenhangs zwischen dem Durchfluß und dem Wasserstand oberstrom des Querschnittsverbaus. Dieser Zusammenhang wird durch eine für den jeweiligen Querschnittsverbau spezifische Abflußkurve beschrieben. Das Unterwasser darf den Oberwasserstand nicht beeinflussen.

a) Venturi-Kanäle (siehe DIN 19 559 Teil 2)

Wesentlicher Bestandteil des Venturi-Kanals ist eine symmetrisch angeordnete, seitliche Einschnürung des Gerinnequerschnitts mit strömungsgünstig gestalteten Verzierungen auf der Anströmseite.

Charakteristische Eigenschaften:

- geringer Verlust an Energiehöhe
- durchgehende Gerinnesohle
- geeignet zur Dauermessung von feststoffhaltigem Abwasser (geringer Wartungsaufwand)
- Auslegung auch für große Durchflüsse möglich
- Anpassung an die Meßaufgabe durch Querschnittsgestaltung möglich
- Verhältnis $Q_{\min}$: $Q_{\max}$ üblicherweise $\geq 0,1$
- Genauigkeit im unteren Teil des Meßbereichs eingeschränkt
- Rückstauinflüsse sind zu beachten
- relativ großer Platzbedarf

b) Meßwehre

Meßwehre sind dünnwandige Platten, die senkrecht zur Strömungsrichtung in offene Gerinne eingebaut werden. Sie weisen je nach Aufgabenstellung unterschiedlich gestaltete Ausschnitte auf. Es muß sichergestellt sein, daß der Strahl des überfallenden Wassers vollständig belüftet ist.

Charakteristische Eigenschaften:

- geringer baulicher Aufwand und geringer Platzbedarf
- bei sachgemäßer Ausführung, Installation und Wartung ist die erzielbare Genauigkeit sehr hoch
- für Kontrollmessungen und Kalibrierung anderer Meßeinrichtungen geeignet
- im Vergleich zum Venturi-Gerinne höherer Aufstau
- Feststoffe können sich vor dem Wehr absetzen und an der Überfallkante anlagern (erhöhter Wartungsaufwand)
- Mindestwehrhöhe (Abstand zwischen Gerinnesohle und Überfallkante) und Mindestüberfallhöhe sind zu beachten

Anwendungsgrenzen der üblichen Meßwehre:**Dreieckwehre**

- Messung von Durchflüssen zwischen $\approx 0,2$ l/s und 100 l/s, je nach Wahl des Öffnungswinkels
- Verhältnis $Q_{\min} : Q_{\max} \geq 0,01$

Rechteckwehre

- Messung sehr großer Durchflüsse (abhängig von der zur Verfügung stehenden Gerinnebreite und der zulässigen Stauhöhe)
- stark eingeschränkte Genauigkeit im unteren Teil des Meßbereiches
- Verhältnis $Q_{\min} : Q_{\max} \geq 0,05$

Trapezwehre

- Messung größerer Durchflüsse als bei Dreieckwehren unter vorgegebener Maximalstauhöhe
- Genauigkeit im unteren Teil des Meßbereiches besser als bei Rechteckwehren

c) Sohlschwellen, Grundwehre

Bei diesen Einrichtungen wird der Querschnitt im Bereich der Gerinnesohle verbaut, wobei die Oberkante der Verbauung quer zur Strömungsrichtung im allgemeinen horizontal verläuft. Je nach Längenentwicklung der Verbauung können Sohlschwellen (kurze Bauform) oder Grundwehre unterschieden werden. Bei den Grundwehren ist als Voraussetzung für die Durchflußberechnung die Länge so groß zu wählen, daß über der Wehrkrone die Ausbildung paralleler Strombahnen auch bei Maximalabfluß gewährleistet ist. Bei beiden Bauformen ist auf eine strömungsgünstige Anströmung (Vermeidung von Kanten) zu achten.

Wird die Verbauung so gewählt, daß ein Fließwechsel vom Strömen zum Schießen erfolgt, dann ist die Messung des Oberwasserstandes ausreichend.

Charakteristische Eigenschaften:

- geringer baulicher Aufwand
- erzielbare Genauigkeit geringer als beim Meßwehr
- verglichen mit dem Venturi-Kanal höherer Aufstau
- Ablagerung von Feststoffen vor der Einengung verändert die Abflußcharakteristik (erhöhter Wartungsaufwand)
- wegen der guten Anpassungsmöglichkeiten bei schwierigen örtlichen Verhältnissen einsetzbar
- Sohlschwellen erfordern eine Kalibrierung
- bei der Festlegung der Höhe der Verbauung ist der Unterwassereinfluß zu beachten

3.2.1.2 Ohne Einengung des Querschnitts

Aus der Meßgröße Wasserstand wird der Durchfluß

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

mit Hilfe einer Abflußgleichung berechnet. Hierzu muß die mittlere Fließgeschwindigkeit v im Querschnitt A aus der Geschwindigkeitsformel

$$v = C \sqrt{RT} \quad (2)$$

ermittelt werden.

Der hydraulische Radius R folgt dabei ebenso wie der Fließquerschnitt A unmittelbar aus dem Wasserstand und der Gerinnegeometrie.

Der Geschwindigkeitsbeiwert C nach de Chézy wird in offenen Gerinnen vorzugsweise über die empirische Beziehung $C = k_{St} \cdot R^{1/6}$ nach Manning-Strickler bestimmt. In teilgefüllten geschlossenen Querschnitten wird dagegen meist der Reibungsbeiwert λ als Funktion der Wandrauheit und der Reynoldszahl herangezogen.

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \quad (3)$$

Als maßgebendes Gefälle I ist das Energiehöhengefälle zu verwenden.

a) Wasserstandsmessung in einem Querschnitt

Da nur an einer einzigen Stelle gemessen wird, muß das unbekannte Energiehöhengefälle I gleich dem Sohlengefälle I_{So} gesetzt werden.

Die bezüglich Einrichtung der Meßstelle und Durchführung sehr einfache Messung ist daher nur sinnvoll, wenn sie an einer Stelle durchgeführt werden kann, an der weitgehend stationär gleichförmiger Abfluß vorliegt.

Charakteristische Eigenschaften:

- keine Beeinflussung der Strömung durch Einengung oder Aufstau
- einsetzbar zur Dauermessung von feststoffhaltigem Abwasser, da nahezu wartungsfrei
- Genauigkeit ist u. a. von der Annahme für den Geschwindigkeitsbeiwert C abhängig
- nur brauchbar in geraden Kanälen mit konstantem Querschnitt (prismatisches Gerinne) außerhalb von Stau- oder Senkungskurven. Im Staubereich wird selbst bei $v = 0$ ein Durchfluß vorgetäuscht
- normalerweise nur zur Abschätzung anwendbar

b) Wasserstandsmessung in zwei Querschnitten

Durch die Aufnahme zweier Wassertiefen können Veränderungen im Abflußgeschehen und in der Gerinnegeometrie längs einer Meßstrecke erfaßt werden. Somit ist das Verfahren auch anwendbar, wenn kein stationär gleichförmiger Abfluß vorliegt.

Der Durchfluß kann aus der Differentialgleichung für die Spiegellinie rückgerechnet werden. Meist genügt es jedoch, einen einfachen Energiehöhenvergleich zwischen Anfang und Ende des Gerinneabschnittes vorzunehmen. Die Reibungsverlusthöhe kann dabei mit ausreichender Genauigkeit über die Geschwindigkeitsformel für mittlere Verhältnisse bestimmt werden.

Charakteristische Eigenschaften:

- keine Beeinflussung der Strömung durch Einengung oder Aufstau
- einsetzbar zur Dauermessung von feststoffhaltigem Abwasser, da nahezu wartungsfrei
- auch im Stau- oder Senkungsbereich einsetzbar
- hohe Anforderungen an Genauigkeit bei der Wasserstandsmessung, da wegen Differenzbildung empfindlich
- abhängig von der Rauheitsannahme (jedoch durch Kontrollmessung kalibrierbar)

3.2.2 Durchflußbestimmung über die mittlere Fließgeschwindigkeit

Der Durchfluß ergibt sich als Produkt aus der mittleren Geschwindigkeit senkrecht zum Fließquerschnitt und dessen Fläche.

Die Fläche wird mit Hilfe des Wasserstandsmeßmittels