



Merkblatt Nr. 4.7/3

Stand: 01. November 2016

alte Nummer: 4.6/3

Ansprechpartner: Referat 65

Kontrolle von Durchflussmeseinrichtungen in Abwasseranlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung	3
2	Rechtlicher Hintergrund	3
3	Messgenauigkeit und zulässige Fehlergrenzen	4
3.1	Messgenauigkeit	4
3.2	Zulässige Fehlergrenzen	7
4	Hinweise zur Planung und Kontrolle nach Bau/Umbau	7
4.1	Örtliche Gegebenheiten/ Infrastruktur	7
4.2	Planung	8
4.3	Anforderungen an die Durchflussmessung	8
4.4	Kontrolle nach Bau und Umbau	9
5	Kontrollen durch den Betreiber	9
5.1	Grundlegende Erfordernisse	9
5.2	Regelmäßige Wartung und Funktionskontrolle	10
5.3	Hinweise zur jährlichen Überprüfung	10
5.4	Dokumentation	11
6	Kontrolle durch PSW oder Herstellerfirma	11
6.1	Allgemeine Information	11
6.2	Funktionskontrolle	12
6.3	Anforderungen an die Vergleichsmessgeräte	12
6.4	Vorgaben an die Durchführung der Kontrollmessung	12
6.5	Messdatenauswertung	13
6.6	Prüfbericht	14
7	Literatur	14
8	Anhang	15
	Anhang 1: Datenblatt Durchflussmessung	15
	Anhang 2: Prüfprotokoll „Jährliche Kontrolle Durchflussmeseinrichtung“ gemäß EÜV	16
	Anhang 3: Technische und konstruktive Grundlagen	18

1 Einleitung und Zielsetzung

Jährlich werden in Bayern rund drei Milliarden Kubikmeter Wasser durch menschlichen Gebrauch in seinen Eigenschaften verändert. Neben häuslichem Abwasser (rund 1,6 Milliarden m³) und Abwasser aus Produktionsprozessen der Industrie kann dies auch Kühlwasser sein.

Die genaue Kenntnis dieser Abwassermenge ist aus wasserwirtschaftlicher, technischer und betriebswirtschaftlicher Sicht von hoher Bedeutung. Unter anderem ist die Berechnung der Abwasserabgabe abhängig von den Messungen der Abwassermenge. Auf den Kläranlagen werden die Probenentnahmegeräte vom Messsignal des Durchflussmessgeräts angesteuert. Misst die Durchflussmeseinrichtung in einem bestimmten Messbereich nicht korrekt, so ist auch die Abwasserprobe nicht repräsentativ.

Das Bayerische Landesamt für Umwelt trägt Verantwortung für die einheitliche Umsetzung gesetzlicher Vorgaben und hat ein besonderes Augenmerk auf wasserwirtschaftliche Belange.

Die Abwassermenge ist vom Betreiber der Abwasseranlage festzustellen. Die zugehörigen rechtlichen Vorgaben sind im Wasserrechtsbescheid und in der Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) geregelt.

Langjährige Erfahrungen der Anlagenüberwachung haben gezeigt, dass die Messungen teilweise fehlerhaft sein können. Dies ist sowohl für den Betreiber als auch für die Wasserwirtschaftsverwaltung nicht tragbar.

Das Merkblatt hat daher folgende Zielsetzungen:

- Informationen für Anlagenbetreiber zum installierten oder zu installierendem Durchflussmessgerät,
- Empfehlungen für Anlagenbetreiber zum ordnungsgemäßen Betrieb und zum Erfüllen der rechtlichen Vorgaben,
- Vorgaben zur einheitlichen Durchführung einer Kontrollmessung und Empfehlungen zur fachlichen Bewertung einer Durchflussmeseinrichtung.

2 Rechtlicher Hintergrund

Nach § 57 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) muss zum Einleiten von Abwasser in ein Gewässer von den zuständigen Behörden eine Erlaubnis erteilt werden. Erfolgt die Einleitung in eine öffentliche Abwasseranlage (Indirekteinleiter), so ist nach § 58 WHG entweder eine Genehmigung von der zuständigen Behörde oder vom Betreiber der öffentlichen Abwasseranlagen erforderlich.

Das einzuleitende Abwasser (Direkteinleitung) muss gemäß § 57 WHG in seiner Menge und Schädlichkeit so gering gehalten werden, wie dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Im Falle einer Indirekteinleitung nach § 58 WHG muss gewährleistet sein, dass die anschließende Direkteinleitung alle Anforderungen einhalten kann. Im Weiteren sind alle Abwasseranlagen nach § 60 WHG so zu errichten, zu betreiben und zu unterhalten, dass die Anforderungen an die Abwasserbeseitigung eingehalten werden.

Die zulässige Abwassermenge wird von der Kreisverwaltungsbehörde in einen Wasserrechtsbescheid festgesetzt (Anforderungswert).

Mit den Durchflussmeseinrichtungen können die Anlagenbetreiber die Einhaltung der Anforderungswerte für den Volumenstrom überwachen. Außerdem können Jahresabflusswerte bestimmt werden, die beispielsweise zur Berechnung der Abwasserabgabe zu Grunde zu legen sind (Jahresschmutzwassermenge).

Die Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) regelt im Anhang 2, welche Abwasseranlagen mit einer kontinuierlich messenden Durchflussmesseinrichtung auszustatten sind (siehe Tabelle 1). Ebenfalls wird geregelt, dass die Einrichtung mindestens jährlich kontrolliert werden muss. Die Qualitätsanforderungen an die Kontrolle der Durchflussmessung werden im Anhang 2 der EÜV mit einem Verweis auf die DIN 19559 sichergestellt. Diese Norm ist jedoch wenig anwenderfreundlich sowie teilweise unpassend und beschreibt nur die Kontrolle von Venturi-Kanälen. Aus diesem Grund soll das vorliegende Merkblatt Qualitätsanforderungen an die Kontrolle der Durchflussmessung beschreiben.

Tabelle 1: Durchflussmessung nach EÜV für verschiedene Abwasseranlagen

Abwasseranlage	Durchflussmessung gemäß EÜV
Kommunale Kläranlagen mit weniger als 1.000 E Ausbaugröße (EW)	Keine kontinuierliche Messung vorgeschrieben
Kommunale Kläranlagen ab 1.000 E Ausbaugröße (EW)	Kontinuierliche Abwasserzufluss- und Abwasserabflussmessung
Industrielle /Gewerbliche Direkteinleiter*	Kontinuierliche Abwasserabflussmessung
Industrielle /Gewerbliche Abwasseranlagen mit weniger als 100 m ³ /d und Einleitung in das öffentliche Kanalnetz (Indirekteinleiter)*	Ermittlung gemäß Frischwasserverbrauch möglich
Industrielle /Gewerbliche Abwasseranlagen ab 100 m ³ /d in das öffentliche Kanalnetz (Indirekteinleiter)*	Kontinuierliche Abwasserabflussmessung

* Bei industriellen /gewerblichen Abwasseranlagen ist sicherzustellen, dass die Menge des Betriebsabwassers getrennt von den Abflüssen von häuslichem Abwasser und Kühlwasser ermittelt wird.

Zudem ist zu beachten, dass nach EÜV Anhang 2, Teil 3 an Durchflussmesseinrichtungen in Kanalnetzen und Entlastungsanlagen mindestens monatlich Funktionskontrollen und jährlich Überprüfungen der Messgenauigkeit durchzuführen sind.

3 Messgenauigkeit und zulässige Fehlergrenzen

Die Messgenauigkeit führt sowohl bei der Auswahl der Messgeräte als auch später bei der Bewertung der Qualität der Messung immer wieder zu Diskussionen. In diesem Kapitel wird daher das Thema kurz erläutert, um anschließend zulässige Fehlergrenzen zu formulieren. Diese sind insbesondere für eine einheitliche Bewertung von Durchflussmesseinrichtungen erforderlich.

3.1 Messgenauigkeit

Das Thema Messgenauigkeit wird im Merkblatt DWA-M 181 (DWA 2011) ausführlich behandelt. Wichtige Begrifflichkeiten und Erkenntnisse daraus werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

Messergebnis

- entspricht einer Annäherung an den „wahren Wert“,
- besteht immer aus dem gemessenen „Näherungswert“ und der zugehörigen Messunsicherheit.

Grobe Fehler

- nicht tolerierbare große Abweichung zwischen Messwert und als wahr angenommenem Wert,
- entstehen durch menschliche Fehler oder Fehlfunktion/Defekt der Messeinrichtung,
- erfordern eine Ursachenklärung,
- Messwert muss als unbrauchbar eliminiert werden.

Messabweichung

- Abweichung zwischen Messwert und als wahr angenommenem Wert,
- wird unterschieden in zufällige und systematische Abweichung,
 - Zufällig: kann nicht vermieden oder ausgeglichen, aber durch häufigeres Messen und Mittelwertbildung verringert werden.
 - Systematisch:
 - Einflüsse müssen erkannt und minimiert werden,
 - das Messergebnis muss um die erkannten und unvermeidlichen Einflüsse korrigiert werden.

Messfehler

- nicht korrigierte systematische Messabweichungen sowie Abweichungen, die Fehlergrenzen überschreiten,
- die Begriffe „Messfehler“ und „Messabweichung“ dürfen nicht miteinander verwechselt werden.

Messunsicherheit

- ergibt sich aus zufälligen Einflüssen und unerkannten oder nicht vollständig korrigierten systematischen Messabweichungen.

Zur Ermittlung der Messunsicherheit:

Basisgröße ist die **Standardunsicherheit c** einer Messgröße. Diese entspricht der statistisch geschätzten Standardabweichung einer mehrmaligen Messung der Messgröße. c kann berechnet oder qualifiziert geschätzt werden. Der Durchfluss wird aber nicht direkt gemessen, sondern bei der Durchflussmessung werden mehrere Messgrößen kombiniert/verrechnet. Dabei haben die in die Berechnung eingehenden Messgrößen mit ihren jeweiligen Standardabweichungen einen unterschiedlichen Einfluss auf das Messergebnis. Die Unsicherheit des Ergebnisses wird daher mit einer **kombinierten Standardunsicherheit u_c** beschrieben.

Oft wird eine Angabe über den Bereich gefordert, in dem das Messergebnis mit einem bestimmten Grad des Vertrauens liegt, z. B. einem Vertrauen mit 95%-iger oder 99%-iger Wahrscheinlichkeit. Die sich daraus ergebende Bereich wird als **erweiterte Unsicherheit U** bezeichnet. Wird die **erweiterte Unsicherheit U** nicht absolut, sondern relativ zum Messwert angegeben, wird sie mit **U^*** bezeichnet. Die Unsicherheit **U^*** wird aus dem Produkt der kombinierten Standardunsicherheit **u_c^*** und dem Erweiterungsfaktor **k** berechnet. Für den Erweiterungsfaktor **k** liegen für unterschiedliche Grade des Vertrauens unterschiedliche Werte vor (vgl. DWA-M 181). Die U -Werte können als Verkehrsfehlergrenzen unter Betriebsbedingungen angesehen werden.

Fehlergrenzen

Fehlergrenzen G geben an, bis zu welcher Abweichung vom Sollwert das Messergebnis noch zulässig ist. Darüber hinausgehende Abweichungen sind unzulässig und damit fehlerhaft.

Fehlergrenzen unter Nennbedingungen:

Messgerätehersteller weisen für jedes Messgerät eine **Garantiefehlergrenze G_g** aus. Diese gilt nur für eine Einzelkalibrierung eines Messgerätes unter Nennbedingungen auf dem Prüfstand. Hier ist **$G = G_g$** . DIN 19559-1 gibt also zunächst nur die **Fehlergrenzen G** unter Referenzbedingungen/Nennbedingungen an. Findet keine Einzel- sondern eine Bauartkalibrierung statt, so gilt: **$G_g = 2 \cdot G$** .

Verkehrsfehlergrenzen $G_{v,n} = 2 \cdot G_g$ gelten, wenn bei Verwendung und Prüfung der Durchflussmessrichtungen vor Ort alle Nennbedingungen (z. B. Messmedium Reinwasser, Installation und Wartung) eingehalten werden.

Fehlergrenzen unter Betriebsbedingungen:

Verkehrsfehler bei Betriebsbedingungen $G_{v,b} = f \cdot G_{v,n}$ berücksichtigen zusätzlich zum Verkehrsfehler bei Nennbedingungen einen **Sicherheitsfaktor f**. Faktor **f** lässt sich nur durch Vergleichsmessungen unter Betriebsbedingungen experimentell feststellen.

DIN 19559-1 teilt für die Angabe der Fehlergrenzen den Messbereich in einen unteren und einen oberen Bereich ein. In Abhängigkeit von der Aufteilung des Messbereichs werden zwei Klassen von Messgeräten definiert. Messgeräte der Klasse II lassen im unteren Messbereich geringere Fehlergrenzen zu als Messgeräte der Klasse I.

Angabe von Messabweichungen und Messunsicherheiten

Messabweichungen und Messunsicherheiten können im gesamten Messbereich unterschiedliche Werte annehmen. So sind in der Regel im unteren Messbereich größere Abweichungen festzustellen als in der Mitte des Messbereichs.

Die Angabe der Abweichung oder der Unsicherheit kann absolut oder relativ (auf den Messwert bezogen) erfolgen. Im Merkblatt DWA-M 181 sind im Anhang D für ausgewählte Messverfahren aus Praxiserfahrungen Angaben zur **erweiterten relativen Unsicherheit U*** für einen Vertrauensgrad von 99 % angegeben (siehe Tabelle 2). Die Werte für **U*** können als Verkehrsfehlergrenzen unter Betriebsbedingungen angesehen werden. Sie zeigen also an, in welchem Messbereich bis zu welchem Fehler (unter Berücksichtigung statistischer Wahrscheinlichkeit) zu rechnen ist. Darüber hinaus sind Messergebnisse fehlerbehaftet.

Tabelle 2: Angaben zur erweiterten relativen Unsicherheit verschiedener Durchflussmessverfahren (Quelle: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: Merkblatt DWA-M 181 „Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen“, September 2011)

Durchflussmessverfahren	erweiterte relative Unsicherheit U^* (%) für ein Vertrauensniveau von 99 % ($p = 0,99$)							
relativer Messwert (% vom Maximalwert der Messeinrichtung)	6	10	20	25	30	50	75	100
Wasserstand¹⁾								
Ultraschallsonde 0 m bis 2 m	3,6	2,3	1,0	0,8	0,8	0,5	0,3	0,3
Wasserstand Drucksonde 0 m bis 2 m	6,2	3,6	1,8	1,5	1,3	0,8	0,5	0,3
Wasserstand Drucksonde 0 m bis 6 m	4,9	3,1	1,5	1,3	1,0	0,5	0,5	0,3
Durchfluss								
Venturikanal	11,1	10,3	9,3	9,3	9,0	8,8	8,5	8,5
MID im vollgefüllten Kreisrohr	5,2	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
MID im teilgefüllten Kreisrohr	7,7	7,7	5,2	5,2	5,2	5,2	7,7 ²⁾	7,7 ²⁾
Rechteckmesswehr	6,4	5,4	4,6	4,4	4,4	3,9	3,6	3,3
Dreiecksmesswehre	6,4	6,2	5,7	5,4	5,4	5,2	4,9	4,9
freier Ausfluss aus Öffnungen	-	-	-	3,3	3,1	3,1	2,8	2,8
kombiniertes Messverfahren von Wasserstand h und Maximalgeschwindigkeit v_{max} im teilgefüllten Kreisquerschnitt $600 \leq DN \leq 1400$ mit $h \geq 8$ cm und näherungsweise axialsymmetrischer Geschwindigkeitsverteilung	17,0	17,0	16,7	16,7	16,7	16,2	15,7	16,7 ²⁾
kombiniertes Messverfahren von h und $v(h)$ im teilgefüllten Kreisquerschnitt $600 \leq DN \leq 1400$ mit $h \geq 8$ cm und näherungsweise axialsymmetrischer Geschwindigkeitsverteilung	10,3	10,3	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	10,4 ²⁾
Tracermessung mit kontinuierlicher Zugabe	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5

Anmerkungen:

¹⁾ Ohne Berücksichtigung von Unsicherheitsanteilen aus Höhenaufmaß und Oberflächenwellen.

²⁾ Im oberen Messebereich ist aufgrund hydrodynamischer und messtechnischer Effekte ein Anstieg der Messabweichungen zu beobachten.

Da Tabelle 2 keine Angaben zur Radarmessung enthält, werden diese wie folgt ergänzt.

kombiniertes Messverfahren von h und v_{mittel} im teilgefüllten Querschnitt (jegliche Gerinneformen)

5,0 bei 90 %-iger Teilfüllung

100 > DN < 2000 mit $h > 2$ mm im laminaren Strömungsprofil

3.2 Zulässige Fehlergrenzen

Im Folgenden werden unter Berücksichtigung der Praxiserfahrungen und der wasserwirtschaftlichen Notwendigkeit für Bayern einheitliche zulässige Fehlergrenzen für alle eingesetzten Messgeräte formuliert. Dies schafft insbesondere im Hinblick auf die nach EÜV jährliche Kontrollmessung (Betreiber) und die alle fünf Jahre durchzuführende Kontrollmessung (Hersteller oder PSW) eine gute Beurteilungsgrundlage.

Folgende Fehlergrenzen sind von allen Messgeräten in allen Messbereichen ab $0,1 \cdot Q_{\text{max}}$ stets einzuhalten. Q_{max} ist hierbei als 100 %-Wert des eingebauten Messgerätes definiert. Der Nachweis erfolgt über die Kontrollmessung nach EÜV. Die Anforderungen an die Kontrollmessung werden in Kapitel 4 beschrieben.

Zulässige Abweichung bei Durchflüssen von $0,1 \cdot Q_{\text{max}}$ bis $1,0 \cdot Q_{\text{max}}$: **10 %**

4 Hinweise zur Planung und Kontrolle nach Bau/Umbau

Die Wahl eines geeigneten Messverfahrens, der richtige Einbau und die Einhaltung der Betriebsvorschrift sind Voraussetzungen für genaue Messergebnisse. Es wird auf das Kapitel 9 im Merkblatt DWA-M 181 verwiesen, das eine Beschreibung der notwendigen Schritte bei Planung, Bau und Installation enthält.

Das Betriebspersonal soll in jeder Phase bis zur Inbetriebnahme eingebunden und eingewiesen werden. Eine Einweisung und Unterrichtung in Funktionsweise, Betrieb und Bedienung der Anlage ist sicherzustellen.

4.1 Örtliche Gegebenheiten/ Infrastruktur

Welche Messsysteme geeignet sind und wie Kontrollen diese Durchflussmessenrichtungen durchgeführt werden können, hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. Die folgenden Punkte müssen in die Überlegungen einfließen:

- Wird die Messeinrichtung in einem explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt?
- Soll die Messeinrichtung in einem geschlossenen oder offenen Gerinne betrieben werden?
- Verfügt die Abwasseranlage über einen Stromanschluss?
- Kann zur Datenübertragung ein Telefonanschluss oder Mobilfunknetz genutzt werden oder kann die Anlage ins Prozessleitsystem integriert werden?
- Sind mit den Messdaten der Anlage weitere betriebstechnische Steuerungen durchzuführen?

Bauliche Randbedingungen zu den jeweiligen Messmethoden werden im [Anhang 3](#) beschrieben.

In Bayern gibt es in ländlichen Gebieten eine Reihe naturnaher Abwasseranlagen, die ohne Strom betrieben werden. Die moderne und kontinuierliche Messung von Abwasservolumenströmen und die digitale Speicherung der Messdaten erfordern jedoch eine Stromquelle. Es ist mittlerweile Standard, dass diese Messgeräte sowohl mittels Photovoltaik als auch mit lang haltbaren Akkus mit vertretbaren Kosten betrieben werden können.

4.2 Planung

Die Einbeziehung eines Experten für Mess- und Regeltechnik bei der Planung hat sich in vielen Fällen bewährt.

Planerische Anforderungen im Hinblick auf Kontrollmessungen

Bereits bei der Planung neuer Durchflussmesseinrichtungen muss die Möglichkeit einer geeigneten unabhängigen Kontrollmessung berücksichtigt werden. Die frühzeitige Einbindung eines externen Prüfers, z. B. Privater Sachverständiger in der Wasserwirtschaft (PSW), wird dringend empfohlen.

Befindet sich die Messeinrichtung in einem Schacht sind groß bemessene Einstiegs- und Lüftungsöffnungen mit leicht handhabbaren Abdeckungen vorzusehen.

Generell muss die Möglichkeit bestehen, die Messeinrichtung zu Wartungszwecken oder zur Nullpunkt-Überprüfung absperren zu können sowie mittels Absperrorgane verschiedene Messbereiche simulieren zu können. Ein sinnvolles Konzept für den Antrieb von Absperrorganen erleichtert bei geringen Kosten die Bedienung. Vor allem für geschlossene Gerinne sollte auf den Einbau einer Bypassleitung geachtet werden.

4.3 Anforderungen an die Durchflussmessung

Messbereich

Messgeräte sind so ausulegen, dass diese den Bescheidswert für Q_{\max} zuverlässig mit ausreichender Genauigkeit (zulässige Abweichung = 10 % vom Messwert) messen können. Bei industriellen/ gewerblichen Anlagen soll sich der abzudeckende Messbereich ebenfalls an dem wasserrechtlich zulässigen Einleitungswert richten.

Zu beachten ist jedoch, dass die zu erwartenden minimalen Abflüsse (z. B. Abflüsse für die Fremdwasserbestimmung nach der Nachtminimummethode) dann ggf. nicht mehr mit ausreichender Genauigkeit gemessen werden können. Alternativ ist auf die gleitende Minimum-Methode auszuweichen.

Messturnus

Um Abflussschwankungen ausreichend genau erfassen zu können, sollte das Messgerät mindestens einen Messwert pro Minute aufzeichnen. Es kann auch ein größeres Zeitintervall zugelassen werden wie z. B. bei Anlagen mit sehr konstanten Abflussverhältnissen oder bei Messgeräten in Anlagen ohne Stromanschluss (Akkubetrieb). Die Dauer von 15 Minuten eines Zeitintervalls darf jedoch nicht überschritten werden.

Messdaten

Das Messgerät muss in der Lage sein, die im Wasserrechtsbescheid festgelegten Anforderungswerte zu erfüllen und die gemessenen Daten zu speichern. Bescheidswerte (in l/s oder m³/h) sollten an einem fortlaufenden Summenzähler und an einer Momentanwertanzeige abzulesen sein. Die Daten können direkt digital ausgelesen oder per Datenfernübertragung (DFÜ) an den Arbeitsplatz übermittelt werden. Das aufwändige Auswechseln und Digitalisieren von Diagrammbögen entfällt.

In aller Regel ist für eine korrekte Messdatenermittlung eine Berechnungssoftware erforderlich, die vom Messgerätehersteller zusammen mit dem Messgerät ausgeliefert wird.



Hinweise zur Messdatenermittlung:

Bei einem Anforderungswert mit der Einheit m^3/h ist es nicht korrekt, aus dem aktuell gemessenen l/s -Wert auf das Stundenmittel hochzurechnen. Bei einem minütlichen Messintervall sind daher die vergangenen 60 Messwerte zu betrachten und über eine Integralfunktion der tatsächliche Abfluss zu errechnen. Mit jedem neuen Messwert wird die Berechnung erneut durchgeführt.

Bei einem Anforderungswert mit der Einheit m^3/d wird bei einem minütlichen Messintervall eine Integralfunktion der letzten 1.440 ($24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min}$) Messwerte, beginnend vom letzten Messwert um 24:00 Uhr ermittelt und der Tagesabfluss bestimmt.

Die minimalen und maximalen Abflusswerte (m^3/h) müssen entsprechend den Vorgaben der EÜV im Betriebstagebuch dokumentiert werden. Die Messdaten sind bei einer amtlichen Überwachung der Wasserwirtschaftsverwaltung bzw. den beauftragen Privaten Sachverständigen in der Wasserwirtschaft (PSW) vorzulegen.

4.4 Kontrolle nach Bau und Umbau

Unmittelbar nach der Inbetriebnahme der neu eingebauten oder umgebauten Durchflussmessrichtung muss diese durch eine Kontrollmessung nach den Vorgaben dieses Merkblatts überprüft werden. Bei Überschreitung der zulässigen Fehlergrenzen nach Kapitel 3.2 ist die Abnahme zu verweigern. Die Ursache für die fehlerhafte Messung ist zu ergründen und zu beseitigen. Nach der Beseitigung ist innerhalb von drei Monaten eine weitere Kontrollmessung durchzuführen. Der Prüfbericht ist dem Wasserwirtschaftsamt gemäß EÜV dem Jahresbericht beizufügen.

5 Kontrollen durch den Betreiber

Gemäß EÜV muss jährlich durch den Betreiber eines kontinuierlich messenden Durchflussmessgeräts eine Kontrollmessung erfolgen. Eine Kontrollmessung gemäß DIN 19559 mit einem unabhängig messenden Messgerät ist jedoch nur durch einen PSW/Hersteller möglich. Bei der jährlichen Kontrolle ist es daher ausreichend, wenn der Betreiber nachweist, dass er mindestens die nachfolgend aufgeführten grundlegenden Erfordernisse erfüllt sowie die regelmäßige Wartung und die Funktionskontrollen der Messeinrichtung durchführt. Die Ergebnisse sind zu dokumentieren und gemäß EÜV Anhang 2, Teil 1 und 2, Punkt 1.4 dem Jahresbericht beizufügen.

5.1 Grundlegende Erfordernisse

Datenblatt Durchflussmessung

Die Kenntnis über das eingesetzte Messverfahren ist die wesentliche Voraussetzung für alle Wartungs- und Prüfschritte. Auch im Hinblick auf die nach der EÜV geforderte 5-jährliche Kontrollmessung ist es sehr hilfreich, wenn die Messeinrichtung mit den wesentlichen Informationen beschrieben werden kann. Eine aufwändige Recherche durch den PSW oder Hersteller entfällt dadurch und vermeidet für den Betreiber unnötige Kosten.

[Anhang 1](#) enthält ein Muster-Datenblatt zur Beschreibung einer Durchflussmesseinrichtung. Das ausgefüllte Datenblatt bzw. die zugehörigen Informationen sind griffbereit beim Betreiber aufzubewahren und dem Prüfbericht beizulegen.

Betriebsvorschriften und Betriebsanweisung

Die Betriebsanweisung der Abwasseranlage muss auch die Durchflussmesseinrichtung berücksichtigen. Das Merkblatt DWA-M 181 enthält Vorschläge für die Umsetzung.

Für die Kontrollmaßnahmen an Durchflussmesseinrichtungen sollen unter anderem vorgehalten werden:

- Bedienungsanleitung des Geräteherstellers,
- Bauwerkszeichnungen mit Höhenangaben und Vermessungen,
- Schaltpläne,
- Parametereinstellungen und Kennlinien von Geräten und Messeinrichtungen,
- Ergebnisse durchgeführter Kalibrierungen,
- Wartungs- und Inspektionspläne.

5.2 Regelmäßige Wartung und Funktionskontrolle

Jede Durchflussmesseinrichtung muss durch das Betriebspersonal regelmäßig gewartet und auf ihre Funktionalität überprüft werden. Die erforderlichen Wartungsarbeiten sind vom Hersteller festzulegen. Die entsprechenden Unterlagen sind beim Betriebspersonal aufzubewahren. Liegen keine Unterlagen vor, so sind diese beim Hersteller anzufordern (z. B. mit dem Datenblatt in [Anhang 1](#)).

Es wird empfohlen, die erforderlichen Wartungsarbeiten und Funktionskontrollen in einer Checkliste zusammenzustellen und die durchgeführten Arbeiten zu dokumentieren.

Arbeitstäglich für Kläranlagen kleiner 5.000 E (Ausbaugröße) und täglich für Kläranlagen ab 5.000 E (Ausbaugröße) sind Messgeräte gemäß EÜV zu kontrollieren. Es wird empfohlen, so vorzugehen:

- Allgemeine Sichtkontrolle der Messstelle (bei Bedarf sofortige Reinigung der Messstrecke),
- Allgemeine Kontrolle der Messdatenerfassung und ggf. der Datenübertragung (z. B. Ausfall der Messdatenaufzeichnung),
- Bewertung der Plausibilität der Messdaten (anormale Werte, Ausreißer, Grenzwertüberschreitungen, längeres Messen außerhalb der Anwendungsgrenzen, etc.),
- Überprüfung der Datums- und Zeitangaben,
- Kontrolle der Energieversorgung (z. B. Akku-Ladezustand),
- gegebenenfalls Dokumentation von Feststellungen und durchgeführten Wartungsarbeiten.

An Durchflussmesseinrichtungen in Kanalnetzen und Entlastungsanlagen sind nach EÜV, Anhang 2, Teil 3 mindestens monatliche Funktionskontrollen (mögliche Kontrollen oben beschrieben) durchzuführen. Werden die Messdaten per Datenfernübertragung an den Arbeitsplatz übermittelt, sollten die Daten arbeitstäglich auf Plausibilität geprüft werden.

Das DWA-Merkblatt M 181 enthält weitere Hinweise zur Wartung und Funktionskontrolle der Anlagen.

5.3 Hinweise zur jährlichen Überprüfung

Neben den regelmäßig durchzuführenden Wartungsarbeiten und Funktionskontrollen ist einmal jährlich gemäß EÜV eine „Kontrollmessung“ durch den Betreiber der Anlage durchzuführen.

Für die in diesem Merkblatt genannten Messmethoden werden im [Anhang 2](#) Muster-Prüfprotokolle angeboten.

Die Prüfprotokolle müssen enthalten:

- Beschreibung der Messeinrichtung (z. B. mit dem Datenblatt im [Anhang 1](#)),
- durchgeführte Betriebs- und Funktionskontrollen,
- Dokumentation der Vorgehensweise bei Funktionskontrollen (z. B. Füllstandsmessung mit Meterstab),

- Ergebnisse der Funktionskontrollen,
- Auswertung spezifischer Durchflusskenndaten und Vergleich mit Vorjahren,
- zusammenfassende Beurteilung,
- eingeleitete oder einzuleitende weitere Schritte zur Mängelbehebung (falls zutreffend),
- ergriffene Maßnahmen zur Behebung der bei der Kontrollmessung festgestellten Mängel (falls zutreffend),
- Datum, Name und Unterschrift des verantwortlichen Betriebsleiters.

Hinweise für Messwehr und Venturi-Kanal

Die kontinuierlich messende SI-Einheit ist die Wasserstandsmessung. Aus diesem Grund ist bei der jährlichen Funktionskontrolle insbesondere diese Messeinrichtung genauer zu betrachten.

Die Kontrollmessung muss beinhalten:

1. Nullpunktmessung: Der Abwasserabfluss ist kurzzeitig abzusperren. Das Messgerät darf dementsprechend keinen Abfluss anzeigen.
2. Simulation der Abwasserhöhe: Zum Beispiel können handelsübliche Kunststoffbehälter bekannter Höhe unter das Wasserstandsmessgerät gestellt werden. Die Messung muss die entsprechende Höhe anzeigen. Mindestens zwei verschiedene Höhenmessungen sind durchzuführen.
3. Die tatsächliche Wasserstandshöhe ist mittels Meterstab zu überprüfen und dem vom Messgerät aufgezeichneten Wert gegenüberzustellen.

Die weiteren Hinweise zur jährlichen Überprüfung können dem Prüfprotokoll in [Anhang 2](#) entnommen werden.

Hinweise zum Ultraschallverfahren und MID

Die Kontrollmessung muss beinhalten:

1. Nullpunktmessung: Der Abwasserabfluss ist kurzzeitig abzusperren. Das Messgerät darf dementsprechend keinen Abfluss anzeigen.
2. Plausibilitätsprüfungen wie z. B. der Vergleich von Zu- und Ablaufdurchflüssen sowie die Prüfung von Trockenwetter-Ganglinien und den Jahresabwassermengen sollten durchgeführt werden. Auffälligkeiten wie Peaks oder Schwankungen sind hierbei zu notieren.

Die weiteren Hinweise zur jährlichen Überprüfung können dem Prüfprotokoll in [Anhang 2](#) entnommen werden.

5.4 Dokumentation

1. Die Wartungsprotokolle sind beim Anlagenbetreiber aufzubewahren.
2. Die Ergebnisse der jährlichen Funktionsüberprüfung durch den Betreiber sind in einem Bericht zusammenzufassen und gemäß EÜV Anhang 2, Teil 1 und 2, Punkt 1.4. dem Jahresbericht beizufügen.

6 Kontrolle durch PSW oder Herstellerfirma

6.1 Allgemeine Information

Gemäß EÜV muss der Betreiber von Abwasseranlagen seine Durchflussmesseinrichtung im 5-jährlichen Turnus mit einer Kontrollmessung durch die Herstellerfirma oder den privaten Sachverständigen in

der Wasserwirtschaft (PSW) überprüfen lassen. Wird ein neues Durchflussmessgerät eingebaut oder die Einrichtung bautechnisch anderweitig verändert, ist auch eine Kontrollmessung durchzuführen.

Die Kontrollmessung erfordert die Überprüfung des eingebauten Messgeräts durch ein zweites unabhängig messendes Messgerät. Eine reine elektronische Funktionsüberprüfung des eingebauten Messgerätes ist daher nicht ausreichend.

Im Folgenden werden Mindestanforderungen an die Kontrollmessung formuliert. Die Leistungsbeschreibung ist darauf auszurichten.

6.2 Funktionskontrolle

Wesentlich für eine fehlerfreie Durchflussmessung ist der fachgerechte Bau und Betrieb der Messstelle. Konstruktive Fehler oder nicht fachgerechter Betrieb der Messeinrichtung sind oftmals Gründe für systematische Messabweichungen. Hierbei ist auch die komplette Messkette bis zur Ausgabe der Messwerte (Betriebstagebuch) zu betrachten.

Im Rahmen der Kontrollmessung sind daher neben der eigentlichen Vergleichsmessung auch Überprüfungen der Messstelle vorzunehmen. Dies umfasst zunächst die Bewertung der jährlichen Prüfprotokolle des Betreibers. Die darin festgestellten Mängel und die Behebung derselben sind in Augenschein zu nehmen. Stichprobenhaft soll auch weiterhin geprüft werden, ob die Wartungsarbeiten des Betreibers tatsächlich durchgeführt wurden.

Die Messstelle selbst ist auf offensichtliche Mängel oder konstruktive Fehler zu kontrollieren. In diesem Fall soll zunächst auf die Behebung der Mängel durch den Betreiber bestanden werden. Die eigentliche Vergleichsmessung soll zeitnah (innerhalb von drei Monaten) im Anschluss an die Mängelbehebung durchgeführt werden.

6.3 Anforderungen an die Vergleichsmessgeräte

Kontroll- bzw. Vergleichsmessungen werden in der Regel mit Hilfe von mobilen Messgeräten durchgeführt.

Folgende Mindestanforderungen werden an die Vergleichsmessgeräte gestellt:

- Die Referenz-/Vergleichsmessgeräte sollten (bezogen auf die Abweichung vom Messwert Q) gegenüber dem zu überprüfendem Messgerät gleichwertig bzw. besser sein (d. h. die Garantiiefahrgrenze sollte gleich oder kleiner sein).
- Die Messgenauigkeit der Prüfgeräte ist einmal jährlich durch Vergleichsmessungen und alle fünf Jahre durch den Hersteller nachzuprüfen.
- Die Anwendungsgrenzen des jeweiligen Messgerätes sind vor Ort einzuhalten und sind im Prüfbericht zu vermerken.

6.4 Vorgaben an die Durchführung der Kontrollmessung

Jede zu überprüfende Messstelle hat ihre eigenen charakteristischen Eigenschaften. Aus diesem Grund kann nicht vorgegeben werden, wie eine Kontrollmessung durchgeführt werden muss.

Eine Kontrollmessung nach EÜV soll jedoch – nach Möglichkeit – nachfolgende Anforderungen erfüllen. Abweichungen sind zu begründen und im Kontrollbericht festzuhalten.

Grundsätzliche Anforderungen

Aufgabe einer Kontrollmessung ist zunächst festzustellen, ob das zu prüfende Messgerät innerhalb der zulässigen Fehlergrenzen arbeitet. Werden zu große Abweichungen festgestellt, ist dem Fehler durch den Betreiber nachzugehen. Eine Fehlersuche ist nicht Bestandteil der Kontrollmessung. Sie ist in einem eigenen Auftrag abzuwickeln.

Eingriffe in die Anlage durch den PSW sind auf jeden Fall zu vermeiden. Bestimmte Mängel wie z. B. eine Nullpunktverschiebung können durch den Betreiber sofort behoben werden, damit die Kontrollmessung fortgesetzt werden kann.

Anforderungen an den zu prüfenden Messbereich

Die Kontrolle eines stationär eingebauten Durchflussmessgeräts muss entweder

- a) über eine Langzeitmessung beide Messbereiche sicher darstellen oder
- b) über eine Abfluss-Simulation erfolgen.

Eine Nullpunktmessung ist in jedem Fall durchzuführen.

Bei der Kontrollmessung soll der gesamte Messbereich unter Berücksichtigung der üblichen Betriebsverhältnisse geprüft werden.

- a) Langzeitmessung:

Bei der Langzeitmessung sind die beiden Messbereiche $< 0,3 \cdot Q_{\max}$ und $\geq 0,3 \cdot Q_{\max}$ abzudecken (Tabelle 3).

- b) Simulation:

– Anforderungen an die Simulation:

- die Abfluss-Verhältnisse sind stabil zu halten, bevor die Messungen beginnen
- in jedem Messbereich sind je fünf Messungen vorzusehen (Tabelle 3).

– Simulation kann durch künstliche Herbeiführung unterschiedlicher Durchflüsse z. B. durch Speicherung vor dem Zulaufpumpwerk, Betrieb des Zulaufpumpwerks mit verschiedenen Pumpen- oder Drehzahlkombinationen und Zuförderung aus einem Speicherbecken herbeigeführt werden.

Tabelle 3: Messbereiche der Kontrollmessungen

Messbereich	Beschreibung
Messbereich 1	$< 0,3 \cdot Q_{\max}$
Messbereich 2	$\geq 0,3 \cdot Q_{\max}$

6.5 Messdatenauswertung

Nach der Messdurchführung werden die beiden Messreihen (stationäres Messgerät und Kontrollmessgerät) wie folgt überprüft und ausgewertet:

- a) Bei Langzeitmessungen ist die Berechnung von Mittelwerten sinnvoll, um Stundenwerte auswerten zu können. Für die jeweiligen Messbereiche ist eine Abweichung aus den Stundenwerten zu berechnen.
- b) Bei Simulationen können Momentanwerte und Summenwerte ausgewertet werden.
- c) Je Messbereich ist der Mittelwert der Abweichung der in Kapitel 3.2 festgelegten Fehlergrenzen von 10 % gegenüber zu stellen.

Liegt die Kontrollmessung in einem Messbereich über den zulässigen Fehlergrenzen, so ist die Messung als fehlerhaft anzusehen.

6.6 Prüfbericht

Das Ergebnis der Kontrollmessung wird in einem Prüfbericht dokumentiert. Er soll folgende Inhalte aufweisen:

- Beschreibung der Messstelle und des eingebauten Messgeräts (mit Angabe der Garantiefehlergrenze),
- Beurteilung der Qualität der jährlichen Prüfprotokolle des Betreibers sowie der laufenden Wartungsarbeiten und der Funktions- und Plausibilitätskontrollen,
- Ergebnis der selbst durchgeführten Funktionskontrolle am Bauwerk,
- Beschreibung der Vorgehensweise bei der Vergleichsmessung,
- Beschreibung des eingesetzten Vergleichsmessgeräts (inkl. Benennung der Garantiefehlergrenze und der letztmaligen Kalibrierung),
- Ergebnis und nachvollziehbare Darstellung der Messdatenauswertung,
- Fotodokumentation,
- Beurteilung im Hinblick auf zulässige Fehlergrenzen,
- Darstellung und Beurteilung der vorliegenden Mängel inklusive Empfehlung für weitere Schritte durch den Betreiber,
- Eintragung eines neuen Termins für die nächste Kontrollmessung.

Der Prüfbericht ist dem Betreiber auszuhändigen. Dieser muss den Prüfbericht zusammen mit dem Jahresbericht gemäß EÜV der Wasserwirtschaftsverwaltung übermitteln.

Werden im Rahmen der Kontrollmessung Messabweichungen über der zulässigen Fehlergrenze festgestellt, ist der Prüfbericht **unverzüglich** an das zuständige Wasserwirtschaftsamt zu übermitteln.

7 Literatur

DIN 19559-1 (1983): Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen; Allgemeine Angaben.

DIN 19559-2 (1983): Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen; Venturi-Kanäle.

DWA (2011): DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: Merkblatt DWA-M 181 „Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen“.

HLfNUG (2016): Hessisches Landesamt für Natur, Umwelt und Geologie: Merkblatt D 2.10 „Durchflussmessenrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen“.

ÖWAV (2007): Überprüfung stationärer Durchflussmessenrichtungen auf Abwasserreinigungsanlagen. ÖWAV-Regelblatt 38. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien.

LfU (2008): Messeinrichtungen an Quellen. Merkblatt 2.1/10. Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.

8 Anhang

Anhang 1: Datenblatt Durchflussmessung

Charakterisierung der Durchflussmeseinrichtung

Bezeichnung Abwasseranlage: _____

Bezeichnung der Messstelle: _____

genauer Einbauort: Zulauf nach Vorklärung Ablauf Abwasserbehandlung

Medium: häusliches Abwasser _____

Jahr der Inbetriebnahme: _____

Angaben zum Messverfahren

Technik

- Venturi-Kanal
 MID
 Messwehr
 Ultraschall-Dopplerverfahren
 Ultraschall-Laufzeitverfahren
 Radar-Dopplerverfahren

Messwertaufnahme Wasserstand

- Ultraschallsender
 Radar
 Druckaufnehmer
 Einperlpegel

Fabrikat: _____

Fabrikat: _____

Typ: _____

Typ: _____

Seriennummer: _____

Seriennummer: _____

Maßangaben

Venturi/offenes Gerinne

Kanalbreite _____ [cm]

Einschnürung _____ [cm]

Rohrleitung (MID, Ultraschall)

DN _____

Messwehr

Öffnungswinkel _____ [°]

Messbereich: von _____ bis _____ [l/s]

Messunsicherheit/Garantiefehlergrenzen: von _____ bis _____ [%]

Angaben zum Messwertumformer

Fabrikat: _____

vor Ort Warte

Programmierter Messbereich 100% = _____ [l/s]

Messintervall: _____ [min]

Analogsignal Ausgang: [0 – 20 mA] [4 – 20 mA] _____

Datenaufzeichnung

Durchflusssummen und Momentanwerte (l/s, m³/h) werden aufgezeichnet:

Anzeige Messwertumformer Registriergerät Prozessleitstelle

Bemerkungen: _____

Stand der Information: _____ zuständige Person: _____

Anhang 2: Prüfprotokoll „Jährliche Kontrolle Durchflussmeseinrichtung“ gemäß EÜV

Jährliche Kontrolle Durchflussmeseinrichtung gemäß EÜV

Bezeichnung Abwasseranlage: _____

Datum der Überprüfung: _____

Angaben zur Messeinrichtung (siehe Datenblatt)

Technik

- Venturi-Kanal
- MID
- Messwehr
- Ultraschall-Dopplerverfahren
- Ultraschall-Laufzeitverfahren
- Radar-Dopplerverfahren
- _____

Messwertaufnahme Wasserstand

- Ultraschallsender
- Radar
- Druckaufnehmer
- Einperlpegel
- _____

Durchgeführte Funktions- und Plausibilitätskontrollen

- Allgemeine Sichtkontrolle
- Überprüfung der Lage des Messwertaufnehmers und der Befestigungen
- Reinigung des Messwertaufnehmers
- Überprüfung der Kabelverbindungen
- Kontrolle der Energieversorgung
- Reinigung der Messstrecke und Beseitigung von Ablagerungen
- Allgemeine Kontrolle der Messdatenübertragung
- _____
- _____
- _____

Auswertung von Durchflusskenndaten

Die Auswertung ist nach Ablauf des Jahres durchzuführen.

Eingangsgrößen	Vorjahr	Prüfjahr
Jahresschmutzwassermenge [m ³]		
Frischwassereinsatz [m ³]		
Jahresschmutzwassermenge pro angeschlossenen Einwohner und Tag		
Minimal gemessener Durchfluss [m ³ /h; m ³ /d]		
Maximal gemessener Durchfluss [m ³ /h; m ³ /d]		

Sind die Durchflusskennndaten plausibel: JA NEIN

Ergebnisse der Kontrollmessung:

Messbereich	Angezeigte Höhe	Angezeigter Durchfluss (l/s)	Durchfluss nach Q-h-Kurve	Bemerkung
Nullpunktmessung				
Simulierte Höhe = ____ cm				
Simulierte Höhe = ____ cm				
Zollstockhöhe 1 = ____ cm				
Zollstockhöhe 2 = ____ cm				

Hinweis: Für hydraulische Verfahren (Messwehr, Venturi-Gerinne) ist die gesamte Tabelle „Ergebnisse der Kontrollmessung“ auszufüllen, für Verfahren mit Geschwindigkeitsmessung (MID, Ultraschall und Radar) reicht die Nullpunktmessung.

Bemerkung zur Vorgehensweise Kontrollmessung:

Angaben zur letzten Kontrollmessung durch PSW oder Hersteller:

Datum der letzten Kontrollmessung durch PSW/ Hersteller: _____

Wurden Mängel festgestellt: JA NEIN

Wenn ja, sind diese Mängel behoben worden?

Zusammenfassende Einschätzung/ Beurteilung:

Einzuleitende Maßnahmen:

Datum: _____

Zuständige/r: _____

Anhang 3: Technische und konstruktive Grundlagen

Es gibt eine Vielzahl von Methoden zur Ermittlung von Durchflüssen. Allen gemein ist, dass mit Hilfe der Messgeräte der Durchfluss nicht gemessen, sondern nur berechnet werden kann.

Die am häufigsten im Abwasserbereich eingesetzten Messgeräte (Messwehr, Venturi-Kanal, Ultraschall-Verfahren und Magnetisch-Induktive Durchflussmessung sowie die Radar-/ Höhenstandsdurchflussmessung) werden im Folgenden kurz erläutert. Für weitergehende Details wird auf das Merkblatt DWA-M 181 verwiesen.

Bei den gängigen **hydraulischen Methoden** (z. B. Messwehr und Venturikanal) kann durch eine eindeutige Beziehung zwischen Wasserstand und Abfluss („Q/h-Kennlinie“) der Durchfluss berechnet werden. Es findet daher nur eine kontinuierliche Messung des Wasserstandes statt. Die **Radar-** und **Ultraschall-Verfahren** sowie die **magnetisch-induktive Durchflussmessung (MID)** zählen zu den Geschwindigkeitsflächenmethoden.

Volumetrische Methoden und **Tracer-Methoden** werden in diesem Merkblatt nicht ausgeführt.

Messwehr

Ein erprobtes Verfahren zur kontinuierlichen oder stichprobenartigen Durchflussbestimmung bei kleineren Zuflüssen ist die Überfall-Messung mit dünnwandigen Messwehren. Häufigste Wehrform ist das Dreieckwehr. Auch das Trapezwehr und bei größeren Zuflüssen das Rechteckwehr werden verwendet. Der erforderliche Aufstau kann zu verstärkten Ablagerungen im Gerinne führen, deshalb ist die Messung im Kläranlagenablauf vorzuziehen.

Zur kontinuierlichen Durchflussmessung werden lediglich eine Höhenstandsmessung (z. B. mit Ultraschallsensor oder Radarsensor) und eine Q/h-Kennlinie benötigt.

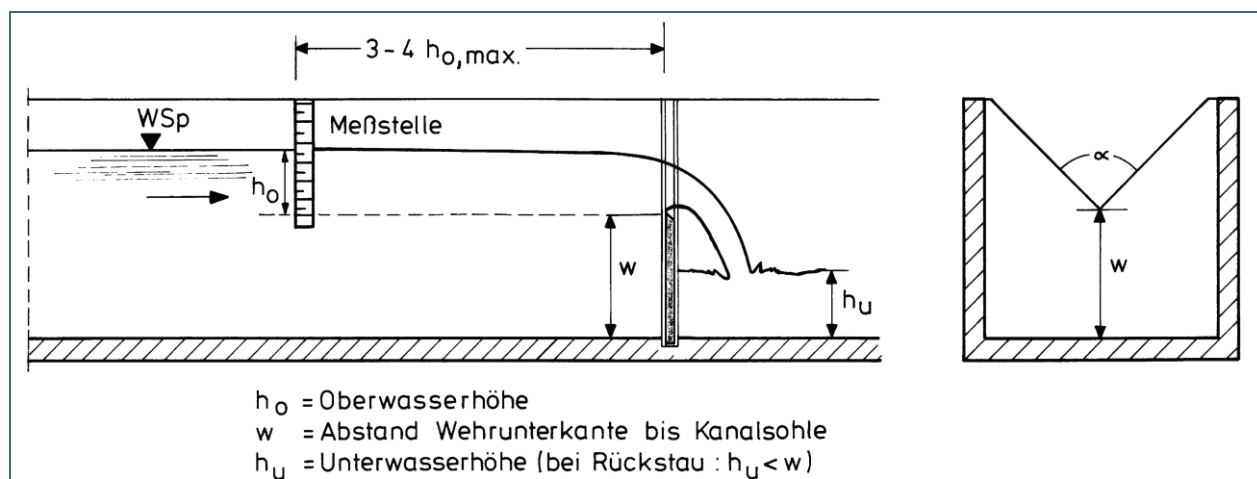


Abb. 1: Prinzipskizze eines Dreieck-Messwehres

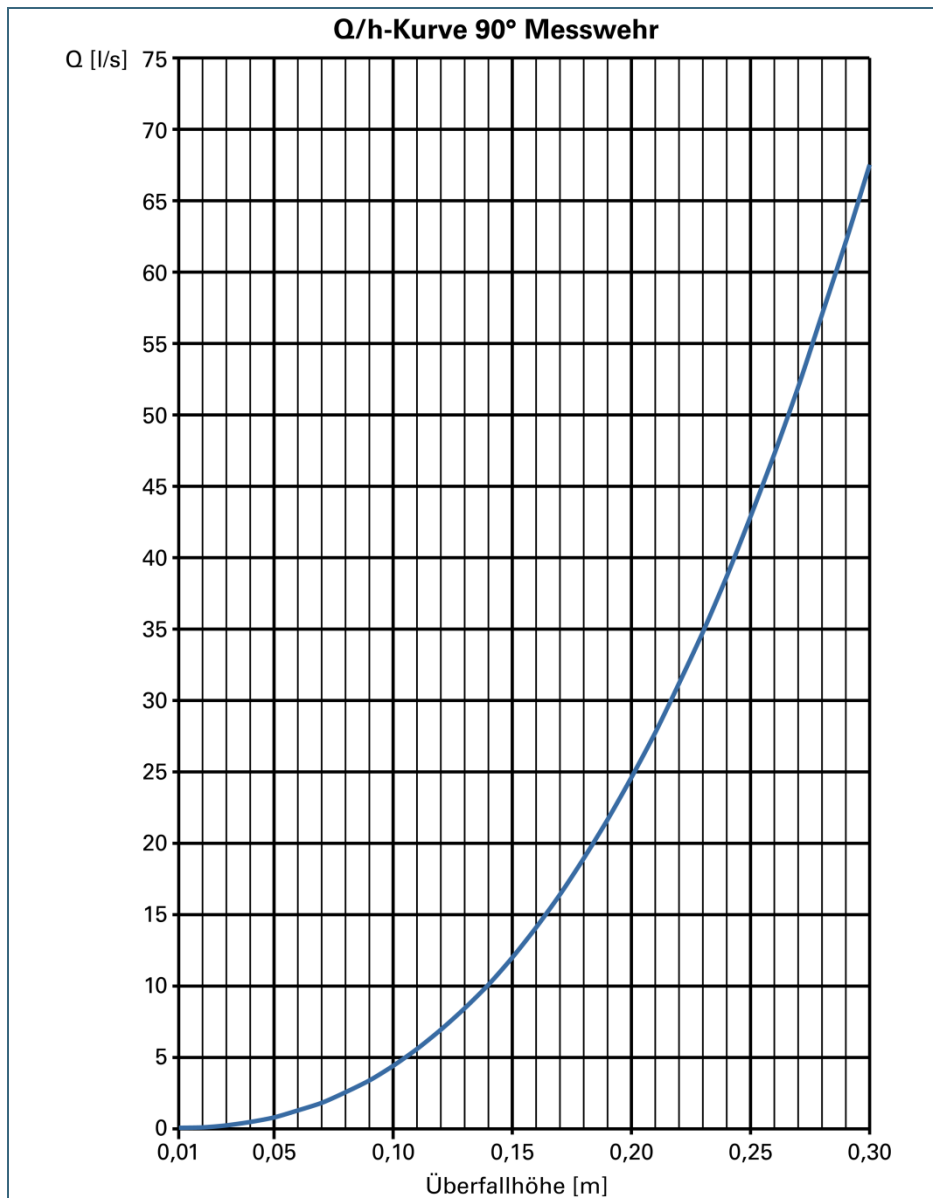


Abb. 2:
Q-h-Kurve für ein Mess-
wehr (x-Achse: Überfall-
höhe (m); y-Achse:
Abfluss Q (l/s))

Grundsätzlich ist zu beachten:

- Messwehr muss senkrecht zur Kanalachse stehen,
- dichter Einbau des Messwehrs, damit der gesamte Zufluss über das Messwehr fließt,
- geradliniger Verlauf des Messgerinnes auf einer Länge von $6 \cdot h_{0,max}$,
- Verhinderung von Kreisströmungen durch Leitbleche oder Tauchwände,
- Wasserstandsmessung im Abstand von 3 bis $4 \cdot h_{0,max}$,
- der Abstand w zwischen Wehroberkante und Kanalsohle sollte mindestens 30 cm betragen und zusätzlich die Bedingung $w > h_0$ erfüllt sein,
- der Strahl des überfallenden Wassers muss vollständig belüftet sein,
- beim Dreieckwehr sollten durch die richtige Wahl des Öffnungswinkels die Oberwasserhöhen zwischen 5 cm und 25 cm liegen. Bei Oberwasserhöhen unter 5 cm legt sich der Strahl an und ist nicht mehr hinterlüftet – eine Messung ist nicht mehr möglich,
- das Wehr muss scharfkantig sein und eine luftseitige Abschrägung von 45° besitzen,
- an der Überfallkante dürfen sich keine Feststoffe anlagern,
- Rückstau darf den freien Überfall nicht behindern.



Abb. 3: Dreieckmesswehr in Betrieb



Abb. 4: Dreieck-Messwehr in der Flattach

Venturi-Kanal

Der Venturi-Kanal ist eine fest eingebaute Messanlage in einem offenen Gerinne. Durch eine Einengung im Zulaufkanal wird ein Aufstau des zu messenden Mediums erzeugt. Im Venturi-Kanal kommt es dabei zum Übergang von strömendem zum schießenden Abfluss (Wechselsprung). Es besteht eine feste Beziehung zwischen dem Wasserstand im Oberwasser und dem Abfluss durch den Venturi-Kanal (Q/h -Kennlinie). Durch die Messung des Oberwasserstands lässt sich der Durchfluss bestimmen. Einzelheiten dazu siehe DIN 19559 [1].

Grundsätzlich zu beachten sind:

- Einsatz unabhängig vom Verschmutzungsgrad des Wassers,
- bei geringen Platzverhältnissen oder bei Rückstau ist der Venturi-Kanal ungeeignet,
- die Messunsicherheit kann gegenüber anderen Messmethoden relativ hoch sein (Tabelle 2),
- für einen Venturi-Kanal sprechen die geringe Verstopfungsgefahr und die relativ einfache Durchführung von Kontrollmessungen.

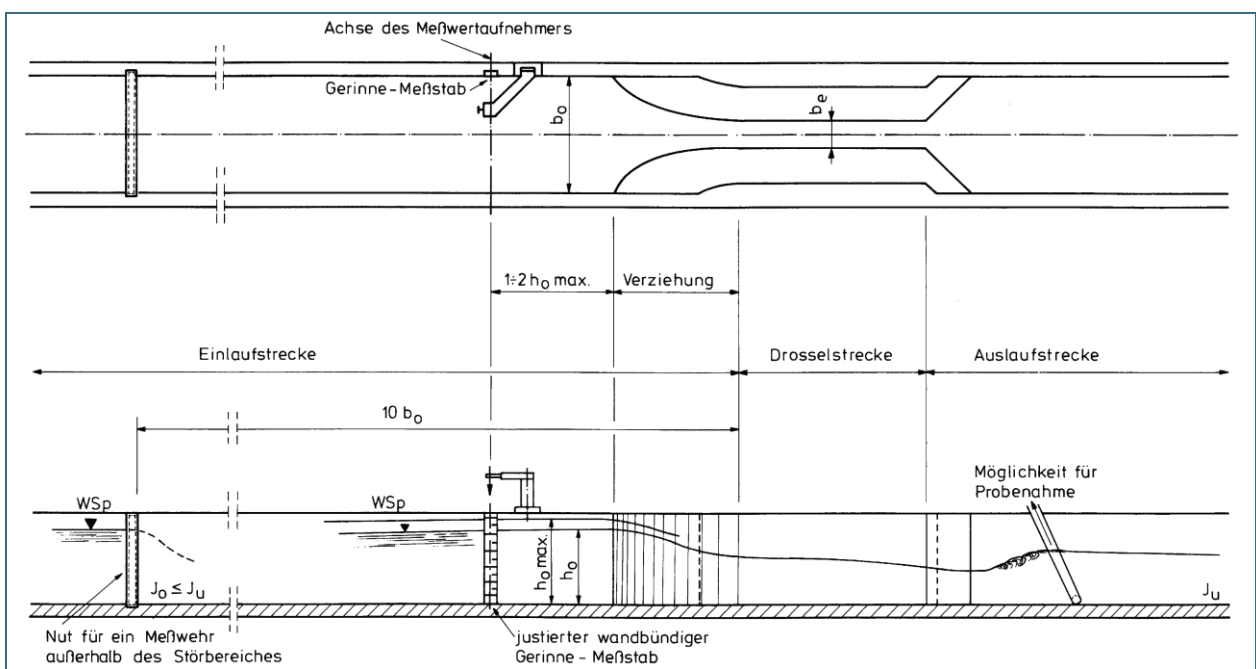
Abb. 5: Prinzipskizze eines Venturi-Gerintes (h_0 =Oberwasserhöhe; b_0 =Gerinnebreite und b_e =Breite der Einengung)

Tabelle 4: Beispiel und Auszug einer Berechnung für ein Venturi-Gerinne für $b_0 = 0,4$ m und $b_e = 0,8$ m

Höhe (m)	Faktor	Q (m ³ /s)	Q (l/s)	Korrekturfaktor	Q (l/s)	Q (m ³ /h)
0,01	0,72525349	0,00072525	0,7	0,97	0,7	3
0,02	0,72525349	0,00205133	2,1	0,97	2,0	7
0,03	0,72525349	0,00376853	3,8	0,97	3,7	13
0,04	0,72525349	0,00580203	5,8	0,97	5,6	20
0,05	0,72525349	0,00810858	8,1	0,97	7,9	28
0,06	0,72525349	0,01065901	10,7	0,97	10,3	37
0,07	0,72525349	0,01343188	13,4	0,97	13,0	47
0,08	0,72525349	0,01641061	16,4	0,97	15,9	57
0,09	0,72525349	0,01958184	19,6	0,97	19,0	68
0,1	0,72525349	0,02293453	22,9	0,97	22,2	80
0,11	0,72525349	0,02645933	26,5	0,97	25,7	92
0,12	0,72525349	0,03014822	30,1	0,97	29,2	105
0,13	0,72525349	0,0339942	34,0	0,97	33,0	119
0,14	0,72525349	0,0379911	38,0	0,97	36,9	133
0,15	0,72525349	0,04213342	42,1	0,97	40,9	147
0,16	0,72525349	0,04641622	46,4	0,97	45,0	162
0,17	0,72525349	0,05083504	50,8	0,97	49,3	178
0,18	0,72525349	0,05538582	55,4	0,97	53,7	193
0,19	0,72525349	0,06006483	60,1	0,97	58,3	210
0,2	0,72525349	0,06486864	64,9	0,97	62,9	227

In der Einlaufstrecke sind in einer Entfernung bis zu $10 \cdot b_0$ oberhalb der Einschnürung folgende Punkte zu beachten:

- Störungen des strömenden Abflusses vermeiden,
- der Gerinnequerschnitt muss gleich bleiben (z. B. kein Wechsel von Kreis- auf Rechteckprofil),
- das Sohlgefälle oder die geradlinige Fließrichtung dürfen sich nicht ändern,
- vorstehende oder rückspringende Teile im Gerinne sind unzulässig (z. B. Einrichtungen für Schieber oder Messwehr),
- Störungen des Strömungsprofils sind zu vermeiden (z. B. Einbau einer pH-Messsonde, Einrichtungen zur Probennahme),
- das Gefälle kann in der Einlaufstrecke auch größer als 1:100 sein, wenn nachgewiesen ist, dass auch bei maximalem Durchfluss der strömende Fließzustand erhalten bleibt.

Verziehung und Drosselstrecke:

- das Sohlgefälle in der Drosselstrecke muss stets gleich dem in der Einlaufstrecke sein (keinesfalls gegenläufig oder größer),
- vorgefertigte Venturi-Gerinne sind wegen der größeren Maßhaltigkeit grundsätzlich örtlich gefertigten vorzuziehen. Eine Verwindung oder Zerstörung der vorgefertigten Gerinne- bzw. Einbaulehren durch unsachgemäße Zwischenlagerung oder Einbau auf der Baustelle machen die Messrichtung unbrauchbar,
- bei Rohabwasser sollte die kleinste Breite in der Einschnürung (b_e) 15 cm nicht unterschreiten; bei geklärtem Abwasser ist eine Einschnürung bis auf 5 cm möglich,
- die Querschnittsform der Einschnürung ist auf die tatsächlich auftretenden Abflüsse abzustimmen, um auch bei kleineren Abflüssen eine ausreichende Messgenauigkeit zu erhalten.

Auslaufstrecke:

- die Auslaufstrecke muss frei von Rückstau sein und der Fließwechsel darf nicht beeinträchtigt werden,
- die Rückstaufreiheit sollte bei der Planung durch eine hydraulische Berechnung des nachfolgenden Abflusssystems nachgewiesen werden. Der Rückstaeinfluss durch nachfolgende Bauwerke ist bei der Berechnung zu beachten,
- die Probenahmestelle ist in der Auslaufstrecke vorzusehen, da kurz nach dem Wechselsprung (Übergang Schießen-Strömen) das Abwasser gut durchmischt ist,

Messwertaufnehmer:

- der Abstand zwischen Messwertaufnehmer und Beginn der Einschnürung muss mindestens das ein- bis zweifache von $h_{0,max}$ (maximaler Wasserstand Oberstrom) betragen (besser $1,5$ bis $2 \cdot h_{0,max}$),
- der Nullpunkt des Messwertaufnehmers bezieht sich nicht auf den Sohlpunkt an der Messstelle, sondern auf den hydraulisch maßgebenden Sohlpunkt in der Einschnürung (HLfNUG 2016)! Bei der Einjustierung des Messwertaufnehmers muss deshalb ein Höhenvergleich erfolgen. Der Höhenversatz ist vom Hersteller zu erfragen und für nachfolgende Kontrollen unbedingt zu dokumentieren!
- an der Messwertaufnahmestelle ist ein justierbarer Gerinne-Messtab anzubringen, damit der momentane Wasserstand kontrolliert werden kann.



Abb. 6: Beispiel eines Venturi-Gerinnes



Abb. 7: Beispiel eines weiteren Venturi-Gerinnes

Ultraschall-Messverfahren

Das Ultraschall-Verfahren kommt bei der Messung von Abwasserströmen meist mit drei verschiedenen Varianten zum Einsatz: das Ultraschall-Laufzeitverfahren und das Ultraschall-Dopplerverfahren. Bei diesen Verfahren wird bei bekanntem Querschnitt die Fließgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des Füllstandes errechnet und daraus der Durchfluss ermittelt.

Ultraschall-Laufzeitverfahren

Ultraschallwellen (akustische Impulse) werden von zwei Sensoren in das Messmedium abgegeben. Die Sensoren können dabei in oder auf der Wandung der Rohrleitung oder des offenen Gerinnes angebracht werden. Sie registrieren als Sender und Empfänger die Laufzeitdifferenz der Impulse, ermitteln so die Fließgeschwindigkeit entlang der Messgeraden und bestimmen diese näherungsweise für den gesamten Querschnitt.

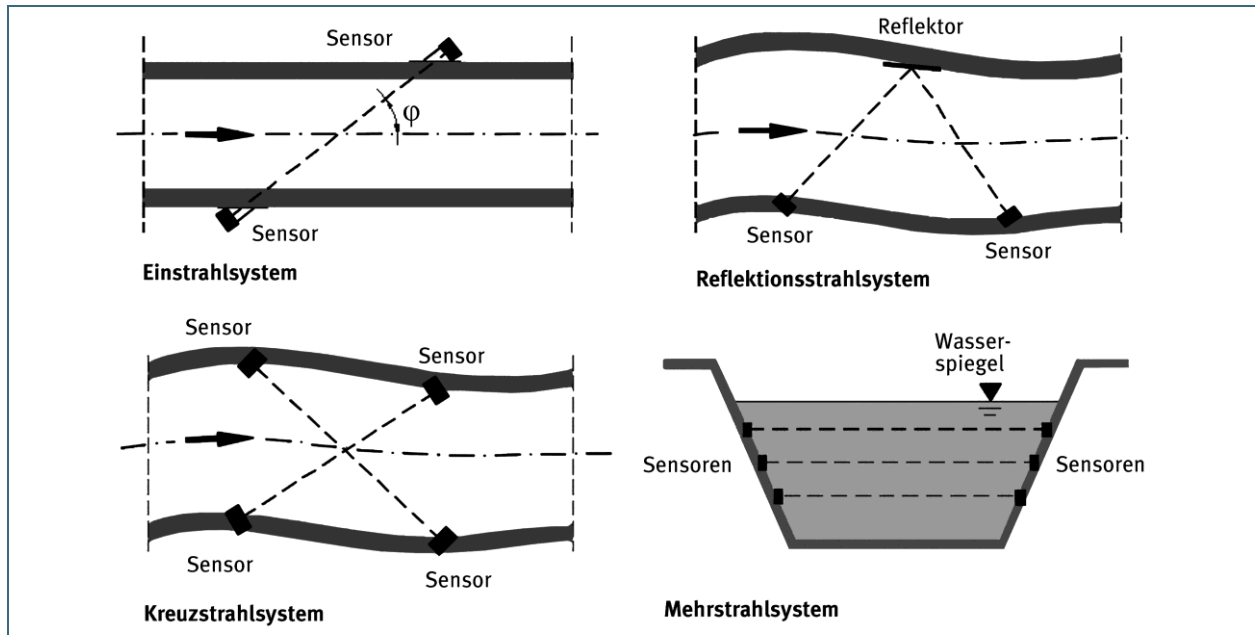


Abb. 8: Skizze eines Ultraschall-Laufzeitverfahrens und mögliche Anordnung von Messsensoren (Quelle: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: Merkblatt DWA-M 181 „Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen“, September 2011)

Folgende Randbedingungen sind grundsätzlich zu beachten:

- eignet sich bei Vollfüllung in geschlossenen Rohren,
- die geometrischen Größen wie Abstände zwischen den Sensoren, Strömungswinkel etc. müssen sehr genau bestimmt werden,
- störungsfreie Ein- und Auslaufstrecken sind unbedingt einzuhalten,
- Feststoff- oder Gasanteile, akustische Störgeräusche oder Fehlreflexionen und Fremdfrequenzen können die Messung verfälschen,
- jede Messstelle erfordert eine sorgfältige Kalibrierung vor Ort,
- bei Aufschnallgeräten (Clamp-On) können unzureichende Kenntnisse von Rohrmaterial und -geometrie wie Wandstärke und Durchmesser sowie Korrosion oder Biofilme zu erheblichen Messabweichungen führen. Wanddickenmessungen werden empfohlen.



Abb. 9: Beispiel eines Aufschnallgerätes (Clamp-On)

Ultraschall-Dopplerverfahren

Gebündelte Ultraschallwellen konstanter Sendefrequenz werden von einem Sender in das Messmedium abgegeben. Die im Medium enthaltenen Teilchen reflektieren den Schall und verändern so in Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit die Frequenz. Ein Empfänger registriert die Veränderung und berechnet im durchflossenen Querschnitt den Durchfluss.



Abb. 10:
Beispiel Ultraschall-Dopplerverfahren in einem Gerinne

Folgende Randbedingungen sind grundsätzlich zu beachten:

- eignet sich bei Voll- und Teilfüllung in geschlossenen Rohren oder in Freispiegelgerinnen,
- der Ultraschallstrahl sollte die gesamte Messstrecke detektieren können,
- ein Mindestwasserstand (> 60 mm) und eine Mindestfließgeschwindigkeit sind für eine korrekte Messung erforderlich,
- stark verschmutztes Wasser kann dazu führen, dass die Reflexion zu schwach oder zu stark ist.

Magnetisch-Induktive Durchflussmessung (MID)

Ein elektrisch leitendes Messmedium (wie Abwasser) induziert beim Durchfließen eines Magnetfeldes an den Messelektroden eine elektrische Spannung, die im Gesamtquerschnitt direkt proportional zur mittleren Fließgeschwindigkeit ist. Das MID ist damit als einziges Messgerät in der Lage durch Vielpunktmessung eine lokale Fließgeschwindigkeit im gesamten Rohr- bzw. Fließquerschnitt zu ermitteln. Dies ermöglicht eine sehr hohe Messgenauigkeit.

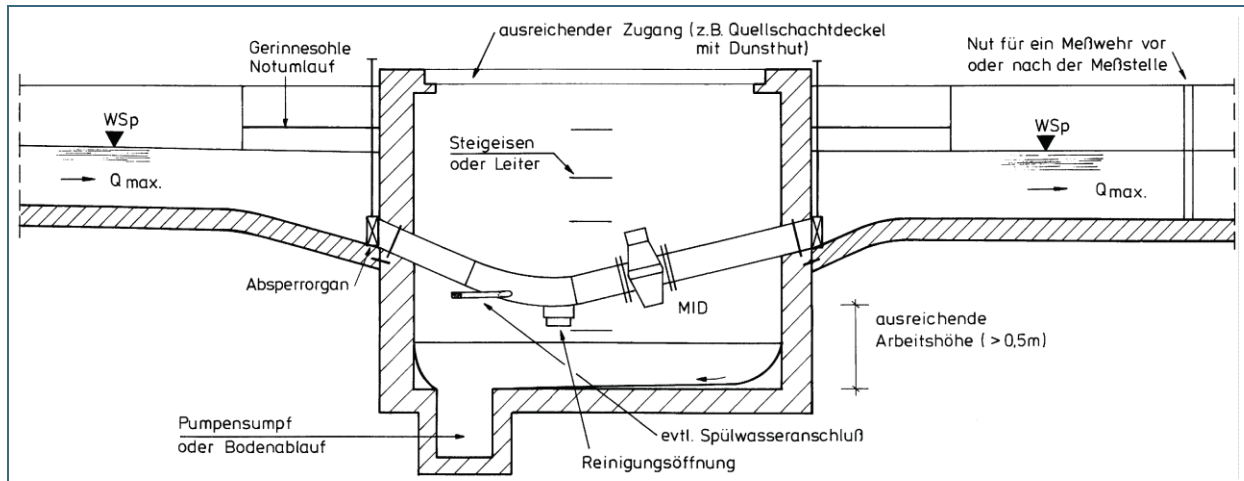


Abb. 11: Prinzipskizze eines MID-Verfahrens

Folgende Randbedingungen sind grundsätzlich zu beachten:

- keine Rückstaufreiheit erforderlich,
- kann bei Vollfüllung und Teilfüllung des Rohres angewendet werden. Vollfüllung hat eine deutlich geringere Messunsicherheit und sollte daher bevorzugt zum Einsatz kommen (z. B. durch Düke- rung, Druckleitung),
- Gaseinschlüsse oder Gasblasen im Messquerschnitt sind zu vermeiden,
- Ablagerungen oder Sielhautbildung an den Messelektroden verfälschen das Messergebnis,
- ausreichend große Beruhigungsstrecken im Vor- und Nachlauf (siehe auch DWA-M 181),
- in der Rohrleitung ist eine Absperrmöglichkeit vorzusehen, um das Gerät ausbauen zu können (Reinigen der Messstrecke, Reparatur, Nullpunktüberprüfung); außerdem ist ein Umlauf bzw. eine Bypass-Verrohrung sinnvoll



Abb. 12:
MID im vollgefülltem Rohr

Radar-/Höhenstandsdurchflussmessung

Der Radar-Fließgeschwindigkeitssensor misst die Geschwindigkeitsverteilung im Bereich der Oberfläche. Die mittlere Geschwindigkeit über den gesamten Fließquerschnitt wird im Sensor mithilfe von Algorithmen berechnet. Effekte durch Turbulenz, Wellen und Störungen eines idealen Strömungsprofils werden weitgehend korrigiert. Eine separate Höhenstandsmessung liefert die Information über die benetzte Fläche.

Folgende Randbedingungen sind grundsätzlich zu beachten:

- eignet sich bei Teilfüllung in geschlossenen Rohren oder in Freispiegelgerinnen,
- die Sensoren sind außerhalb des Messmediums,
- lediglich ein Mindestwasserstand von 20 mm und eine Mindestfließgeschwindigkeit ab 0,15 m/s sind für eine korrekte Messung erforderlich,
- kein Ausfall der Messung aufgrund Verlegung oder Verschmutzung,
- die Trübung hat keinen Einfluss auf das Messergebnis.



Abb. 13:
Beispiel einer Radarmessung

Impressum:

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Telefon: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Postanschrift:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:

Ref. 65/ Marie Röver
Arbeitskreis/ Bernhard Köllner, Hardy Loy, Martin
Günder, Alfons Semmelmann und Stefan Helmenstein

Bildnachweis:

LfU

Druck:

EOS PRINT, Erzabtei 14a, 86941 St. Ottilien

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier

Februar 2017, Auflage: 1.500 Exemplare

Stand:

November 2016

Für Ihre Notizen