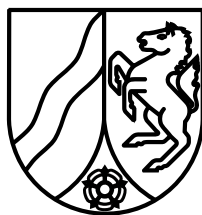


Merkblätter

Band 47

Durchflussmesseinrichtungen in Kläranlagen

**Gestaltungsgrundsätze
Planungshinweise
Prüfmethodik
im Hinblick auf die
Selbstüberwachungsverordnung kommunal –
SüwV-kom**



Merkblätter

Band 47

Durchflussmesseinrichtungen in Kläranlagen

Gestaltungsgrundsätze,
Planungshinweise,
Prüfmethodik
im Hinblick auf die
Selbstüberwachungsverordnung kommunal –
SüwV-kom

Landesumweltamt NRW, Essen 2004

Impressum

- Herausgeber: **Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)**
Wallneyer Str. 6 • 45133 Essen
Telefon (02 01) 79 95 - 0 • Telefax (0201) 79 95 - 1448
e-mail: poststelle@lua.nrw.de
Essen 2004
- Verfasser Das vorliegende Merkblatt wurde auf der Grundlage des Merblattes des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Wiesbaden "Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen", D 2.00, Oktober 2001, erstellt von Herren Dr. H.-J. Dallwig (TU Darmstadt), Dr. R. Hassinger (GhK), B. Welp (RPU Wetzlar).
- Redaktion Überarbeitet von Dipl.-Ing. H.-J. Ruß (LUA NRW).
Stand: August 2004
- ISSN **0947-5788** (Merkblätter)
-
- Informationsdienste: **Umweltdaten und Fakten** aus NRW sowie **Fachinformationen** zu Umweltthemen (Wasser, Boden, Luft, Abfall, Altlasten, Anlagen / Umwelttechnik, Lärm / Erschütterungen, Radioaktivität, Licht / Elektromog, Gentechnik, Stoffdaten):
- Internet unter www.landesumweltamt.nrw.de
 - Aktuelle Luftqualitätswerte: zusätzlich im
 - Telefonansagedienst (02 01) 1 97 00
 - WDR-Videotext (3. Fernsehprogramm, Tafeln 177 bis 179)
- Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW (24-Std.-Dienst):
Telefon (0201) 71 44 88

Vorwort

Von der 22. Amtschefkonferenz am 3./4. November 1998 und der 51. Umweltministerkonferenz am 19./20. November 1998 wurde über den Kompetenznachweis und die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im gesetzlich geregelten Umweltbereich eine Verwaltungsvereinbarung beschlossen. Ziel dieser Vereinbarung ist die Vereinheitlichung der Anforderungen an die Kompetenz und deren Nachweis als Voraussetzung für die Notifizierung von Prüflaboratorien und Messstellen im Umweltbereich, um einheitliche Qualitätsanforderungen an die Durchführung von Untersuchungen durch Prüflaboratorien und Messstellen sicherzustellen.



Das Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) hat in Abstimmung mit dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (HMULF) das Landesumweltamt NRW (LUA) beauftragt, auf der Grundlage des Hessischen Merkblattes „Durchflussmessenrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen“ (D 2.00) ein entsprechendes Merkblatt für die Umsetzung der am 1. Juli 2004 in Nordrhein-Westfalen in Kraft getretenen „Selbstüberwachungsverordnung kommunal – SüwV-kom“ zu erarbeiten. Damit soll das notwendige technische Verständnis für die Gestaltung und Überprüfung von Durchflussmessstellen und ggf. deren Verbesserung auf Kläranlagen erleichtert werden.

Die technischen Ausführungen des vorliegenden Merkblattes sowie die Abbildungen wurden mit freundlichem Einverständnis des Hessischen Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten aus dem Hessischen Merkblatt D 2.00 übernommen. Für das Entgegenkommen sei den zuständigen Stellen gedankt.

Essen, Oktober 2004

A handwritten signature in black ink that reads "Harald Irmer".

Dr.-Ing. Harald Irmer
Präsident des
Landesumweltamtes
Nordrhein-Westfalen

Inhalt

Impressum	2
Vorwort	3
Inhalt	4
1 Einleitung	5
2 Durchflussmessung in Abwasserbehandlungsanlagen	5
2.1 Einsatzkriterien	5
2.1.1 Messmethoden	5
2.1.1.1 Venturi-Kanäle und bauartkalibrierte Messrinnen mit Wasserstandsmesser und Linearisierungsfunktion	5
2.1.1.2 Magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID)	6
2.1.1.3 Andere Messsysteme	8
2.1.2 Auswahlkriterien	9
2.2 Venturi-Kanäle	10
2.2.1 Begriffe und Definitionen	10
2.2.2 Hydraulische Grundfunktion	10
2.2.3 Typisierung	11
2.2.4 Hydraulisch-hydrometrische Anforderungen für Venturi-Kanäle	11
2.3 Magnetisch-induktive Durchflussmesser	15
2.3.1 Bezeichnungen und Definitionen	15
2.3.2 Funktionsprinzip	15
2.3.3 Hydraulische und hydrometrische Kriterien	16
2.4 Prüfmethoden	20
2.5 Bauliche Vorkehrungen zur messtechnischen Überprüfung	22
2.5.1 Voraussetzungen zur trockenen Überprüfung von Venturi-Kanälen	22
2.5.2 Vorkehrungen zum Einbau von Vergleichs-MID-Geräten	22
2.5.3 Andere Kontrollmessmethoden	23
2.6 Anforderungen an die Geräte und die Signalübertragung	23
2.6.1 Ultraschall-Wasserstandsmesser für Venturi-Rinnen	23
2.6.2 Induktive Durchflussmesser	24
2.6.3 Signalbearbeitung, Signalübertragung und Messwertregistrierung	24
2.6.4 Vorkehrungen zur Erhaltung der Messgenauigkeit und zur Kontrolle	25
2.7 Planerische, genehmigungstechnische und betriebliche Erfordernisse	26
2.7.1 Planerische Hinweise	26
2.7.2 Genehmigungsunterlagen	27
2.7.3 Betriebliche Erfordernisse	28
3 Literaturverzeichnis	29

1 Einleitung

Dieses Merkblatt gilt für die Durchflussmessung auf kommunalen Kläranlagen. Die auf gewerblich-industriellen Kläranlagen angewendeten Durchflussmessverfahren unterscheiden sich jedoch nicht von denen im kommunalen Bereich. Lediglich in Abwasseranfall und Abwasserbeschaffenheit können andere Verhältnisse vorliegen, die bei der Auswahl der Verfahren, der Werkstoffe und der Betriebsweise zu beachten sind. Bezüglich des Prüfungsumfanges, der Prüfmethode und der zulässigen Abweichungen wird auf die SÜwV-kom vom Juli 2004 verwiesen.

2 Durchflussmessung in Abwasserbehandlungsanlagen

2.1 Einsatzkriterien

2.1.1 Messmethoden

2.1.1.1 Venturi-Kanäle und bauartkalibrierte Messrinnen mit Wasserstandsmesser und Linearisierungsfunktion

Die Bezeichnung Venturi-Kanal bzw. Venturi-Rinne soll in diesem Merkblatt als Sammelbegriff für alle hydraulisch wirkenden Messrinnen, wie Venturi-Rinnen, Parshall-Rinne, Palmer-Bowlus-Rinne etc., dienen.

Die auf Kläranlagen anzutreffenden Venturi-Rinnen haben nahezu ausnahmslos Rechteckquerschnitte. Für die Wasserstandsmessungen sind eine Vielzahl von unterschiedlichen Systemen im Einsatz, die von analogen Systemen mit Schwimmer und Potentiometer über Lufteinperlungen bis hin zu modernen mikroprozessorgesteuerten Geräten reichen. Die älteren Messsysteme werden nach und nach von modernen Ultraschall-Messgeräten ersetzt, so dass in einiger Zeit praktisch nur noch Ultraschall-Messanlagen an Messrinnen in Betrieb sein werden.

Die Messsysteme bestehen aus einer Messrinne, meist als Fertigteil, einem Ultraschall-Sensor und einem Ultraschall-Messumformer. Die Verbindungsleitung zwischen Ultraschallsensor und Umformer kann sehr lang sein, so dass der Messumformer im Schaltschrank angeordnet werden kann.

Der Messumformer wertet die Ultraschallsignale aus, berechnet die Wasserstände und daraus nach einer einprogrammierten Linearisierungsfunktion (Abflusskurve) den Abfluss. Als Ausgangssignale werden diese in analoge Ströme (0 bzw. 4 bis 20 mA) gebildet. Auch die Integration zu Durchflusssummen mit Impulsausgabe, die Anzeige im Klartext und die digitale Übertragung über Rechnerschnittstellen wird von modernen Geräten geleistet.

Vorteile:

- Zugängliche, beobachtbare Strömung,
- unempfindlich gegen Wandbeläge (Fett, etc.); Wandbeläge beeinträchtigen nur in dem Maße die Messung, wie sie den durchflossenen Querschnitt verringern. Die Beläge sind sichtbar und können auf einfache Weise entfernt werden.
- Leichte Kontrollierbarkeit der Wasserstandsmessung und Durchflussberechnung,
- bei kleiner werdendem Abfluss nimmt auch die durchflossene Querschnittsfläche ab, so dass die Messgenauigkeit und die Fließgeschwindigkeiten ausreichend hoch gehalten werden können.
- Kostengünstig, da kein spezieller Schacht; keine Armaturen erforderlich, leichte Anpassbarkeit an veränderte Bedingungen. Venturi-Messsysteme können durch Auswechseln der Venturi-Einsätze und Einprogrammieren einer anderen Abflusskurve relativ leicht an Abflusszustände angepasst werden, die vom ursprünglichen Bemessungsabfluss der Anlage abweichen.

Nachteile:

- Wasserstandsmessung kann durch Wellen, Schaum, Spinnenweben, etc. beeinträchtigt werden.
- Rauheit hat gewissen Einfluss auf Messergebnis.
- Höhendifferenz des Wasserspiegels ist erforderlich.
- Rückstau beeinflusst die Messung, wenn der Unterwasserstand eine gewisse Höhe überschreitet.
- Gewisse Ablagerungsgefahr im Oberwasserkanal,
- wegen des Lichtzutritts können auch in Kläranlagenabläufen die Messrinnen durch Algen beeinträchtigt werden. Eine regelmäßige Reinigung verhindert dies jedoch zuverlässig.

2.1.1.2 Magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID)

Magnetisch-induktive Durchflussmesser werden derzeit überwiegend in Kläranlagenabläufen eingesetzt. Sie arbeiten nach dem Prinzip einer Geschwindigkeitsmessung in einem bekannten Fließquerschnitt, wobei durch Vollfüllung des Rohres dafür gesorgt wird, dass der Fließquerschnitt vorgegeben und konstant ist. Neu in der Entwicklung sind induktive Durchflussmesser für Teilfüllung, deren Messgenauigkeit aber für die Zwecke der Abwasser-Durchflussmessung insbesondere im Kläranlagenzulauf noch nicht in ausreichendem Umfang nachgewiesen ist.

Die Geräte bestehen in der Regel aus einem Messwertaufnehmer, der in die Rohrleitung eingebaut wird. Die Messsignale werden zu einem Messwertumformer übertragen, der das Messergebnis verstärkt, aufbereitet, auf der Anzeige darstellt, ein proportionales Ausgangssignal erzeugt, ggf. das Messergebnis digital bereitstellt und zu Durchflusssummen integriert. Schließlich können für bestimmte vorwählbare Abflussmengen Impulse ausgegeben werden.

Vorteile:

- Rückstau spielt keine Rolle.
- Geringe hydraulische Verluste des eigentlichen Messwertaufnehmers; die Verluste durch den Messwertaufnehmer sind minimal. Die Gesamtverluste durch den Messschacht, mit Übergangsschächten, Einläufen, Armaturen und Krümmern erreichen aber Beträge, die den Verlusten an Venturi-Rinnen gleichkommen oder diese übertreffen.
- Bei normalen Verhältnissen geringe Wartungsaufwendungen,
- wenn das Abwasser so beschaffen ist, dass im Messquerschnitt keine Ablagerungen und/oder Wandbeläge anwachsen, stellen moderne MID sehr betriebsstabile Messsysteme dar, die keiner nennenswerten Wartung bedürfen. Die Stabilität des Gerätenullpunkts ist durch die automatische Nullpunktkorrektur moderner Geräte normalerweise gewährleistet.
- Geringe Manipulationsmöglichkeiten, hohe Messgenauigkeit.

Nachteile:

- Aufwendige Überleitung von Freispiegelströmungen in Druckrohrströmung und zurück,
- hohe Investitionskosten für Messschacht nebst Zubehör. Hierzu zählen neben den Tiefbauten Prallwände, Rohrleitungen, Schieber, Schachtabdeckungen, Schachtentwässerungspumpe, Entlüftungen etc.,
- Strömung nicht zugänglich, schlechte Kontrollmöglichkeiten,
- unsichtbare Elektrodenbeläge, insbesondere Fett, können den Messwert verfälschen.
- Bei abnehmendem Durchfluss wird die Fließgeschwindigkeit proportional kleiner. Wegen der konstanten Durchflussfläche ist die Fließgeschwindigkeit bei geringen Abflüssen sehr klein. Dies kann zu Ablagerungen führen und die Messgenauigkeit drastisch verschlechtern, z.B. bei geringem Fremdwasseranfall in der Nacht.

2.1.1.3 Andere Messsysteme

Als Sonderlösungen sind Messwehre, teilgefüllte induktive Durchflussmesser und Ultraschall-Messsysteme für geschlossene oder offene Leitungen anzusehen.

Messwehre haben den Nachteil einer gewissen Ablagerungsgefahr im Oberwasser. Zudem ändert sich bei scharfen Kanten die Abflusscharakteristik an den Überfallwehren durch Abrundung infolge Abschleiß, Korrosion, Sielhautwachstum und Algen. Messwehre kommen deshalb vorwiegend in Kläranlagenabläufen in Betracht, wo sie trotzdem regelmäßig gewartet werden müssen. In Kläranlagen mit Teichen, die am Auslauf ohnehin einen Überfall benötigen, stellen sie eine sehr wirtschaftliche und ausreichend genaue Messmethode dar.

Bei der Gestaltung von Messwehren sind die in einigen Standardwerken der Gerinnehydraulik (z.B. Bollrich et al., 1992 und 1989) und in hydrometrischen Spezialwerken (Bos, 1976; Franke, 1970) aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen. Wegen der Vielzahl der geometrischen Ausführungsformen und der Strömungsbedingungen sind nähere Angaben im Rahmen dieses Merkblatts nicht möglich. Generell ist auf folgende Gesichtspunkte zu achten:

- Geometrie der Wehrkante in der Ansicht und im Längsschnitt,
- Anström- und Kontraktionsbedingungen,
- Messort für den Oberwasserstand,
- korrekte höhenmäßige Justierung der Wasserstandsmessung,
- Vermeidung kleiner Überfallhöhen wegen Verfälschung durch Oberflächenspannungseffekte (Dreieckwehr: $h_o > 50$ mm),
- ausreichende Belüftung des Überfallstrahls; richtige Strahlablösung,
- Verwendung der korrekten Abflusskurve.

Teilgefüllte induktive Durchflussmesser stellen gewisse Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Anströmung. Sie besitzen eine untere Messbereichsgrenze bei einer Füllhöhe von 10 % des Durchmessers. Besonders empfindlich reagieren sie auf schießende Strömung mit stehenden Wellen insbesondere dann, wenn an den Flanschen und Anschlüssen die Rohrwand nicht absolut eben durchgeht. In Anbetracht dieser Anforderungen sowie der Gefahr von Fettbelägen auf den Elektroden kann derzeit noch keine allgemeine Empfehlung für ihren Einsatz auf Kläranlagen gegeben werden.

Ultraschall-Durchflussmesser nach dem Laufzeitprinzip, die in Rohrleitungen einsetzbar sind, stellen ebenfalls hohe Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Anströmung. Auch bei deren Einhaltung ist die Messgenauigkeit deutlich schlechter als die von MID. Dies liegt zum größten Teil daran, dass beim Ultraschall-Durchflussmesser die mittlere Geschwindigkeit für eine oder mehrere Ebenen und nicht für den ganzen Querschnitt gemessen wird. Ultraschall-Durchflussmesser kommen deshalb nur in Sonderfällen insbesondere bei größeren Durchmessern in Betracht, wo Kostenvorteile bestehen. Die erforderliche Messgenauigkeit muss durch eine Vor-Ort-Kalibrierung sichergestellt werden, die nach den gleichen Methoden vorgenommen werden kann wie die Kontrolle nach der SüwV-kom.

Sogenannte **kombinierte Sonden** mit induktiver Geschwindigkeitsmessung oder Ultraschall-Doppler-Sensor bestehen in der Regel aus einer sohlgebundenen Geschwindigkeitssonde, die auch einen Drucksensor für die Wassertiefenmessung enthält. Trotz der Verbesserung der Messeigenschaften durch die laufende Weiterentwicklung dieser Geräte sind prinzipiell nachstehende Fehlereinflüsse zu beachten, die diese Messmethode nur bei Vor-Ort-Kalibrierung mit unterschiedlichen Abflüssen akzeptabel erscheinen lassen:

- Große relative Messunsicherheit der Drucksonde und damit der Wassertiefenmessung insbesondere bei schießender Anströmung,
- Abhängigkeit des Messpunktes vom Gehalt an reflektierenden Partikeln (Feststoffe, Gase; trifft nur auf Ultraschall zu),
- Messung erfasst nur Ausschnitt aus Geschwindigkeitsprofil; das Verhältnis zwischen gemessener Geschwindigkeit und Querschnittsmittel ändert sich mit dem Abfluss.

Näheres zur Funktion, zu den hydraulisch begründeten Problemen und zum Einsatzbereich dieser Sonden kann auch dem Aufsatz von Valentin (1990) entnommen werden.

2.1.2 Auswahlkriterien

Unter Berücksichtigung der genannten Vor- und Nachteile der wichtigsten Methoden können zusammenfassend folgende Hinweise für die Auswahl des Messsystems gegeben werden:

Venturi-Kanäle mit Ultraschall-Wasserstandsmessung und digitaler Linearisierung stellen eine wirtschaftlich günstige und erprobte Messmethode dar. Die Messstellen sollten mit vorgefertigten, typgeprüften Messrinnen ausgestattet werden. Bei vertretbarem betrieblichem Aufwand und guter Kontrollierbarkeit wird damit eine voll ausreichende Messgenauigkeit erreicht. Die unter Ziffer 2.1.1.1 genannten sonstigen Nachteile der Venturi-Kanäle (Ausnahme: Rückstau) kommen bei einer Gestaltung gemäß den Empfehlungen in 2.2.4 nicht zum Tragen.

Magnetisch-induktive Durchflussmesser sind dann angebracht, wenn

- die Strömung innerhalb einer Anlage ohnehin in einer zugänglichen Rohrleitung gefördert wird und sich diese Leitung als Messrohr eignet,
- der Rückstau vom Vorfluter so hoch steigt, dass der Ablauf gepumpt werden muss,
- die hohe Messgenauigkeit des MID unbedingt erforderlich ist,
- die zu messende Strömung sehr tief unter Gelände verläuft,
- das Platzangebot den Bau einer längeren, geraden und offenen Rinne nicht erlaubt.

2.2 Venturi-Kanäle

2.2.1 Begriffe und Definitionen

Für die Abwasserdurchflussmessung mit Venturi-Kanälen existiert als einschlägige Norm die DIN 19559, Teile 1 und 2. Nachfolgend sind die Definitionen und Bezeichnungen für Venturi-Kanäle anhand zweier Skizzen in Abbildung 1 gemäß DIN dargestellt.

2.2.2 Hydraulische Grundfunktion

Die Venturi-Rinnen arbeiten nach folgendem Prinzip (siehe auch Abbildung 1):

Durch eine Querschnittseinschnürung in einem offenen Gerinne wird ein Fließquerschnitt mit Grenzabfluss erzeugt, in dessen Abstrom eine kurze Strecke mit schießendem Abfluss auftritt. Diese schießende Strömung verhindert, dass sich Störungen aus dem Unterwasser in den Engquerschnitt fortpflanzen, womit eine feste Beziehung zwischen Wasserstand im Oberwasser und Abfluss durch das Venturi-Gerinne sichergestellt ist (Abflusskurve). Wenn der Oberwasserstand mit einem dazu geeigneten Gerät gemessen wird, lässt sich daraus unter Anwendung der Abflusskurve der Durchfluss berechnen. Die Umsetzung von Wasserständen in die korrespondierenden Abflüsse nennt man auch Linearisierung.

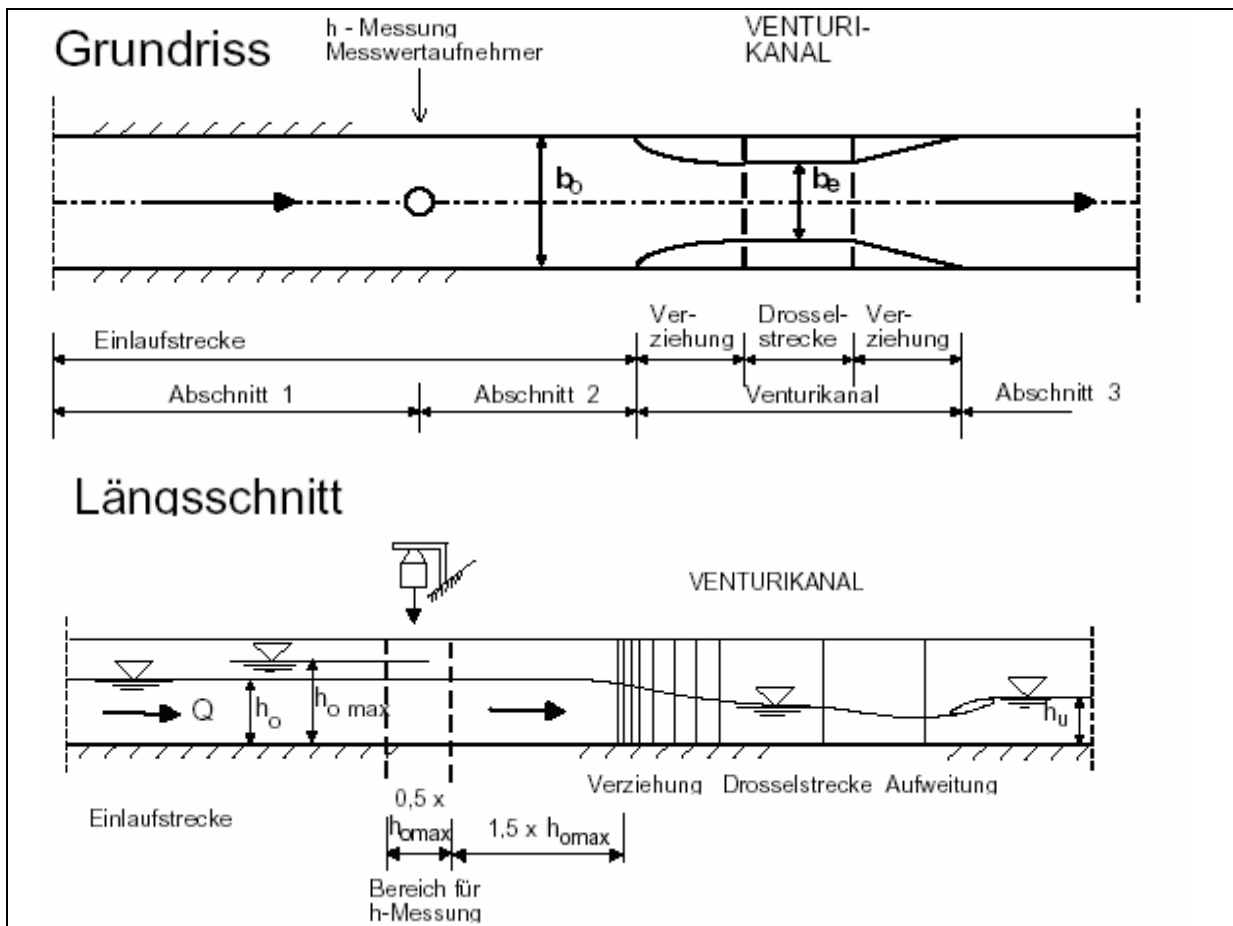


Abbildung 1: Begriffe und Definitionen bei Venturi-Kanälen

2.2.3 Typisierung

Bei den Venturi-Kanälen sind unterschiedliche Grundtypen im Einsatz, die wie folgt unterteilt werden können:

- a) Standard-Kanäle nach DIN 19 559, Teil 2,
- b) bauartkalibrierte Rinnen, die als Fertigteile eingebaut werden, in verschiedenen Formen (Khafagi-Venturi, Parshall-Rinne, Palmer-Bowlus-Rinne, etc.),
- c) Rechteck-Rinnen mit mäßig langer Drosselstrecke (meist Ortbeton),
- d) Sonderformen.

Die wichtigste Auswirkung dieser Typisierung betrifft die Abflusskurve:

Bei **Standard-Rinnen** nach a) ist die Abflusskurve theoretisch berechenbar. Die Berechnung kann anhand der in DIN 19 559 angegebenen Gleichung 20 mit anschließender Korrektur des Reibungseinflusses nach den dortigen Abschnitten 4 und 5 erfolgen.

Typgeprüfte Fertigteil-Rinnen nach b) werden im hydraulischen Labor kalibriert. Ihre Durchflusscharakteristik ist innerhalb einer Modellfamilie auf die gesamte Baureihe übertragbar. Die Abflusskurve wird vom Hersteller mitgeliefert; sie kann bei korrektem Einbau der Rinne als maßgebend und richtig angesehen werden. Eine Kontroll-Abflussmessung vor Ort ist in der Regel nur mit geringerer Genauigkeit möglich als im Labor.

Die theoretische Berechnung von **Rechteckrinnen mit mäßig langer Drosselstrecke** c) ist in guter Näherung möglich, wenn die Auswirkungen der Stromlinienkrümmung und der Grenzschichtentwicklung bei der Berechnung der Abflusskurve berücksichtigt werden.

Die Abflusskurven von **Sonderformen** in Ortbeton d), die sich durch eine besondere Geometrie in der Drosselstrecke oder nicht normgerechte Ausführung auszeichnen, sind in der Regel nur durch Vor-Ort-Kalibrierung oder Modellversuche zu ermitteln.

2.2.4 Hydraulisch-hydrometrische Anforderungen für Venturi-Kanäle

Die hydraulischen und hydrometrischen Anforderungen ergeben sich aus dem hydraulischen Grundprinzip und der Funktionsweise:

Bezugsniveau für Wasserstandsmessung

Zur Berechnung von Durchflüssen aus gemessenen Höhen sind Höhenmesswerte aus einem Höhensystem zu verwenden, dessen Nullpunkt im hydraulisch wirksamen Null-Niveau liegt. Dieses Nullniveau befindet sich aus hydraulischen Gründen in der Höhe der Rinnensohle an dem Punkt, an dem sich die Grenztiefe einstellt. Der Ort des Auftretens der Grenztiefe ist innerhalb des eingeschnürten Bereichs normalerweise nicht exakt anzugeben, woraus sich die Forderung ergibt, dass die Sohle hier horizontal liegen muss. Dies muss in der Praxis über-

prüft werden. Da in der Praxis meist fälschlicherweise die Sohle unter dem Höhensensor als Null-Niveau verwendet wird, seien in Bild 2 die maßgeblichen Höhenbezüge verdeutlicht.

Bei typgeprüften Venturi-Kanälen mit unebener Sohle (Beispiel: Parshall-Rinne) ist vom Rinnenlieferanten mit den Abflusskurven eine Angabe über den für die Höhenmessung maßgebenden Sohlpunkt mitzuliefern.

Die Sohlhöhe unterhalb der Wasserstandsmessung ist für die Höhenmessung nicht maßgebend. Zur Einjustierung von Wasserstandsmessern muss deshalb immer ein Höhenvergleich mit dem hydraulisch maßgebenden Sohlpunkt im eingeschnürten Querschnitt vorgenommen werden.

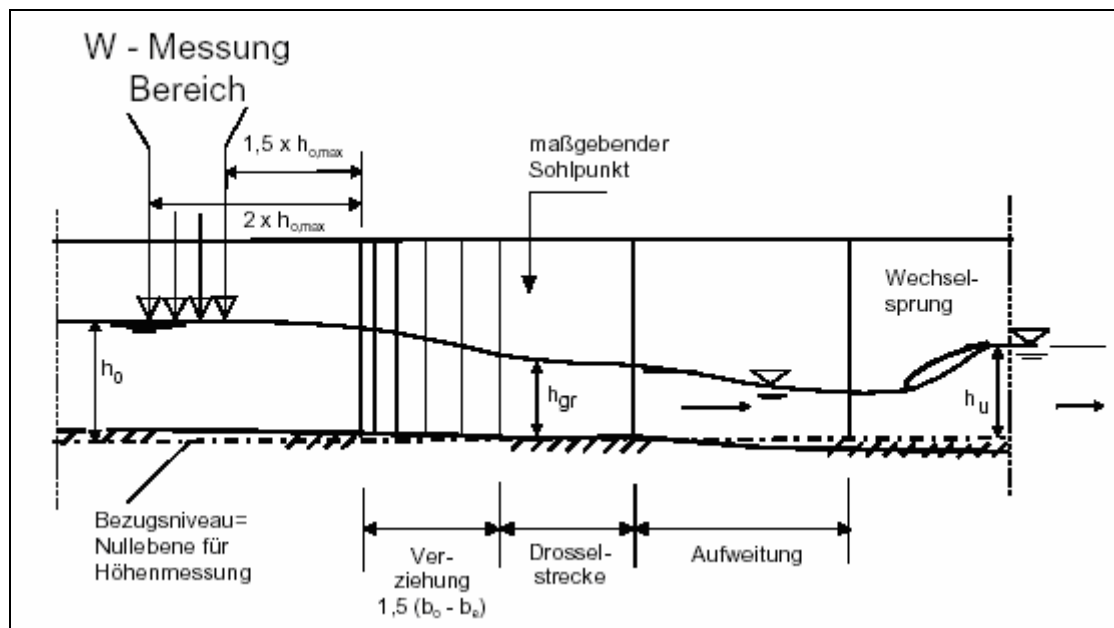


Abbildung 2: Maßgebendes Bezugssystem bei Venturi-Kanälen

Erforderliches Verbauungsverhältnis

Die erforderliche Einschnürung (Verhältnis b_e/b_o) lässt sich berechnen, wenn ein gewisser Unterwasserstand und ein Messbereich vorgegeben wird. Ein anderer Gesichtspunkt für die Wahl des Verbauungsverhältnisses ist die angestrebte Messgenauigkeit bei kleinen Abflüssen. In der Praxis wird meist der umgekehrte Weg beschritten, in dem die Einschnürung durch die geometrischen Vorgaben der Rinnenhersteller (beim Khafagi-Venturi: 40%) festgelegt ist und der zulässige Aufstau gemäß dem folgenden Abschnitt geprüft wird.

Zulässiger Unterwasserstand

Bei der hydraulischen Abflussmessung muss der Unterwasserstand so niedrig bleiben, dass der Fließwechsel (Grenztiefe) in der Einschnürung nicht überstaut wird. Die zulässige Unterwassertiefe lässt sich unter Anwendung des Impulssatzes (konjugierte Tiefen des Wechselsprungs) rechnerisch ermitteln. Abbildung 3 zeigt als Ergebnis einer solchen Berechnung für Rechteckquerschnitte, dass das Verhältnis der Unterwassertiefe zur Oberwassertiefe nicht vom Abfluss, sondern vom Einschnürungsgrad abhängt. Bei Venturi-Kanälen, die sich wieder

allmählich aufweiten ist der zulässige Unterwasserstand größer als bei solchen mit abruptem Ende.

Der Nachweis der Rückstaufreiheit kann im Grunde nur durch hydraulische Nachrechnung des weiterführenden Systems unter Berücksichtigung aller kontinuierlichen und örtlichen Verluste geführt werden. Ein Sohlabsturz im Unterwasser des Venturi-Kanals allein genügt nicht, da dieser durch die Höhenlage nachfolgender Gerinneabschnitte ebenfalls überstaut sein kann.

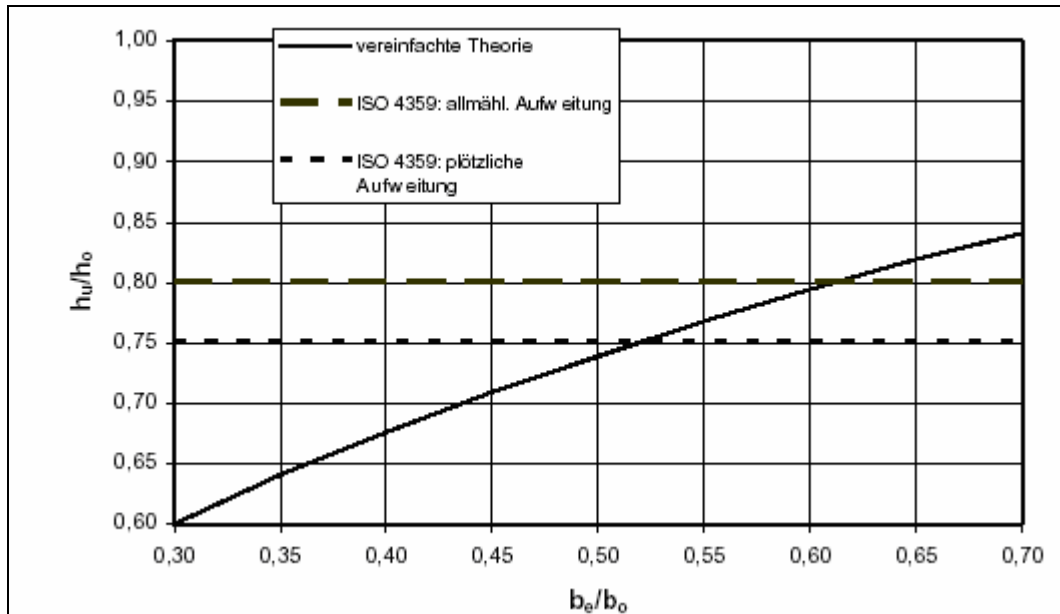


Abbildung 3: Zulässiger Unterwasserstand h_u in Abhängigkeit vom Verbaunungsverhältnis b_e/b_0 , bezogen auf die Oberwassertiefe h_0 (gültig für allmähliche Wiederaufweitung)

Messpunkt für Oberwasserstandsmessung

Die durch die Einschnürung des Querschnitts verursachte Wasserspiegelabsenkung beginnt in Gerinnemitte bereits oberhalb der Verziehung. Die Messstelle für die Wasserspiegelhöhe muss deshalb soweit oberstrom liegen, dass die Absenkung vernachlässigbar klein ist. Die DIN 19559 gibt für diesen Punkt einen Bereich vom 1- bis 2-fachen der maximalen Oberwassertiefe an, gemessen vom Beginn der Verziehung. Sie lässt aber auch den im internationalen Schrifttum zitierten, in der ISO 4359 festgelegten Abstand von $(3 \text{ bis } 4) \times h_{0,\text{max}}$ zu. Um bei dieser großen Spanne eine definitive Festlegung zu treffen, soll in diesem Merkblatt, unter leichter Einschränkung der DIN 19 559, die Empfehlung gegeben werden, die Wasserstandsmessung in einem Abstand von $(1,5 \text{ bis } 2) \times h_{0,\text{max}}$ anzuordnen.

Beruhigungsstrecke im Oberwasser

Damit sichergestellt ist, dass der Wasserstand eine gute Information über die Energiehöhe im Oberwasser liefert, muss die Geschwindigkeitsverteilung in der Anströmung annähernd der

normalen turbulenten Geschwindigkeitsverteilung entsprechen. Dies wird erreicht durch eine ausreichend lange, gerade Einlaufstrecke. Für diese Strecke gelten folgende Bedingungen:

- konstantes Gefälle,
- gleichbleibender Querschnitt, gerade Kanalachse,
- keine seitlichen Zu- und Ableitungen,
- keine störenden Einbauten, wie Probenahmeschläuche, Probenahmeschwimmer, Lufteinperlrohre im Querschnitt, usw., keine vor- und/oder zurückspringenden Unebenheiten von Gerinnesohle und -wandung,
- keine Teilblockade des Querschnitts, z.B. durch teilgeöffnete Plattenschieber.

Die erforderliche Länge der Einlaufstrecke hängt von der Art der Zuströmung ab. Eine rasche Vergleichmäßigung des Geschwindigkeitsprofils und eine ruhige Zuströmung werden erreicht, indem durch entsprechende Wahl des Leitungsquerschnitts oberstrom der eigentlichen Einlaufstrecke die Fließgeschwindigkeit schon früh auf die Venturi-Zulaufgeschwindigkeit verringert wird.

Sehr problematisch sind Querschnittsübergänge, bei denen das Wasser strahlartig in die Einlaufstrecke eingeleitet wird. Der Strahl legt sich, dem Coanda-Effekt folgend, an eine seitliche Wand an und bleibt über eine große Länge des Querschnitts erhalten. In solchen Fällen ist eine Beruhigungsstrecke mit einer Länge von $20 \times b_0$ erforderlich. Das gleiche gilt nach DIN für den Fall, dass oberstrom der Venturi-Rinne ein Wechselsprung auftritt. In normalen Fällen sieht die DIN eine $10 \times b_0$ lange Einlaufstrecke vor.

Beim Gefälle des Zuströmkanals ist zu beachten:

Abschnitt 1: Zulauf zur Beruhigungsstrecke bis Ort der Wasserstandsmessung:

In diesem Abschnitt sollte das Sohlgefälle so bemessen werden, dass für den Maximalabfluss Q_{\max} die Normalabflusstiefe h_{N_0} der Oberwassertiefe h_0 entspricht. Dies führt zu geringen Gefällen und strömendem Abflusszustand.

Abschnitt 2: Ort der Wasserstandsmessung bis Ende der Wiederaufweitung:

In diesem Bereich sollte die Sohle horizontal und eben sein. Schwaches Gegengefälle ist für die hydrometrische Funktion nur von untergeordneter Bedeutung. Wegen der dann geringeren Fließgeschwindigkeit bei kleinen Abflüssen und der damit verbundenen Ablagerungsgefahr ist es jedoch zu vermeiden.

Abschnitt 3: unterhalb des Venturi-Kanals:

Hier sollte das Sohlgefälle so gewählt werden, dass die Normalabflusstiefe h_{Nu} deutlich kleiner ist als die oben angesprochene zulässige Unterwassertiefe. Ein spezieller Sohlabsturz ist nicht nötig, wenn sich kein anderweitig verursachter Rückstau einstellen kann.

2.3 Magnetisch-induktive Durchflussmesser

2.3.1 Bezeichnungen und Definitionen

In Abbildung 4 sind die an induktiven Durchflussmesseinrichtungen verwendeten Bezeichnungen verdeutlicht. Eine Norm zu den Bezeichnungen existiert noch nicht. Die VDI/VDE-Richtlinie 2641 gibt schwerpunktmäßig Hinweise zu den elektrischen Messeigenschaften und zur Kalibrierung, nicht jedoch zum Einsatz im Abwasser.

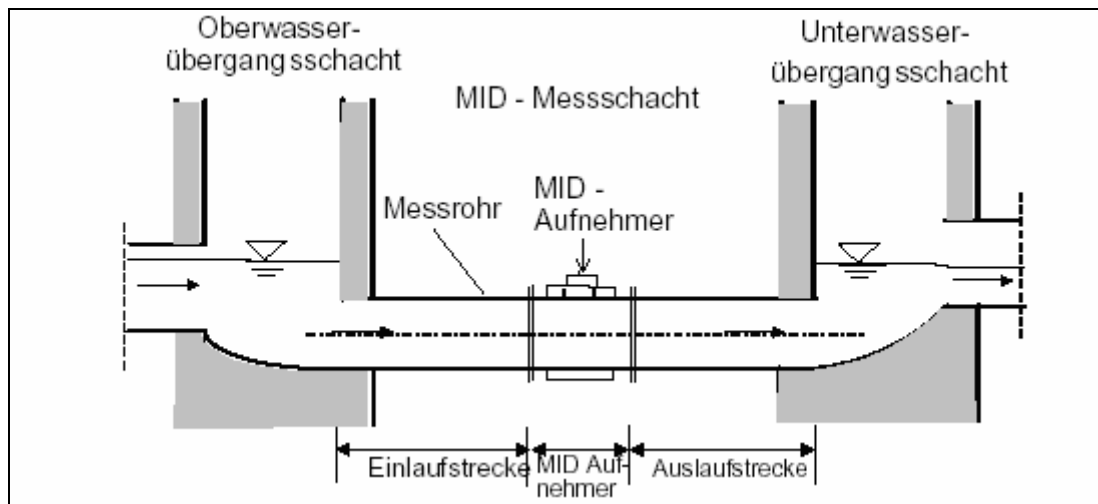


Abbildung 4: Bezeichnungen am MID-Messschacht

2.3.2 Funktionsprinzip

Beim magnetisch-induktiven Durchflussmesser (MID) durchfließt der zu messende Volumenstrom ein isolierend ausgekleidetes, nicht ferromagnetisches Rohr, in dem mit Hilfe von Feldspulen ein Magnetfeld erzeugt wird. In der Wand des Messrohrs sind quer zur Fließrichtung und auch quer zu den Feldlinien zwei Messelektroden aus einem hochbeständigen Metall angeordnet (Abbildung 5).

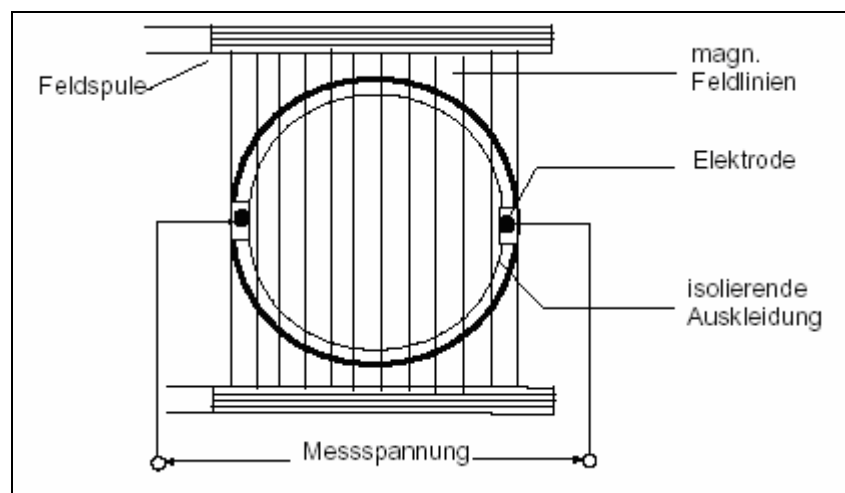


Abbildung 5: Messprinzip des induktiven Durchflussmessers

Gemäß dem Induktionsgesetz von Faraday wird in der die magnetischen Feldlinien schneidenden Strömung eines leitfähigen Fluids eine Spannung induziert, die proportional zur Fließgeschwindigkeit ist (Abbildung 5). Bemerkenswert ist, dass die induzierte Spannung nicht von Dicke und Material des Leiters, also der Art der Flüssigkeit, abhängt, sofern eine gewisse Mindestleitfähigkeit überschritten ist. Bei Wasser/Abwasser ist die erforderliche Mindestleitfähigkeit immer überschritten.

Diese Spannung wird über die Elektroden von den Rändern der Stromröhre entnommen und einem hochohmigen Messverstärker zugeführt. Der dem Verstärker nachgeschaltete Messumformer berechnet den Durchfluss aus der gemessenen Fließgeschwindigkeit und dem bekannten Querschnitt.

2.3.3 Hydraulische und hydrometrische Kriterien

Allgemeines

Aufgrund des Funktionsprinzips muss durch geeignete hydraulische Gestaltung dafür gesorgt werden, dass innerhalb des Messaufnehmers eine nahezu gleichförmige, turbulenzarme Strömung ohne Lufteinschlüsse vorliegt. Leichte Abweichungen vom voll ausgebildeten turbulenten Geschwindigkeitsprofil sind unschädlich, solange das Profil radialsymmetrisch ist. Zur Gewährleistung dieser günstigen hydrometrischen Bedingungen ist auf folgende Punkte zu achten:

Sicherstellung der Rohrvollfüllung / hydraulische Berechnung

Um in MID-Aufnehmern eine Vollfüllung des Messrohrs zu gewährleisten, muss eine Druckrohrströmung ohne freien Wasserspiegel vorliegen, die bei Anordnung der Messstelle in einer Freispiegelströmung durch Übergangsschächte zu erzeugen ist. Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt eine typische Anordnung.

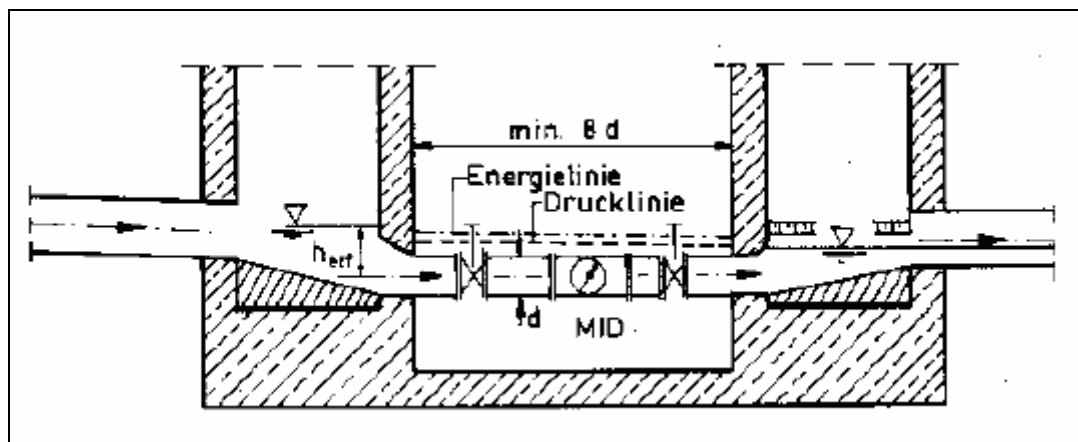


Abbildung 6: Hydraulischer Längsschnitt durch einen MID-Messschacht

Bei der Berechnung sind die Grundlagen der Rohr- und Gerinnehydraulik zu beachten, wobei die Tatsache, dass die Höhenlage der Drucklinie primär vom Unterwasserspiegel aus kontrolliert wird, besonders hervorzuheben ist. Diese Drucklinie muss im Bereich des MID-Aufnehmers deutlich über dem Rohrscheitel liegen, was durch einen Hochpunkt unterstrom des MID-Messrohres erreicht wird. Diese Tieferlegung des Messrohres wird als Dükerung bezeichnet.

Um die Höhenlage der Drucklinie in gewissen Grenzen an die betrieblichen Erfordernisse anpassen zu können, ist es vorteilhaft, wenn der Hochpunkt im Unterwasser höhenverstellbar gestaltet wird. Dies kann z.B. mit Hilfe eines Dammbalkens geschehen.

Die Übergangsschächte im Ober- und Unterwasser des MID müssen die Strömung beruhigen. Der oberwasserseitige Übergangsschacht muss so gestaltet sein, dass die Strömung ruhig und ablösungsfrei in das Rohr überführt wird. Ablagerungen sollten nicht entstehen.

Die hydraulische Berechnung kann nach den Methoden der stationären Rohrhydraulik (ATV Arbeitsblatt A 110) unter Anwendung des Reibungsansatzes nach Prandtl-Colebrook erfolgen. Es sei hier noch einmal darauf hingewiesen, dass der eigentliche MID-Messwert-aufnehmer praktisch keine Verluste erzeugt. Ein kompletter Messschacht mit Übergangsschacht, Rohreinlauf, Armaturen, Rohrauslauf, unterwasserseitigem Übergangsschacht und Rohreinlauf in die weiterführende Leitung erzeugt jedoch erhebliche Verluste, die durch eine hydraulische Berechnung nachgewiesen werden müssen.

Lufteintrag

Luft kann vom Oberwasser und vom Unterwasser her in das Messrohr gelangen. Auf Kläranlagen ist zunächst der Lufteintrag von der Oberwasserseite her von besonderer Bedeutung. Hier können zwei wesentliche Ursachen unterschieden werden:

Luftziehende Wirbel

Luftziehende Wirbel bilden sich, wenn der Zulaufquerschnitt nicht ausreichend hoch mit Wasser überdeckt ist. Als Faustwert für die erforderliche Überdeckung über der Rohrachse kann gelten

$$h_{erf} / d = 0,5 + 2 \cdot Fr_d \quad \text{mit} \quad Fr_d = \frac{v}{\sqrt{gd}} \quad \Rightarrow \quad h_{erf} = d / 2 + 2v \cdot \sqrt{\frac{d}{g}}$$

v = mittlere Fließgeschwindigkeit im Rohr [m/s]; g = Erdbeschleunigung = 9,80665 [m/s²];
 d = Rohrdurchmesser [m]; h_{erf} = erforderliche Überstauhöhe der Rohrachse im Einlauf.

Die Überstauhöhe des Rohreinlaufs kann durch Neigung des Messrohres (Anstieg in Fließrichtung) vergrößert werden. Hierdurch wird auch die Vollfüllung (Dükerung) unterstützt.

Lufteintrag durch Absturz

Abstürze führen vielerorts dazu, dass Luft in die Strömung und in das Messrohr eingetragen wird. Zur Entlüftung kann je nach Turbulenzverhältnissen eine relativ lange Fließstrecke er-

forderlich sein, die meist nicht vorhanden ist. Deshalb sind Zuströmsituationen mit Abstürzen direkt im Übergangsschacht unbedingt zu vermeiden. Als Regel kann gelten, dass die Strömung aus der Rohrleitung in den Übergangsschacht hinein nicht mehr beschleunigt werden sollte.

Der Absturzschaft muss vom MID-Übergangsschacht getrennt sein. Die Verbindungsleitung und der OW-Übergangsschacht dienen dann auch zur Entlüftung der Strömung. Eine zu große

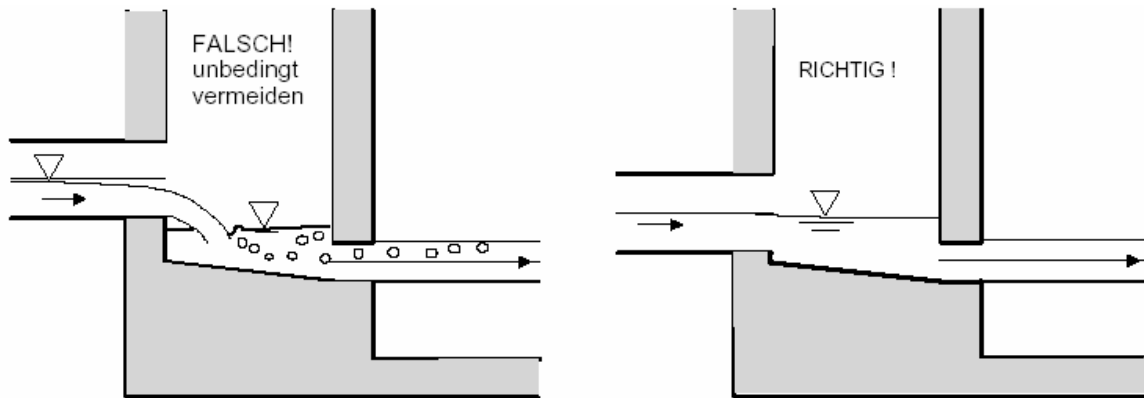


Abbildung 7: Abstruz am MID-Einlauf

Geschwindigkeit muss in diesem Bereich durch großzügige Dimensionierung vermieden werden. Bei vorhandenen Anlagen mit Luftdurchsatz kann die Entlüftung durch Leitwände verbessert werden. Zur richtigen Gestaltung und Dimensionierung der Leitwände ist hydraulischer Sachverstand und Erfahrung erforderlich; in schwierigen Fällen können Laboruntersuchungen zu funktionierenden Lösungen verhelfen.

Durchmesserwahl

Der Durchmesser des MID-Aufnehmers bestimmt maßgeblich die sich einstellende Fließgeschwindigkeit. Kriterien für die anzustrebende Fließgeschwindigkeit ergeben sich aus den Messeigenschaften des MID und der Ablagerungsgefahr. Nach unten hin wird der MID-Durchmesser durch die möglichen oder zulässigen Verluste bestimmt.

Ablagerungen

Ablagerungen im Messaufnehmer sind vorwiegend im Zulauf zur Kläranlage zu befürchten. Ablagerungen auf der Rohrsohle verfälschen durch Verkleinerung des Querschnitts das Messergebnis, während Ablagerungen auf den Messelektroden zu fehlerhafter Geschwindigkeitsmessung führen können.

Der Rohrdurchmesser sollte so gewählt werden, dass die Fließgeschwindigkeiten zur Ausspülung von Ablagerungen und zur Sauberhaltung der Elektroden ausreichen. Nach Juraschek et al. (1984) sollte im Rohabwasser die Fließgeschwindigkeit bei nur schwach geneigter Rohrachse den Wert 0,40 m/s nur kurzfristig unterschreiten. Um diesen Mindestwert einzuhalten, muss das MID ggf. im Querschnitt kleiner gewählt werden als die übrige Rohrleitung. In Kläranlagenausläufen ist die Ablagerungsgefahr zwar geringer, Sielhautbeläge auf den Elektroden sind hier aber auch möglich. Deshalb sollten auch im Auslauf größere Fließgeschwindigkeiten angestrebt werden.

Erhaltung der Messgenauigkeit

Induktive Durchflussmesser haben aus funktioneller Sicht ihren optimalen Betriebsbereich bei Fließgeschwindigkeiten zwischen ca. 0,25 und 10 m/s. Die Untergrenze des Messbereichs wird durch die bei kleinen Geschwindigkeiten zunehmenden Messfehler und die Ablagerungsgefahr markiert, während die Obergrenze durch die bei großen Geschwindigkeiten stark zunehmenden Verluste und die Abrasion durch Feststoffe bedingt ist.

Mit Ausnahme von Pumpendruckleitungen wird im Abwasserbereich der obere Teil dieses Messbereichs nicht erreicht, so dass MID in aller Regel am unteren Rand dieses Geschwindigkeitsbereichs betrieben werden. Der Durchmesser ist deshalb so zu wählen, dass bei Trockenwetterabfluss (24-h-Mittel) eine Fließgeschwindigkeit von 0,25 m/s annähernd eingehalten wird.

Falls die Spanne der Abflussschwankungen sehr groß ist, können im Durchmesser gestaffelte induktive Durchflussmesser kombiniert werden.

Sicherstellung eines günstigen Geschwindigkeitsprofils

Änderungen der Strömungsrichtung sowie einseitige Querschnittseinschnürungen durch Schieber, Klappen, etc. führen zu nicht radialsymmetrischer Strömung. Auf der ungestörten Seite ist die Strömungsgeschwindigkeit erhöht, im Abstrom der Querschnittsblockade treten kleine Geschwindigkeiten oder gar Rückströmungen auf. Unterstrom der Störung benötigt die Strömung eine gewisse gerade Fließlänge, bis sich die Geschwindigkeitsverteilung durch turbulenten Impulsaustausch wieder weitgehend vergleichmäßig hat.

In Abbildung 8 sind einige typische für die Radialsymmetrie der Strömung störende Leitungsführungen dargestellt. Mit angegeben sind die erforderlichen Vor- und Nachlaufängen.

Auch das hydraulische Phänomen der Ablösungen, die sich hinter Kanten in der Rohrwand, insbesondere nach plötzlichen Querschnittsveränderungen bilden, kann zu Messfehlern führen, wenn die Ablösezone in die Nähe des MID-Aufnehmers reicht.

Die Länge bis zum Abklingen der Störungen ist sowohl vom Ausmaß der Störung als auch von der Rauheit des Rohrs abhängig. Deshalb ist auch bei MID eine ausreichend lange Beruhigungstrecke (Einlaufstrecke) erforderlich.

Allmähliche Querschnittsverjüngungen mit einem Verjüngungswinkel von weniger als 4 Grad zur Achse sind unproblematisch.

Einbauten im Fließquerschnitt selber, wie bestimmte Typen von Rückschlagventilen oder Klappen, erzeugen turbulente Nachlaufströmungen oder Wirbelstraßen mit extrem ungleichförmigen Geschwindigkeitsverteilungen oder turbulenten Scherschichten. Zum Abbau dieser Zonen erhöhter Turbulenz ist eine längere Strecke erforderlich, die das 10-fache des Rohrdurchmessers oder mehr betragen kann.

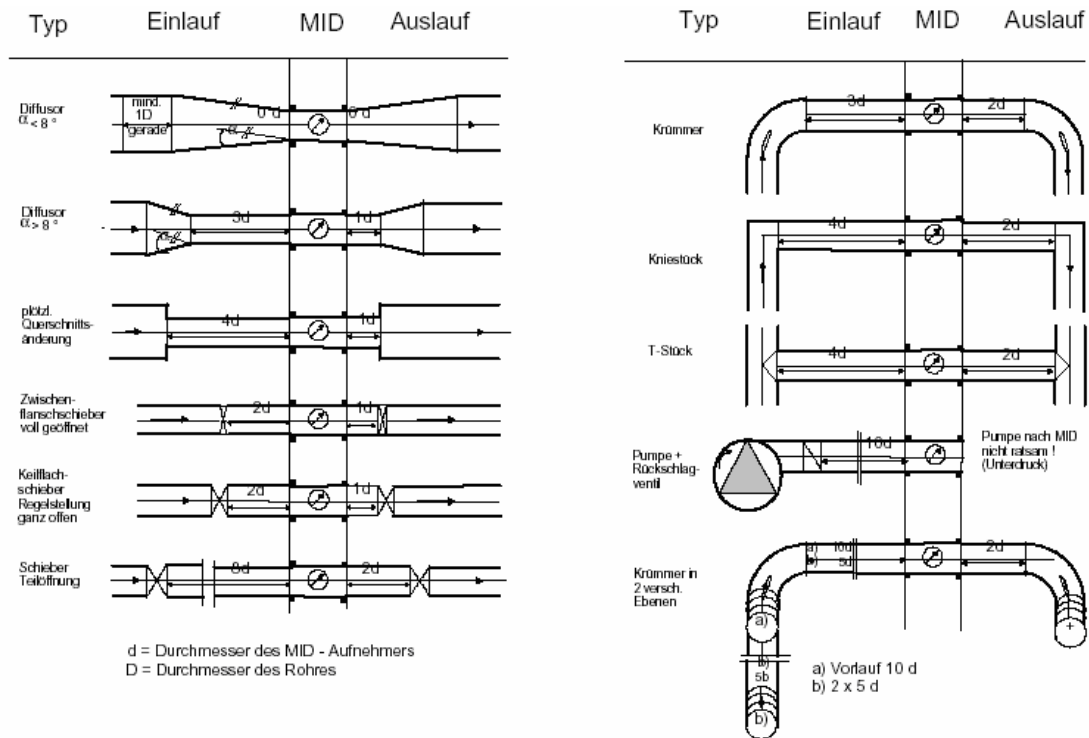


Abbildung 8: Erforderliche Vor- und Nachlaufstrecken bei unterschiedlichen Anströmungen

Durch Pumpen, aufeinander folgende Krümmer, die nicht in einer Ebene liegen, oder tangentielle Zuströmung in das Rohr wird Drall in der Strömung erzeugt. Rotierende Strömungskomponenten im Rohr bauen sich nur sehr langsam ab und benötigen lange Beruhigungsstrecken. Bei Klarwasser können Strömungsgleichrichter, die einer durchgängigen Wabe ähnlich sind, Abhilfe schaffen. Im Abwasserbereich sind diese höchstens im Ablauf von Kläranlagen denkbar.

2.4 Prüfmethöden

Zur Prüfung von Durchflussmessern wurden sowohl spezifische als auch geräteunabhängige Methoden entwickelt. Welche dieser Methoden auf einer Anlage zum Einsatz kommt, ist nach gründlicher Prüfung der örtlichen Situation und der Einbaumöglichkeiten zu entscheiden. Es stehen folgende Methoden zur Verfügung:

- a) "Trockene" Überprüfung und Justierung von Venturi-Kanälen. Diese Methode kommt zum Einsatz, wenn die Abflusskurve von Venturi-Kanälen bekannt oder mit ausreichender Genauigkeit bestimmbar ist (s. 2.5.1).
- b) Netzmessungen mit Geschwindigkeitssonden. Diese Messungen sind dann angebracht, wenn große Abflüsse in großen Kanälen zu bestimmen sind. Sie entspricht den Durchflussmessungen in Bächen und Flüssen mit dem hydrometrischen Flügel, wobei im Abwasser vorzugsweise induktive Geschwindigkeitssonden verwendet werden. Die Messunsicherheit beträgt mehrere Prozente.

- c) Einpunktmessungen mit Geschwindigkeitssonden. Falls Querschnitte mit gleichförmiger Geschwindigkeitsverteilung zugänglich sind, reichen Punktmessungen als Kontrollmessung aus.
- d) Überfallmessungen mit Messwehren,
- e) Überfallmessungen an vorhandenen Abstürzen mit Daten aus Modellversuchen,
- f) temporärer Einbau von induktiven Durchflussmessgeräten. Diese Methode ist relativ genau ($\pm 1\%$). Der durch das Gerät verursachte Aufstau ist zu beachten.
- g) Vergleich von Zu- und Ablaufmessung. Diese Methode reicht aus, wenn eine zweite Messeinrichtung vorhanden ist, die unter besonders günstigen betrieblichen Bedingungen läuft und nur geringe Differenzen vorliegen.
- h) Volumetrische Messung.
Volumetrische Messungen sind dann möglich, wenn ein größerer Speicherraum mit bekannter und erfassbarer Geometrie vorhanden ist und die Strömung für eine definierte Zeit in diesen Speicher eingeleitet werden kann. Solche Möglichkeiten bieten sich allerdings nur in den seltensten Fällen, bzw. sind aufwendig in der Durchführung.
- i) Tracermessungen. Tracermessungen mit radioaktiven Stoffen oder Fluoreszenzfarbstoffen ermöglichen dort Kontrollen, wo andere Methoden versagen. Hier muss oberwasserseitig der Tracer zudosiert werden; unterstrom sind Online-Messungen durchzuführen oder Proben zu entnehmen. Dazwischen muss eine vollständige Durchmischung innerhalb der Strömung gewährleistet sein. Bei dieser Messmethode sind besondere Vorkehrungen und Geräte sowie hinsichtlich der Auswahl der Tracer Erfahrungen nötig. Vor und bei Einsatz radioaktiver Tracer sind die Strahlenschutzvorschriften zu beachten. Vor der Durchführung von Tracermessungen ist eine Abstimmung mit der zuständigen Wasserbehörde erforderlich.

Die Methoden nach den Buchstaben a) und f) sind wegen der hohen Messgenauigkeit bei vertretbarem Aufwand besonders günstig. Deshalb ist es empfehlenswert, bei der Neuplanung von Messstellen auf Kläranlagen und auch in sonstigen Messstationen dafür zu sorgen, dass eine dieser Methoden einsetzbar ist. Die anderen Methoden werden dann gewählt, wenn die Bedingungen der Messstelle keine der Vorzugsmethoden zulassen.

2.5 Bauliche Vorkehrungen zur messtechnischen Überprüfung

2.5.1 Voraussetzungen zur trockenen Überprüfung von Venturi-Kanälen

Die Durchführung einer Prüfung wird erleichtert, wenn

- der Venturi-Kanal oben offen ist,
- der Venturi-Kanal von einem möglichen seitlichen Auftritt gemessen nicht tiefer als 1 m und von der Seite her zugänglich ist,
- der Venturi-Kanal als typgeprüftes Rinnen-Formteil oder als Standard-Venturi-Rinne nach DIN 19559, Teil 2 ausgeführt ist und wenn
- eine berührungslose Wasserstandsmessung mit Ultraschall zum Einsatz kommt.

Hinweis: Bei Drosselstrecken befindet sich die geringste Breite oft im unteren Bereich der Drossel. Dies ist beim Aufmaß zu beachten.

2.5.2 Vorkehrungen zum Einbau von Vergleichs-MID-Geräten

Der Einbau von mobilen induktiven Messgeräten ist möglich unter folgenden Voraussetzungen:

- Schacht mit Mindestdurchmesser von 1,20 m, besser 1,50 m,
- Schacht mit annähernd gerader Linienführung vom ankommenden zum abgehenden Rohr,
- die Halbschale im Schacht darf nicht kleiner sein als das ankommende Rohr.
- Freispiegelabfluss im Schacht,
- der durch das Vergleichs-MID verursachte Aufstau muss mit den örtlichen Randbedingungen verträglich sein,
- Absperrbarkeit, zumindest Reduzierbarkeit des Abflusses für eine Montagezeit von ca. 30 min.

Weiterhin ist im Bereich von Messeinrichtungen, die für Wartung- und Kontrollzwecke zugänglich sein müssen, darauf zu achten, dass nur die leichteste Abdeckung gewählt wird, die die lokalen Verkehrsbelastungen gerade noch trägt. Wenn möglich, sollten Gitterroste als Abdeckung verwendet werden. Die Roste sollten mit geringem Aufwand lösbar und hochhebbar sein.

Als Messstelle kommt auch der Auslauf in den Vorfluter infrage. Hier ist eine Kontrollmessung möglich, wenn der Auslaufbereich betretbar, nicht zu steil und von der Kläranlage her zugänglich ist. Günstig sind eine Tür im Zaun, ein Weg und ein nicht allzu weit entfernter Stromanschluss. Der Kläranlagenauslauf sollte bei normalen Wasserständen nicht unter Wasser einmünden.

2.5.3 Andere Kontrollmessmethoden

Sind die beiden bevorzugten Kontroll-Methoden nach 2.4 a) und f) nicht anwendbar, können zum Einsatz anderer Messmethoden folgende Vorkehrungen getroffen werden:

- Nischen für Mess- oder Steckwehre in der Nähe von Messstellen vorsehen.
- Zur Durchführung von Netzmessungen zugängliche, offene und ruhige, ablösungsfreie Gerinneströmung ermöglichen. Eine Netzmessung kann auch in einem nicht zu engen Schacht ($d > 1,20$ m) ohne Sohlabsturz, Umlenkung und seitliche Einleitung vorgenommen werden.
- Absperrmöglichkeit für parallel laufende Fließwege vorsehen. Zum Beispiel sollte von zwei parallel betriebenen Nachklärbecken eines abgesperrt werden können. Damit lassen sich auch Schächte nutzen, die nur in einem Fließweg liegen.

Welche dieser baulichen Vorkehrungen im einzelnen Fall sinnvoll sind, hängt von den lokalen Verhältnissen ab und kann nicht allgemein angegeben werden. Hier ist eine rechtzeitige Einschaltung der Prüfstellen anzuraten.

2.6 Anforderungen an die Geräte und die Signalübertragung

2.6.1 Ultraschall-Wasserstandsmesser für Venturi-Rinnen

An Venturi-Kanälen kommen vorzugsweise Ultraschall-Messgeräte zum Einsatz, die sowohl den Wasserspiegel messen als auch die Umrechnung in den entsprechenden Abfluss vornehmen.

Weiterhin stellen sie die Messergebnisse als Klarschrift, als Analogsignal und in digitaler Form (serielle Schnittstelle oder Feldbus) zur Verfügung. Schließlich führen sie eine Integration des Abflusses zu Abflusssummen durch und geben diese Information in Form von Impulsen aus. An die Geräte sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Möglichkeit der Anzeige von Wasserständen, Durchflüssen und Abflusssummen,
- Anzeigemodus auf einfache Weise von außen auswählbar,
- Zähler für die geräteeigenen Summen-Impulse am Messumformer ablesbar,

- einfache Möglichkeit der Höhen-Justierung,
- freie Programmierbarkeit der Linearisierungsfunktion entweder als Funktion mit Koeffizienten (Potenzfunktion) und/oder in Form eines Polygonzuges (mindestens 10 Stützpunkte).

2.6.2 Induktive Durchflussmesser

Die induktiven Durchflussmesser geben als Messsignal den Momentanwert des Durchflusses in analoger Form (0 bzw. 4 bis 20 mA) aus. Sie führen ebenfalls eine Integration durch, erzeugen mengenabhängig Impulse, zählen diese und geben sie als Impulse aus. Auch hier ist die Wahl von seriellen Schnittstellen oder anderen Digitalausgängen empfehlenswert. Als Anforderungen an diese Geräte sind zu nennen:

- Klarschriftdisplay an einer Stelle, wo eine einfache Ablesung möglich ist,
- Möglichkeit der Anzeige von Durchflüssen und Durchflusssummen auf dem Display, auf einfache Weise von außen auswählbar,
- Möglichkeit der Benutzung der Tastatur ohne Öffnen von wasserdicht verschraubten Gehäusen. So genannte Kompaktgeräte mit wasserdicht verschlossenem Gehäuse auf dem Aufnehmer sind in dieser Hinsicht weniger günstig.

2.6.3 Signalbearbeitung, Signalübertragung und Messwertregistrierung

Die Methoden der geräteinternen Signalbehandlung und -auswertung sind Gegenstand der Verbesserungsanstrengungen der Hersteller und damit zu einem großen Teil gerätespezifisch. Hier ist allerdings ein technischer Standard erreicht, bei dem Unterschiede nur noch in Sonderfällen zum Tragen kommen.

Bei der Übertragung der Daten zur Leitzentrale bzw. zum Prozessleitreechner der Kläranlage und den Registriergeräten sind jedoch noch erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Anlagen und auch unterschiedliche Standards der einrichtenden Firmen festzustellen. Hier sollten folgende Grundsätze eingehalten werden:

- Integration der Momentanwerte zu Abflussmengen nur in einem einzigen Gerät. Die Übertragung von Analogsignalen in einer Wandlerkarte des Leitrechners mit anschließender rechnerischer Integration wird mit Sicherheit Differenzen und Messabweichungen zwischen den Abflusssummen des Durchflussmessgeräts und denjenigen des Leitrechners erzeugen. Deshalb sind nur die vom Durchflussmessgerät ermittelten Summenimpulse zu verwenden.
- Analoge Ausgänge lediglich zur Anzeige, zur Registrierung von Ganglinien auf einem Schreiber und ggf. zur Ansteuerung von Probenehmern verwenden.

- Die modernen Möglichkeiten der Signalübertragung über Digitalschnittstellen nutzen mit folgenden Vorteilen:
- Keine Verfälschung der Informationen durch interne Prüfung der Übertragung,
- Einsparung von Zähler- und Wandlerkarten,
- Möglichkeit der Übernahme von weiteren Daten, wie Wasserstand, Durchfluss, Durchflusssumme, Temperatur etc.,
- Möglichkeit der Übernahme von anderen Informationen und Fehlermeldungen, z.B. Vollfüllungserkennung beim MID, schlechte Echos beim Ultraschall etc.,
- bei Registrierungen stets die Abflusssummen mit den Ganglinien zusammen auf einem Papierstreifen registrieren. Hierzu sind moderne Schreiber erhältlich, die analoge Ganglinien und Abflusssummen gemeinsam zeitgerecht auf einem Papierstreifen festhalten.
- Nutzung der Möglichkeiten einer auf DCF-Funkuhren gestützten Zeitbasis für das Registriergerät oder den Leitrechner. Hiermit ist immer eine eindeutige und genaue Synchronität aller Registrierungen gewährleistet, die Umstellung auf Sommer- bzw. Winterzeit in Frühjahr und Herbst erfolgt automatisch.

Allgemein gilt, dass das Durchflusssystem ein geeignetes Signal für eine durchfluss- oder mengenproportionale Probenahme zur Verfügung stellen sollte. In der Regel ist dies durch eine Stromschnittstelle (0 bzw. 4 bis 20 mA) gegeben.

2.6.4 Vorkehrungen zur Erhaltung der Messgenauigkeit und zur Kontrolle

Auch zur Sicherstellung eines störungsfreien und genauen Betriebs sind bestimmte Vorkehrungen möglich:

Venturi-Kanäle:

- Stabile und gegenüber Verstellen gesicherte Montage des Messwertaufnehmers (Ultraschallsensors); die Höhenverstellung des Sensors sollte nur mit speziellem Werkzeug möglich sein. Das Stativ muss ausreichend stabil sein, damit es sich beim Anstoßen nicht verbiegt.
- Sonnenschutz-Abdeckung bei Ultraschallsensoren ohne Referenzbügel; zur Kompensation der Temperatureinflüsse auf die Schallgeschwindigkeit sind in den Sensoren Temperaturmessungen eingebaut. Dieser Thermosensor sollte einen für die Lufttemperatur repräsentativen Wert messen und nicht die bei Sonnenbestrahlung wesentlich höhere Sensortemperatur.
- Höhenmäßig genau eingemessene Höhenmarke im Oberwasser; misst man von dieser Höhenmarke mit einem Maßstab auf den Wasserspiegel, lässt sich die aktu-

elle Wasserspiegelhöhe sowie der Abfluss mit Hilfe einer die Abflusskurve berücksichtigenden Tabelle, aufzustellen vom Anlageneinrichter, leicht feststellen.

Magnetisch-induktive Durchflussmesser:

- Einbau einer Bypassleitung zur MID-Messstrecke; eine Umleitungsmöglichkeit bei Reparaturen und Kalibrierungen ist sinnvoll; dann lässt sich auch der Nullpunkt auf einfache Weise kontrollieren.
- Schieber in der MID-Messleitung vor und hinter dem Messwertempfänger; hier sollten nur Plattenschieber zur Zwischenflanschmontage verwendet werden, deren volle Öffnung überprüfbar sein muss. Die Schieber oberstrom des Empfängers muss im Normalbetrieb vollständig geöffnet sein.
- Anschluss mit Hahn und Schlauchtülle im Rohrscheitel unterstrom des MID-Messumformers; hiermit lassen sich die Lage der Drucklinie, die Rohrvollfüllung und der Lufttransport kontrollieren.

2.7 Planerische, genehmigungstechnische und betriebliche Erfordernisse

2.7.1 Planerische Hinweise

Die Auswahl eines geeigneten Messverfahrens, die Sicherstellung hydrometrisch günstiger Strömungsverhältnisse sowie die Einhaltung der Einbaubedingungen sind wichtige Voraussetzungen für die genaue Funktion der Messstelle. Eine sorgfältige Planung muss deshalb auf folgende Punkte eingehen:

- Die Baukonstruktion muss die hydrometrischen Anforderungen durch das geplante Messsystem erfüllen,
- alle Komponenten des Messsystems sind sinnvoll aufeinander abzustimmen.
- Maßgebend für die Bemessung sind die tatsächlichen Niedrigst- und Höchstabflüsse, die für die Zeit nach der Inbetriebnahme erwartet werden.
- Sind Änderungen der hydraulischen Belastung durch zukünftige Erweiterungen abzusehen, muss die Planung auf Möglichkeiten der Anpassung des Messsystems eingehen.
- Es sind groß bemessene Einstiegs- und Lüftungsöffnungen mit leicht handhabbaren Abdeckungen vorzusehen.

- Ein sinnvolles Konzept für den Antrieb von Absperrorganen (z.B. gleichartige Antriebsvierkante mit einem mobilen elektrischen Drehgerät) erleichtert bei geringen Kosten die Bedienung.
- Im Bedarfsfall kann bereits im Planungsstadium Kontakt zu einer anerkannten Prüfstelle als Sachverständigem für Hydrometrie gesucht werden, die neben Hinweisen zur späteren Kontrolle auch zur Abstimmung der Hydraulik und Systemkomponenten beitragen kann.

2.7.2 Genehmigungsunterlagen

Bau, Betrieb und wesentliche Änderung einer Abwasserbehandlungsanlage bedürfen gemäß § 58 (2) LWG der Genehmigung durch die zuständige Behörde. Mit dem Antrag sind, um eine fachliche Beurteilung zu ermöglichen, in der Regel die nachstehend aufgeführten Unterlagen erforderlich:

Erläuterungsbericht

Der Erläuterungsbericht sollte mindestens Aussagen und Begründungen zu den nachfolgend aufgeführten Aspekten enthalten:

- Wahl der Art der Durchflussmesseinrichtung,
- Beschreibung des Messgerätes bzw. Gerinnes,
- Wahl des Messwertaufnehmers und Messwertumformers,
- vorgesehene Methoden und bauliche Vorkehrungen zur Durchführung von Wartungen, Funktionsüberprüfungen und Kontrollmessungen,
- Kosten der Durchflussmesseinrichtung.

Nachweise

Es sind Angaben bzw. Nachweise zu folgenden Punkten erforderlich:

- die Festlegung des Messbereichs unter Berücksichtigung sowohl des maximalen als auch des wahrscheinlich kleinsten Durchflusses (z.B. Nachtabfluss im Trockenwetterfall),
- zu den hydraulischen, konstruktiven und betrieblichen Anforderungen (z.B. Rückstau einfluss, Einlauf- und Auslaufstrecken etc.) und zur Einhaltung der Forderung von Normen und anderen Regelwerken,
- für die Strömungsgrößen bei den maßgeblichen Durchflüssen (z.B. Energiehöhen, Druckhöhen, Wasserspiegellagen, Fließgeschwindigkeiten, Verluste),

- sowie Planunterlagen zur Darstellung der Durchflussmesseinrichtung und die erforderlichen Lagepläne, Bauwerkszeichnungen und hydraulischen Längsschnitte.

Planunterlagen

Zur Darstellung der Durchflussmesseinrichtung sind folgende Pläne beizufügen:

- Lageplan,
- Bauwerkszeichnungen,
- hydraulischer Längsschnitt.

2.7.3 Betriebliche Erfordernisse

Im laufenden Betrieb kann durch folgende Maßnahmen und Vorkehrungen die Funktionstüchtigkeit sichergestellt werden:

- Regelmäßige Reinigung der Messstrecke ohne Verstellung der Sensoren,
- Wartung der Armaturen, wie z.B. Schiebern in Mess- und Bypassleitungen. Für die Überprüfung der Durchflussmesseinrichtung sind folgende Unterlagen / Einrichtungen erforderlich:
- Genehmigungsunterlagen,
- Unterlagen zu den Messgeräten mit eindeutigen Aufzeichnungen über die maßgebende und aktuelle Einstellung,
- Abflusskurve bei Venturi-Kanälen,
- Prüfbericht einer vorhergehenden Kontrolle,
- Hilfsvorrichtungen, wie Messwehre, scharfkantigen Wehrblenden, etc. aus früheren Messungen, die sorgfältig aufzubewahren sind.

3 Literaturverzeichnis

- ATV „Durchflussmessung in Abwasseranlagen“, ATV-Schriftenreihe Band 01, Hennef 1996
- Barczewski, B., Juraschek, M.: "Ermittlung der Abflussbeziehung von Venturi-Kanälen", Wasserwirtschaft, Jg. 73, 1983, S. 149 - 154
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: "Anforderungen an Abwasser- Durchflussmessenanlagen", Merkblatt Nr. II.7-21 vom 22. 3. 84, München, 1984
- Bollrich, Preissler: "Technische Hydromechanik", Bde. 1 + 2, Verlag f. Bauwesen, Berlin 1989 (Bd. 2) und 1992 (Bd. 1, 3. Aufl.)
- Bos, M.G.: "Discharge Measurement Structures", Int. Inst. f. Land Reclam. and Improvement (ILRI), Wageningen The Netherlands, 1976
- DIN 19 559 Teil 1: "Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen", Beuth-Verlag, Berlin 1983 Teil 1: Allgemeine Angaben Teil 2: Venturi-Kanäle
- Hassing, R.: "Induktive Durchflussmessung in Abwasseranlagen" und "Kontrolle von Durchflussmesseinrichtungen mit MID", in: Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Hrsg.) "Magnetisch-Induktive Durchflussmessung auf Kläranlagen", Hirthammer Verlag, München 1993
- ISO 4359: „Liquid flow measurement in open channels – Rectangular, trapezoidal an U-shaped flumes“, Internat. Organization for Standardization, 1983
- Juraschek, M.; Topal-Gökceli, M.; Westrich, B.: "Hydraulische Untersuchungen zur Auslegung von Messbauwerken in einem Abwasserableitungssystem", BMFT-FB-T 83-129, Juni 1983
- Knauss, Jost: "Wirbelbildung an Einlaufbauwerken - Luft- und Dralleintrag", DVWK Schriften Nr. 63, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin 1983
- Marchewka, W.: "Magnetisch-induktive Durchflussmessung in der Abwassertechnik", Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft der Universität-Gesamthochschule Kassel, Nr. 8, Kassel 1992
- Merkblatt „Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen“, D 2.00, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden, Oktober 2001
- Valentin, F.: „Einsatz kombinierter Messwertnehmer für die Durchflussmessung“, Korrespondenz Abwasser, Jg. 37, 6/90, S. 696
- VDE/VDI 2641: "Magnetisch-induktive Durchflussmessung", VDE/VDI-Richtlinie 2641, Juli 1985