

THEORIE UND PRAXIS DER DURCHFLUSSMESSUNG

Dr. Wilhelm Frey, Leobendorf

1. Zweck der Durchflussmessung

Eine genaue Volumenstrommessung ist zur Berechnung von Schmutzfrachten sowie zur Steuerung durchflußproportionaler Probenahmegeräte unabdingbar. Die in das Kanalnetz eingeleiteten Abwassermengen werden häufig zur Berechnung der Kostenaufteilung zwischen den Einleitern herangezogen.

2. Definition des Volumenstromes

Definition:

- Volumen das pro Zeiteinheit in ein Becken oder Behälter fließt

$$Q = \frac{\text{Volumen [m}^3\text{]}}{\text{Zeit [s]}}$$
 daraus kann für ein Gerinne hergeleitet werden

- Produkt der durchströmten Fläche und der **mittleren** Stömungsgeschwindigkeit

$$Q = A \text{ [m}^2\text{]} \cdot v \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

Man erkennt, dass der Durchfluss also **keiner unmittelbaren Messung zugänglich** ist. Er ist nur aus mehreren Messgrößen berechenbar. Für technische Anwendungen wird die Fließgeschwindigkeit und der durchströmte Querschnitt ermittelt. Die Flächenermittlung kann in der Praxis auf eine Wassertiefenmessung reduziert werden.

3. Messwertaufnehmer

Bei den meisten Messverfahren sind der **Wasserstand** und/oder die **Fließgeschwindigkeit** eine unverzichtbare Messgrößen zur Bestimmung des Durchflusses.

3.1 Wassertiefe

Schwimmer: Gefahr von Anlagerungen, Bewuchs oder Verhängen des Fühlers durch zopfbildende Stoffe. Heute nur mehr selten

Bei der **Einperl-Messung** wird durch ein Tauchrohr Luft in das Wasser eingeblasen und der Druck gemessen. Gefahr des Zuwachsens der Einperlöffnung.

Echolot: Von einem oberhalb des Wasserspiegels angeordneten **Ultraschallsender** wird ein Impuls ausgesandt, der nach der Reflexion an der Wasseroberfläche von einem Empfänger als Echo aufgenommen wird. Aus der Laufzeit des Signals kann der Abstand zwischen Sender/Empfänger und dem Wasserspiegel und damit der Wasserstand im Gerinne ermittelt werden. Störung durch Wellen an der Oberfläche, Schaum, etc.

Drucksensoren formen die Eingangsgröße Druck in ein elektrisches Signal um, das mit dem Wasserstand korreliert werden muß. Problem durch Beläge und Bewuchs.

3.2 Fließgeschwindigkeit

Es gibt mechanische, elektromagnetische und akustische Messverfahren. Die Messwertaufnehmer werden **im durchströmten Querschnitt** angeordnet oder **am Umfang** angebracht.

Zu unterscheiden ist zwischen Geräten die die Geschwindigkeit

- **punktförmig**
- **streckenförmig** oder
- **flächenhaft** erfassen.

Aufnehmer im Messquerschnitt werden für Punkt- bzw. Netzmessungen eingesetzt. Probleme durch Anlagerung von mitgeführten Stoffen. Damit dienen sie ausschließlich Kontrollzwecken.

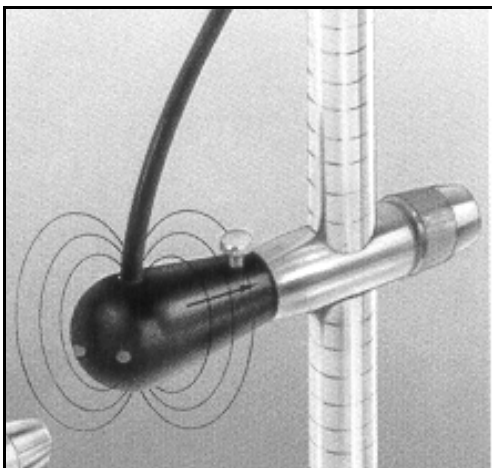
3.2.1 Punktmessung

Die Messung erfolgt mit einem geeigneten Messwertaufnehmer nur für **einen ausgewählten Punkt** im Fließquerschnitt.

Die **Zuordnung** der gemessenen **punktuellen Geschwindigkeit zur mittleren Geschwindigkeit** im Messquerschnitt ist eine schwierige Aufgabe. Je nach durchströmtem Profil, Füllungsgrad (Wassertiefe) und sonstigen hydraulischen Randbedingungen stellt sich eine Geschwindigkeitsverteilung ein. Zur Umrechnung der gemessenen punktuellen Geschwindigkeit auf die mittlere Geschwindigkeit im Messquerschnitt müssen die Umrechnungsfaktoren als Funktion des Wasserstandes für das jeweilige Profil bekannt sein.

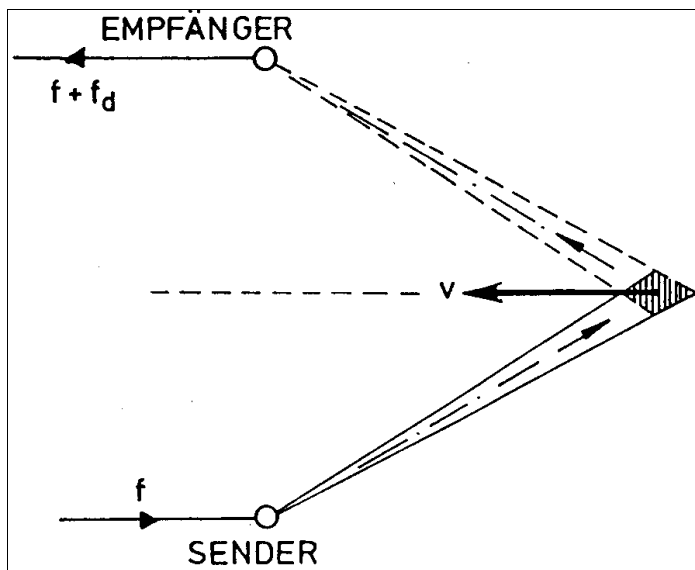
Eingesetzte Messgeräte:

Messflügel: Hier sitzt ein Schaufelrad leicht drehbar auf einer horizontalen Achse. Die Achse ist bei der Messung parallel zur Gerinneachse ausgerichtet. Durch die Strömung wird die Schaufel in Rotation versetzt, wobei aus der Drehzahl mit Hilfe einer Eichkurve auf die Anströmgeschwindigkeit geschlossen werden kann.



Die **magnetisch induktive Geschwindigkeitsmessung** arbeitet nach dem Faraday'schen Induktionsgesetz. Ein strömungsgünstiges Gehäuse mit einem Elektromagnet und Elektroden zum Abgriff der Messspannung wird in das Wasser getaucht. Die Messspannung wird durch das vorbeifließende Wasser erzeugt.

Bild 1: Punktförmige Messung nach dem Doppler-Effekt

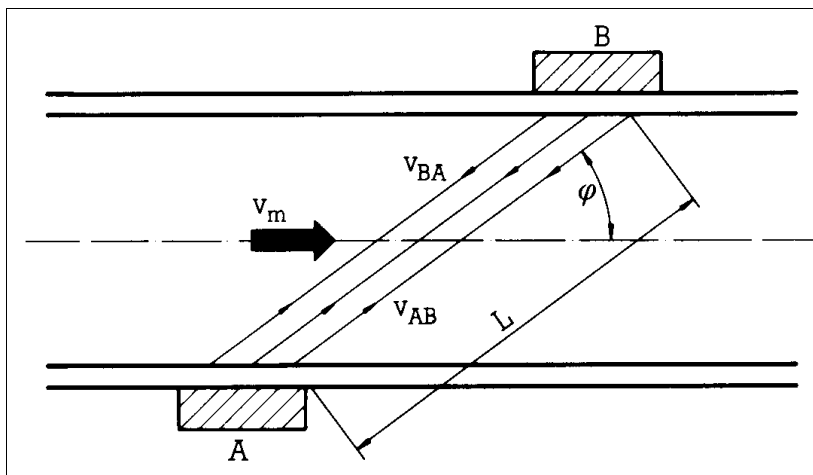


Bei Messgeräten die nach dem **Doppler-Verfahren** arbeiten wird ein Ultraschallsignal in das Medium abgestrahlt. Die Feststoffteilchen im Messmedium verursachen Reflexionen. Durch die Bewegung der Partikel wird eine geschwindigkeitsproportionale Frequenzverschiebung der Reflexionen verursacht. Man misst die Geschwindigkeit der mitgeführten Partikel in einem Bereich.

3.2.2 Streckenmessung

Bei Messgeräten die mit dem **Mitführungseffekt** arbeiten wird zwischen zwei Messköpfen die Laufzeit der Schallimpulse diagonal zur Strömung gemessen. Wegen der Überlagerung mit der Fließgeschwindigkeit unterscheiden sich die Laufzeit bzw. die Phasenlage des Signals in Strömungsrichtung von der entgegen der Strömungsrichtung (Mitführungseffekt). Die mittlere Fließgeschwindigkeit des Messmediums längs der Messstrecke kann daraus berechnet werden.

Das Messprinzip setzt voraus, daß der vom Sender abgestrahlte Schallimpuls nach dem Durchlaufen der Messstrecke den Empfänger erreicht. Stören können dabei im Messmedium mitgeführte Feststoffe oder Gasblasen, welche die Schallsignale vorzeitig reflektieren bzw. **absorbieren**.

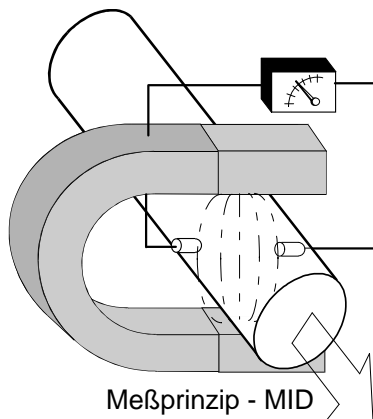


Der Mittelwert der Geschwindigkeit längs der Messgeraden ist der mittleren Geschwindigkeit des gesamten Fließquerschnittes zuzuordnen. Durch den größeren Informationsgehalt über die Geschwindigkeitsverteilung ist eine gegenüber der Punktmessung verbesserte Genauigkeit zu erwarten.

Bild 2: Geschwindigkeitsmessung mit dem Mitführungseffekt

3.2.3 Flächenmessung

Bild 3: Magnetisch Induktive Geschwindigkeitsmessung



Zur Bestimmung der mittleren Fließgeschwindigkeit wird das **Faraday'schen Induktionsgesetz** angewendet. Ausgenutzt wird dabei das Phänomen, daß durch die Bewegung eines Leiters in einem Magnetfeld eine Spannung induziert wird. Jedes Teilchen des durch den Querschnitt strömenden Abwassers liefert einen Anteil an der induzierten Spannung. Dadurch kann aus der Spannung mit Hilfe einer Wertigkeitsfunktion ein Mittelwert der Fließgeschwindigkeit über die Fläche berechnet werden.

4. Messverfahren

Wir unterscheiden

- **direkte Verfahren** (keine Beiwerte erforderlich), als Beispiel ist die Behältermessung anzuführen, wo aus einem bekannten Volumen eines Vorlagebehälters und der erforderlichen Füllzeit des Behälters der Volumenstrom berechnet werden kann.
- und **indirekte Verfahren** Die Ermittlung des Durchflusses erfolgt durch Multiplikation der durchflossenen Querschnittsfläche mit der **mittleren Fließgeschwindigkeit**.

4.3 Doppler-Verfahren

Die Sensoren werden häufig als kombinierte Druck- und Geschwindigkeitssensoren ausgeführt. Sie werden entweder direkt an der Gerinnesohle oder an der Gerinnewand angeordnet.

- Querschnittsverengung – Messfehler bei geringer Wassertiefe
- Zopfbildungen durch das Sondenkabel (sorgfältig verlegen),

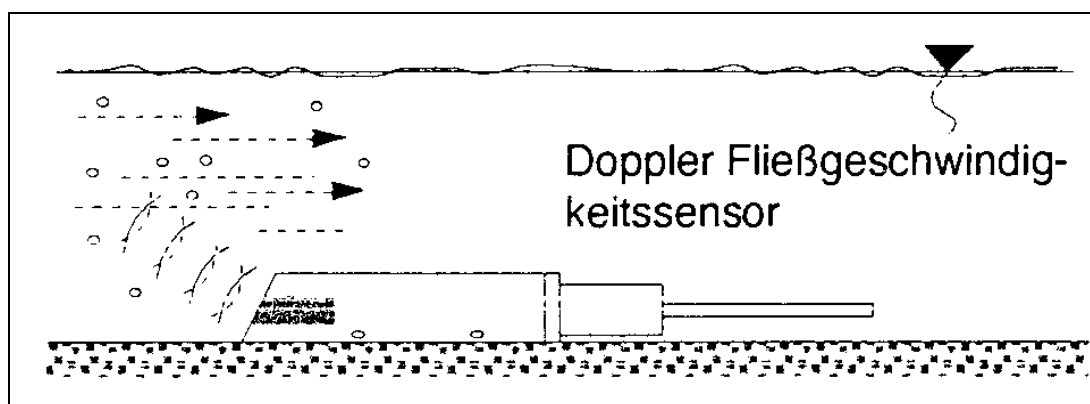
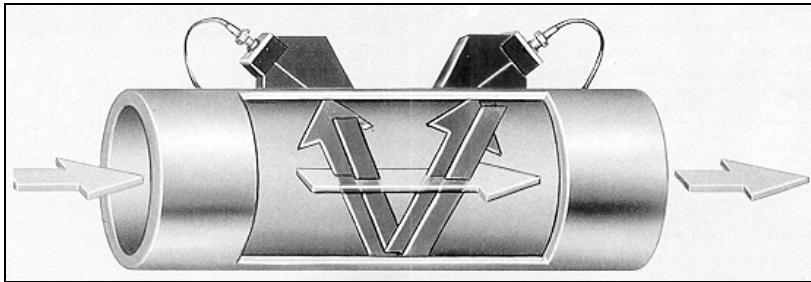


Bild 4: Geschwindigkeitsmessung mit dem Dopplereffekt im Freispiegelgerinne

4.4 Mitführeffekt

Die Messung der mittleren Fließgeschwindigkeit erfolgt nur auf der durch die Sensoren vorgegebenen Messstrecke; die **Zuordnung zur mittleren Fließgeschwindigkeit** im Gesamtquerschnitt muß erst noch vorgenommen werden. Hierbei ist dann entscheidend, dass auf bekannte Gesetzmäßigkeiten bei der Rohrströmung (im vollgefüllten Rohr) zurückgegriffen werden kann. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit können die Schallwege vervielfacht werden (Bild 5).

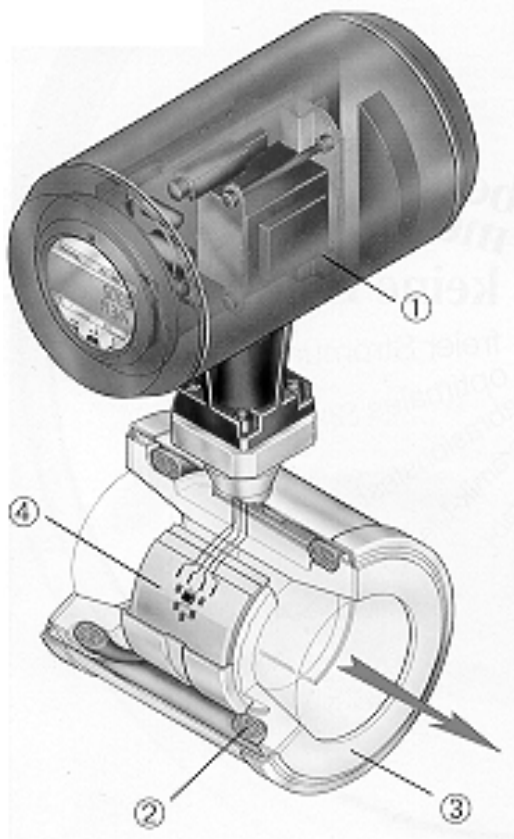
Bild 5: Geschwindigkeitsmessung im vollgefüllten Rohr



4.5 Druckrohr - MID

Hier kommt das Prinzip des **Magnetisch Induktiven** Geschwindigkeitsmessung zum Einsatz. Bedeutsam sind insbesondere die hohe erzielbare Genauigkeit über große Messbereiche und der hydraulisch neutrale Einbau.

Bild 6: Magnetisch Induktiver Durchflußmesser



1 Messumformer 2 Feldspulen 3 Messrohr 4 Elektroden

Für den Einbau von induktiven Durchflußmessern sei darauf hingewiesen, daß es wichtig ist, daß die **Rohrleitung stets voll gefüllt** (z.B. Düker) ist, das keine **Ablagerungen** (isolierend oder leitend) auf den Elektroden liegen, keine **Lufteinschlüsse** im Messquerschnitt enthalten sind und eine **Mindestströmungsgeschwindigkeit** (0,3 m/s) eingehalten wird. Bevorzugte Einbaulage ist daher vertikal von unten nach oben durchströmt. Außerdem sind entsprechende **Vorlauf-** und **Nachlaufstrecken** erforderlich. In der Praxis wird man mit einer Vorlaufstrecke von größer 3 x Nenndurchmesser und einer Nachlaufstrecke größer 2 x Nenndurchmesser das Auslangen finden. Wenn in der Rohrleitung ein Wasser-Luft-Gemisch strömt, so wird die Messung verfälscht. Es wird zwar die mittlere Geschwindigkeit korrekt gemessen aber der Rohrquerschnitt ist nicht ständig gefüllt (Gasblasen).

4.6 Freispiegel - MID

Auch für den Abfluß mit freier Oberfläche ist das Messprinzip einsetzbar. Der unterschiedliche Beitrag der einzelnen Querschnittsflächenanteile zur Messspannung muss für jeden Wasserstand durch eine spezielle Wertigkeitsfunktion berücksichtigt werden. Die erzielbare Genauigkeit ist geringer als beim vollgefüllten Querschnitt.

4.7 Hydrodynamische Verfahren

Diese Methoden nutzen die Tatsache, daß sich die in einem Wasservolumen enthaltene Energie zwischen "Energie der Lage" und "Energie der Bewegung" aufteilt. Das Aufteilungsverhältnis ist durch bauliche Rahmenbedingungen bestimmt. Prinzipiell ist zwischen **reibungs-kontrollierter Strömung**, mit der für sie charakteristischen großen Längenentwicklung (stationärer gleichförmiger Abfluß), und **querschnittskontrollierter Strömung** (z.B. Messwehr, Venturi) zu unterscheiden. Beide Methoden ermöglichen, unter der Voraussetzung bekannter Gerinnegeometrie bzw. Abmessung der Einschnürung, durch die Messung der **Wassertiefe** den Durchfluß zu berechnen.

Eine oder mehrere Wasserstandsmessungen sind nur dann aussagefähig für die Wassermengenbestimmung, wenn die strömungstechnischen Randbedingungen gleichzeitig Rückschlüsse auf die Fließgeschwindigkeit zulassen.

4.7.1 Hydraulische Grundlagen

Der Abflusszustand in einem offenen Gerinne wird durch das Verhältnis zwischen der mittleren Fließgeschwindigkeit und der Wellenfortpflanzungsgeschwindigkeit definiert. Dieses Verhältnis wird FROUDE – Zahl genannt.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad \text{darin ist } g \text{ die Erdbeschleunigung und } h \text{ die Fliesstiefe.}$$

Man unterscheidet:

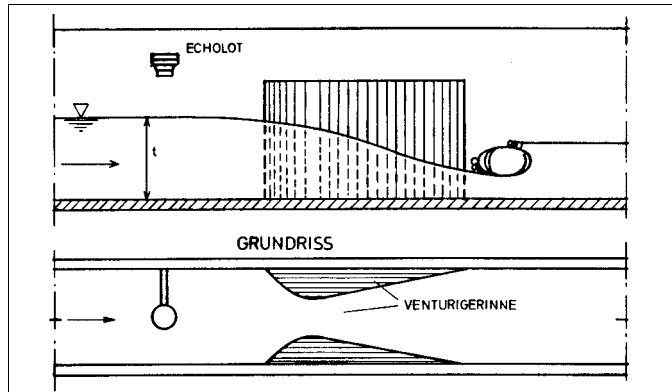
- strömenden (unterkritischen) Abfluss $Fr < 1$ Störungen können sich auch stromaufwärts ausbreiten.
- schießenden (überkritischen) Abfluss $Fr > 1$ Störungen können sich nicht stromaufwärts sondern nur stromabwärts ausbreiten.
- gleichförmiger (kritischen) Abfluss $Fr = 1$ Störungen können sich nicht stromaufwärts sondern nur stromabwärts ausbreiten.

4.7.2 Querschnittkontrollierte Strömung

Durch den Einbau einer Verengung soll ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Durchfluß und dem Wasserstand unmittelbar oberhalb der Einschnürung hergestellt werden. Möglich ist dies nur bei strömendem Zufluß und einem **Fließwechsel Strömen – Schießen** im Bereich der Verengung. Unter den Grenzverhältnissen besteht für jede beliebige Querschnittsform ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der dort auftretenden Grenztiefe und der zugehörigen Geschwindigkeit, d.h. es kann eine direkte Beziehung der Wassertiefe oberhalb der Verengung und dem Durchfluß hergestellt werden .

4.7.2.1 Venturi-Kanäle

Wird in einem offenen Gerinne eine Einengung (Stauwangenpaar) eingebaut, so daß im Oberwasser ein gewisser Aufstau erfolgt und im Messprofil der Übergang von strömendem Abfluß in schießenden Abfluß erfolgt, so kann durch Messung des Wasserspiegels oberhalb des Fließwechsels die Wassermenge bestimmt werden.



solch die Wassermenge bestimmt werden. Solch ein System bedarf bestimmter Geometrie. Nachfolgende Skizze gibt darüber Auskunft.

Bild 7: Venturi

Als Messgröße wird die Wassertiefe vor der Einschnürung zweckmäßigerweise berührungslos, d.h. mit Hilfe einer Echolotmessung, aufgenommen.

Die Ermittlung des Durchflusses erfolgt dann nach folgendem Zusammenhang:

$$Q = \mu \cdot b_e \cdot h_0^{2/3}$$

μ ... Abflussbeiwert aus Tabellen

b_e ... Abstand an der engsten Stelle

h_0 ... Fliesstiefe

Die Vorteile von Venturi-Messstellen sind:

- **geringer Gefälleverlust**
- **Sohlbereich unverbaut**
- **gute Genauigkeit** ab ca. 10% der Auslegungswassermenge

Wegen der großen Bedeutung wurden Venturi-Kanäle in der DIN 19559, Teil 2, genormt. Der Herstellung der Messrinne (Fertigungs- und Montagegenauigkeiten) kommt besonderes Augenmerk zu. Eine häufig anzutreffende Form des Venturis ist der sogenannte "Khafagi-Venturi". Der Vorteil des Khafagiventuris liegt in der Tatsache, daß er im Hinblick auf die Energieverluste optimiert ist.

Wartungsabhängig ist der Zustand des Gerinnes oberstrom des Venturi-Kanals. Hier müssen mögliche **Ablagerungen entfernt** werden, damit die Anströmbedingungen unverändert bleiben.

4.7.2.2 Messwehre

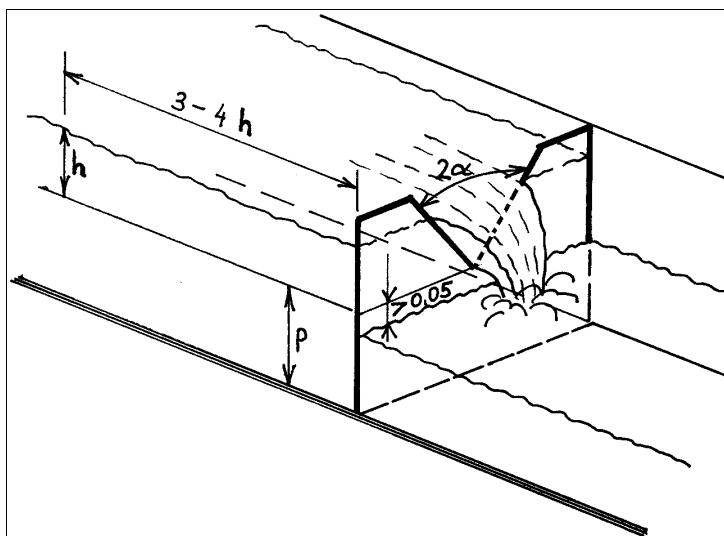
Messwehre werden aus dünnwandigen Platten mit genau definierten Überfallkanten hergestellt. Je nach Messaufgabe werden dabei dreieckige, rechteckige oder trapezförmige Ausschnitte gewählt. Der Einbau der Wehre erfolgt senkrecht zur Anströmrichtung im offenen Gerinne. Da der Überfallstrahl vollständig belüftet sein muß, ist eine Mindestwehrröhe zu beachten. Die Wehrkrone liegt höher als der Unterwasserspiegel. Der Abstand zwischen Gerinnesohle und dem Beginn der Überfallkante bedingt einen Aufstau. Bei ungeklärtem Abwasser können Messwehre deshalb nur für **Kurzzeitmessungen** herangezogen werden. Dabei ist darauf zu achten, daß der Raum vor dem Messwehr ablagerungsfrei bleibt und keine **Anlagerungen von Feststoffen an der Überfallkante** erfolgen. Unter günstigen Voraussetzungen, z.B. feststofffreiem,

gereinigten Abwasser, können unter Beachtung der Einbaubedingungen sehr hohe Genauigkeiten erzielt werden. Beim Dreieckswehr sind aufgrund der Geometrie Verhältnisse Q_{\min}/Q_{\max} bis 0,01 zu erzielen. Wegen des geringen baulichen Aufwandes (Stecknut) sind Messwehre für Kontrollmessungen und zur Kalibrierung anderer Messeinrichtungen geeignet.

Allen Überfallwehren ist gemeinsam, daß der Überfallstrahl nicht an der Messwand "kleben" darf. Die Überfallkrone muß scharfkantig sein, so daß das Wasser frei überstürzen kann. Voraussetzung für eine freie Strahlenbildung ist jedenfalls der allseitig freie Luftzutritt. Bei der Wehrmessung wird ein relativ großes hydraulische Gefälle benötigt.

Stellvertretend für die Messwehre soll das Prinzip an Hand des Dreieckswehres erklärt werden. Das Dreieckswehr ist für stark schwankende Überfallmengen sehr gut geeignet.

Bild 8: Abfluß über ein dreieckiges Messwehr



Die Abflussformel für diesen Typ des Messüberfalls lautet:

$$Q = \frac{8}{15} * C_e * \tan\alpha * \sqrt{2g} * h^{5/2}$$

Der Durchflussbeiwert kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$C_e = 0,565 + 0,0087 * \frac{1}{\sqrt{h}}$$

Die Niveauhöhe h , sollte wegen der sich einstellenden Niveauabsenkung beim Überfall ca. $4 \times h$ stromaufwärts gemessen werden. Die Wehrkante muß scharf ausgeführt werden (2

mm). Der Unterwasserstand sollte mindestens 50 mm unter der Wehröffnung liegen. Weiter Details zu Messwehren findet man in einschlägigen Handbüchern der Hydraulik (z.B. HAGER 1994)

4.7.3 Reibungskontrollierte Strömung

Wird auf die Querschnittseinengung verzichtet, so geht der eindeutige Bezug zwischen Abfluß und minimaler Energiehöhe verloren. Dies bedeutet vom Grundsatz her, daß diese eindeutige Beziehung in einem Kontrollquerschnitt ersetzt werden muß durch eine Zuordnung, bei der über die Längenentwicklung des Gerinnes ein Zusammenhang zwischen Wassertiefe und mittlerer Fließgeschwindigkeit in einem betrachteten Gerinneabschnitt gefunden werden muß (reibungskontrolliert). Die Durchflußbestimmung ist in diesen Fällen mit großen Toleranzen behaftet und als Grundlage für **Abrechnungen nicht brauchbar**.

5. Anforderungen an Durchflußmesseinrichtungen auf Kläranlagen

„Ein idealer Messwertaufnehmer ist robust und wartungsarm und mißt ohne zusätzliche Beeinträchtigung des Fließquerschnittes mit hoher Langzeitkonstanz unbeeinflusst von extremen Umweltbedingungen mit guter Genauigkeit in einem relativ großen Messbereich den Messwert“.

Dieser Definition aus DIN 19559 Teil 1 ist lediglich hinzuzufügen, daß es den idealen Messwert-aufnehmer nicht gibt, sondern daß abhängig von Messaufgabe und -stelle für den jeweiligen Fall Messwertaufnehmer verfügbar sind, die den Eigenschaften eines idealen Messwertaufnehmers mehr oder weniger nahe kommen.

Ganz allgemein sind bei der Auswahl des geeigneten Messverfahrens die Eigenschaften des **Messmediums**, der **Messbereich** mit den Anforderungen an die **Messgenauigkeit**, die **Betriebssicherheit** und **Wartungsfreundlichkeit** sowie **Rückwirkungen** auf das Abflußvermögen bei Querschnittsverengungen zu beachten. Bei Einsätzen im Bereich von Klärwerken steht in der Regel eine Stromquelle zur Verfügung, so daß die Messwertanzeige und Speicherung der Daten in beliebiger Form erfolgen kann. Anders sind die Verhältnisse im Kanalnetz. Hier ist eine Installation mit eigener Stromversorgung unter Beachtung der entsprechenden Sicherheitsvorschriften wünschenswert.

Wird eine punktförmige oder streckenhafte Geschwindigkeit gemessen und handelt es sich um einen Freispiegelabfluß, so ist die Kenntnis der weiteren Signalverarbeitung (**Umrechnungsfaktoren** für die **mittlere Fließgeschwindigkeit** im Messquerschnitt) unbedingt erforderlich.

Im Rohabwasser sind ungelöste Stoffe (**verzopfendes Material**) enthalten. Verfahren bei denen Sensoren im Wasserkörper angeordnet werden oder eine Einschnürung erfordern sind daher störanfällig.

Vor allem für die Durchflußmessung in **Kanalstrecken** ist für die wartungsarme Dauer-messung eine Messmethode anzustreben, die **rückstaufrei** bleibt.

Vom Messprinzip her ist die Geschwindigkeitsmessung über den gesamten Querschnitt mit Hilfe des **Induktionsverfahrens** das genaueste Verfahren.

6. Genauigkeit und Fehlerquellen

Die Praxis zeigt, daß die Durchflußmessungen häufig weder über die erforderliche Genauigkeit noch über die notwendige Zuverlässigkeit verfügen. Tatsache ist, daß einwandfrei arbeitende Durchflußmessenrichtungen in der Abwassertechnik eher die Ausnahme als die Regel sind.

Die Ursachen für falsche Messergebnisse bei Durchflußmessenrichtungen kann man grob in drei Gruppen gliedern:

ungünstige **Einbaugeometrie** und **Baufehler** (ungenügende hydraulische Randbedingungen)

Sensorfehler, Übertragungs- und Auswertefehler

Bedienungs- und Wartungsfehler

Herstellerangaben über die Messgenauigkeit von Systemen können naturgemäß nur die zweite Gruppe berücksichtigen.

Jeder Messmethode sind physikalische Grenzen in Bezug auf die erzielbare Genauigkeit gesetzt, die zudem mit dem Messbereich veränderlich sind. Ganz allgemein sind an der oberen Bereichsgrenze, bei der Durchflußmessung also bei maximalem Durchfluß, die prozentualen Abweichungen des Messwertes vom Sollwert am kleinsten, an der unteren Bereichsgrenze am größten.

Bei der Angabe von Fehlergrenzen ist zu beachten, auf welche Bedingungen hierbei Bezug genommen wird. Nach der DIN 19559, Teil 1, werden Garantie- und Verkehrsfehlergrenzen unterschieden. Die **Garantiefehlergrenzen** gelten dabei für die Kalibrierung auf einem Prüfstand unter Nennbedingungen. Die **Verkehrsfehlergrenzen** können ebenfalls auf die **Nennbedingungen** oder auf die davon abweichenden **Betriebsbedingungen** abgestellt sein. Dies ist z.B. dann gegeben, wenn das Messmedium unter Nennbedingungen Reinwasser, unter Betriebsbedingungen dagegen Abwasser ist.

Auf Basis einer Zusammenstellung von DALLWIG (1988), Betrachtungen von UHL (1996) und einer Untersuchung von HAMILTON/WILLIAMSON (1987) erhält man folgende Tabelle mit Verkehrsfehlergrenzen verschiedener Durchflussmessverfahren.

	VERKEHRSFEHLER UNTER BETRIEBSBEDINGUNGEN		
	0,1 – 0,3 Q _{max}	0,3 – 1,0 Q _{max}	Literatur
Venturimesstrecke	20%	12%	12 – 16%
Rechteckmesswehr	12%	7%	4 – 6%
Dreieckmesswehr	10%	6%	1 – 2%
MID bei Vollfüllung	4%	2%	4 – 8%
Geschwindigkeitsmessung			
Einpunktmessung	14 – 18%	14 – 18%	15%
Linienmessung	1 – 4%	1 – 4%	3 – 7%

Grundsätzlich sind für den **Anwender** die **Verkehrsfehlergrenzen** über den gesamten Messbereich von besonderem Interesse. Nur dadurch stehen Angaben über die unter Betriebsbedingungen zu erzielenden Genauigkeiten zur Verfügung. Von den Herstellern können jedoch nur Garantiefehlergrenzen angegeben werden, da ihnen der Einsatzort zumeist unbekannt ist und Einbauvorschriften nicht immer überwacht werden können. Durch Kontrollmessungen können Abweichungen von den Verkehrsfehlergrenzen vor Ort festgestellt werden. Jedoch ist hierzu ein Messgerät mit einer höheren Genauigkeit zu verwenden als das zu überprüfende Gerät.

7. Schlussbemerkungen

Die Messung des Volumenstromes in Reinwasser ist eine klassische Ingenieuraufgabe die in vielen Bereichen als „gelöst“ betrachtet werden kann. Abwasser unterscheidet sich als Messmedium von Reinwasser durch eine Reihe störender Inhaltsstoffe, wie Sand, Fasern, Schaum, Fett, schleimbildende Substanzen usw.. Weiter zu nennen sind die großen Schwankungsbereiche der Durchflüsse, z.B. zwischen Trocken- und Regenwetterabfluß, zwischen Tagesspitze und Nachtminimum.

Eine Vielzahl von Messmethoden verursacht einen Rückstau im Oberwasser, der mit einer Verminderung der Fließgeschwindigkeit gekoppelt ist, wodurch die Neigung zum Absetzen von Feststoffen aus dem Abwasser verstärkt wird. Dies kann zu Störungen in der Abwasseranlage aber auch der Messstelle führen

Mit den **Messwehren**, dem **Venturikanal** und dem **Magnetisch Induktiven Durchflussmessverfahren** stehen zuverlässige Verfahren zur Verfügung, um eine Durchflußmes-

sung mit ausreichender Qualität betreiben zu können. Jedoch nur regelmäßige **Wartung** und **Kontrollen** der Messeinrichtungen sichern **zuverlässige Messergebnisse**.

8. Literatur

- : *Magnetisch-Induktive Durchflußmessung auf Kläranlagen Grundlagen und Anwendung*. Herausgeber Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft Universität - Gesamthochschule Kassel; Hirthammer Verlag München (1993)
- ATV (1987): *Qualitative Durchflußmessung. Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.5. KA 34 (1987) Nr. 11, S. 1205-1214*
- ATV (1996): *Durchflußmessung in Abwasseranlagen; ATV Schriftenreihe Band 1*
- DIN 19559, Teil 1: *Durchflußmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen; Allgemeine Angaben*
- DIN 19559, Teil 2: *Durchflußmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen; Venturi-Kanäle*
- DALLWIG H.-J.(1988): *Abwasserdurchflußmessung: Anforderungen, Möglichkeiten und Realität. Techn. Ber. über Ingenieurhydrologie und Hydraulik. TH Darmstadt Nr. 40 , S. 283-298*
- ERB H.G.. (1996): *Kontinuierliche Durchflußmessung zur Optimierung der Kanalnetzbewirtschaftung in Mischwassersystemen. KA 43 Nr.12, S. 2147-2154.*
- ERB H. G. (1997): *Durchflußmesstechnik für die Wasser und Abwasserwirtschaft; Vulkan Verlag Essen*
- HAGER W.H. (1994): *Abwasserhydraulik, Springer Verlag*
- HASSINGER R. (1992) : *Überprüfung von Durchflußmesseinrichtungen im Abwasserbereich. Wasser-Abwasser-Abfall Band 8; Kassel, S. 107-112*
- MARCHEWKA W.(1992): *Magnetisch-Induktive Durchflußmessung in der Abwassertechnik. Wasser-Abwasser-Abfall Band 8; Kassel, S. 71-106*
- WAHLEN U.(1989): *Praktische Erfahrungen mit Abflußmessungen bei Indirekteinleitern. GWA 111, S. 245-274.*
- VALENTIN F.(1989): *Stand der Entwicklung der Durchflußmessung bei der Indirekteinleiterkontrolle. GWA 111 , S. 189-212.*
- VALENTIN F. (1990): *Einsatz kombinierter Messwertaufnehmer für die Durchflußmessung. KA 37 (1990) Nr.6, S. 696-699.*
- VALENTIN F. (1992): *Hinweise zur Zuverlässigkeit der Durchfluß- und Wasserstandsmessungen auf Kläranlagen. Wasser-Abwasser-Abfall Band 8; Kassel 1992, S. 53-70.*

Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Frey
Ingenieurkonsulent für Maschinenbau
Abwassertechnische Ausbildung und Beratung
Leobendorf / Hofgartenstraße 4/2
A-2100 Korneuburg
Telefon: ++43 (0) 2262 68173
Fax: ++43 (0) 2262 66385
e-mail: aab.frey@aon.at