

**BAU-, VERKEHRS- UND
ENERGIEDIREKTION
des Kantons Bern**

Amt für Wasser und Abfall

Reiterstrasse 11
3011 Bern

Telefon 031 633 38 11



Durchfluss- messungen auf Abwasser- reinigungsanlagen Dokumentation und Kontrolle

Richtlinie

Version 2.1	2001	Peter Kaufmann, aquawet Gümligen Peter Volkart, VAW ETH Zürich
Version 3.1	2014	Anpassung und Aktualisierung durch AWA

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	5
1.1	Veranlassung	5
1.2	Zielpublikum	5
1.3	Zielsetzung der Richtlinie	5
1.4	Erfahrungen	5
1.5	Typische Beispiele von unsachgemässen Durchflussmessstellen.....	6
2	ERLÄUTERUNGEN ZU DEN DURCHFLUSSMESSUNGEN.....	7
2.1	Einleitung	7
2.2	Ort der Durchflussmessung.....	7
2.3	Messung mit Staukörpern (Überfall und Venturi)	8
2.3.1	Allgemeines	8
2.3.2	Allgemeine Bestimmung des Durchflusses Q.....	9
2.4	Überfallwehr	11
2.5	Venturikanal	14
2.6	Literatur.....	15
3	DURCHFLUSSMESSUNGEN AUF ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN: KONTROLLPROZEDERE	17
3.1	Allgemeines.....	17
3.1.1	Ausgangslage	17
3.1.2	Zielsetzung.....	17
3.1.3	Qualifikation der Spezialisten	17
3.2	Anforderungen an die ARA-Durchflussmessungen.....	17
3.2.1	Überblick.....	17
3.2.2	Ort der Messung (siehe auch Kapitel 2.2)	18
3.2.3	Messbereich.....	18
3.2.4	Messgenauigkeit	19
3.2.5	Messgrössen.....	19
3.2.6	Summenbildung / Registrierung	19
3.2.7	Fazit.....	20
3.3	Aufgaben des ARA-Betreibers.....	20
3.3.1	Dokumentation der Messung.....	20
3.3.2	Periodische Überprüfung der Durchflussmessung.....	21
3.4	Kontrolle der Durchflussmessung durch einen Spezialisten	22
3.4.1	Überprüfung der Dokumentation der Durchflussmessung auf der Kläranlage.....	22
3.4.2	Überprüfung der Protokolle der periodischen Überprüfungen der Durchflussmessung durch den ARA-Betreiber	22

3.4.3	Visuelle Kontrolle der Durchflussmessung	23
3.4.4	Kontrollen mittels separater Erfassung und Auswertung der Messwerte	23
3.4.5	Weitere Kontrollen.....	24
3.5	Kalibrierung des Durchflusses durch gleichzeitige Parallelmessung.....	24
3.5.1	Veranlassung	25
3.5.2	Prinzip der Parallelmessung.....	25
3.5.3	Durchführung	26
3.6	Empfehlungen.....	26
3.7	Übersicht über die Kontrollen	27
4	CHECKLISTE „DOKUMENTATION DER DURCHFLUSSMESSUNG AUF ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN“	28
5	CHECKLISTE „PERIODISCHE ÜBERPRÜFUNG DER DURCHFLUSSMESSUNG DURCH DEN ARA-BETREIBER“	33
6	CHECKLISTE „KONTROLLE DER DURCHFLUSSMESSUNG AUF ABWASSERREINIGUNGSANLAGEN DURCH EINEN SPEZIALISTEN“	37
7	CHECKLISTE „DURCHFÜHRUNG EINER PARALLELMESSUNG ZUR KONTROLLE DER DURCHFLUSSMESSUNG AUF ABWASSER-REINIGUNGSANLAGEN DURCH EINEN SPEZIALISTEN“	41

1 Einführung

1.1 Veranlassung

Es gibt mehrere Gründe, die Genauigkeit der Durchflussmessung auf Kläranlagen zu verbessern:

- Die Ermittlung der zufluss- und frachtabhängigen Abwasserabgabe stellt erhöhte Anforderungen. Gleiches gilt im Prinzip auch für die periodische Überprüfung bestehender Anlagen und Messeinrichtungen.
- Im Zuge der Umsetzung der Gewässerschutzgesetze, beispielsweise unter Einbezug des GEP, sollen Ausbauprojekte auf erhobenen Daten früherer Betriebsjahre basieren und nicht nur auf eher spekulativen Annahmen über eine künftige Entwicklung.

Das AWA des Kantons Bern erliess, gestützt auf die KGV Art.31, die „Weisung zur Datenerhebung auf Kläranlagen“. Diese bildet 2006 auch die Grundlage für die Ermittlung der Gewässerbelastung und für die Berechnung der verursachergerechten Abwasserabgabe KGschG Art.15.

Als wesentliches Instrument dazu soll die Durchflussmessung auf Kläranlagen dienen. Die erhobenen und zu dokumentierenden Daten sollen der Selbstkontrolle des Betreibers der Kläranlage dienen und dem AWA zur Kontrolle zur Verfügung stehen.

Die bisherige Praxis zeigte gewisse Schwächen in der Verifizierung der Durchflussmessstellen und in der Transparenz der angewandten, uneinheitlichen Verfahren. Parallelmessung ist häufig gar nicht, zu ungenau oder nur mit unverhältnismässigem Aufwand möglich. Auch traten unklare Vorstellungen über die Grenzen der erzielbaren Genauigkeit zu Tage. Die reale, in der Praxis erzielbare Messgenauigkeit basiert häufig auf anderen Grundlagen als die Geräteangaben der Hersteller für ideale Verhältnisse.

1.2 Zielpublikum

Das vorliegende Dokument soll der kantonalen, den kommunalen Behörden, den projektierenden Ingenieuren, den Abwasserverbänden und Kläranlagebetreibern aber auch Gerätelieferanten und Fachvereinen als Hilfsmittel dienen.

1.3 Zielsetzung der Richtlinie

Die Richtlinie soll dem zeitgerechten Erkennen von nicht tolerierbaren Fehlmessungen (systematische Fehler) des Durchflusses von Abwasser dienen und Vorgaben zur periodischen Überprüfung der vorhandenen Messanordnungen definieren. Der Entscheid, ob allenfalls Gerätespezialisten zugezogen werden müssten, soll erleichtert werden. Vorgaben zur Dokumentation von Messstellen und zur Protokollierung der Kontrollmessungen werden dargelegt.

Zudem soll die Aufgabenverteilung zwischen kantonomer Fachstelle, ARA-Betreibern und Gerätelieferanten erleichtert werden.

1.4 Erfahrungen

Ausgewertete Erfahrungen von rund 40 Kläranlagen des Kantons Bern liegen vor. Hinsichtlich Durchflussmessung des zugeleiteten Abwassers handelt es sich vorwiegend um offene Venturikanäle, die häufig noch auf höhere Zuflüsse mit grösserem Fremdwasseranteil ausgelegt sind. Vereinzelt sind auch scharfkantige Dreieck- und Rechtecküberfälle oder MID (magnet-induktive Messung) vorhanden.

Ganz allgemein wurden klassische Messeinrichtungen im Verlaufe der Zeit durch modernere elektronische und automatisierte Einrichtungen zur Erhebung und Übermittlung der Messwerte ergänzt.

Dies mag mit ein Grund sein, weshalb die Übersichtlichkeit über die eingesetzten Produkte und Geräte sowie der einfache, direkte Zugang zur Messgenauigkeit etwas verloren ging.

Es erstaunt deshalb wenig, dass auch der periodischen Nachkontrolle bestehender Durchflussmessstellen einige Schwierigkeiten erwachsen. Nicht immer waren die zur kurzzeitigen punktuellen Kontrollmessung eingesetzten mobilen Messgeräte über den vorgegebenen Messbereich auch tatsächlich genau genug.

Die Güte der bisherigen Kontrollprozedur war leider nicht immer quantifizierbar, was der allgemeinen Akzeptanz nicht unbedingt Vorschub leistete.

1.5 Typische Beispiele von unsachgemässen Durchflussmessstellen

Aus Kontrollprotokollen und gezielten Nachmessungen lassen sich einige typische Beispiele unsachgemässer Anordnung und Wartung der Durchflussmessstellen entnehmen:

- Die Messstelle ist grundsätzlich nicht auf die Zuströmung und deren Variabilität abgestimmt (oder umgekehrt), z.B. infolge Rückstau, gewelltem Abfluss oder Stosswellen an der Oberfläche der Strömung.
- Der Nullpunkt ist nicht nachjustiert (einem Durchfluss von Null entspricht eine von Null abweichende Ablesung).
- Je nach Strömung sind Wassertiefe und statischer Wasserdruck an der Kanalsohle nicht identisch, was die Messwerterfassung aber nicht „merkt“.
- Es treten erkennbare, unsystematische aber nicht erklärbare grosse Abweichungen auf.
- Abweichungen treten relativ systematisch nur bei kleinen, resp. hohen Zuflüssen auf.
- Kanalablagerungen verfälschen die Bestimmung der Fliesstiefe.
- Ablagerungen beeinflussen die Messwerterfassung.
- Die Angabe der Messgrösse weicht je nach Standort ab: Messstelle, Betriebsgebäude oder Leitsystem, die programmierte Übertragungsfunktion (Software) entspricht nicht der wahren h-Q-Beziehung (z.B. Venturi).
- Zulaufkanäle haben sich abgesenkt und weisen gar Gegengefälle auf.
- Magnetisch induktive Durchflussmesser (MID) sind zu nahe nach Schiebern, Krümmern und Kaliberabstufungen eingebaut oder weisen Lufteinschlüsse auf.
- An MIDs für Teilfüllung, welche die üblich kleine Anzahl von Elektrodenpaaren aufweisen, werden unrealistische Genauigkeitsanforderungen gestellt.
- Auch Ultraschall-„Mäuse“, die für mobilen Einsatz konzipiert sind, werden hinsichtlich Genauigkeit in der Durchflussbestimmung überschätzt, insbesondere bei kleinen Fliesstiefen.

2 Erläuterungen zu den Durchflussmessungen

2.1 Einleitung

Die nachstehenden Angaben sollen den Betreiber in die Lage versetzen, Plausibilitätsüberlegungen und einfache Kontrollmessungen vorzunehmen.

Dem überprüfenden Ingenieur soll der Zugang zu weiterführenden Hinweisen und Dokumentationen erleichtert werden. Auf die Wiedergabe von Lehr- und Theoriebüchern wird weitgehend verzichtet.

Für ausführliche Erläuterungen über MID (magnetisch induktive Durchflussmessung), Ultraschall (verschiedene Anordnungen) sei auf die Fachdokumentation „Messtechnik in der Siedlungsentwässerung“ des VSA (Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Erstausgabe 1999) insbesondere Kapitel 4 „Durchflussmessung für Fluide“ verwiesen.

In derselben Fachdokumentation werden auch folgende Verfahren, wenn auch eher summarisch, dargelegt:

- Einbauten (Störkörper), z.B. Venturi,
- Fliesstiefe allein,
- Echolot (Ultraschall in Luft),
- Druckverfahren,
- Schwimmer,
- mobile Geräte.

Nachstehend soll mit Schwergewicht für den Kanton Bern auf folgende Anordnungen mit Staukörpern eingegangen werden:

- Scharfkantiger Überfall + Bestimmung der Überfallhöhe des Wasserdurchflusses und
- Venturikanal + Bestimmung der oberwasserseitigen Fliesstiefe.

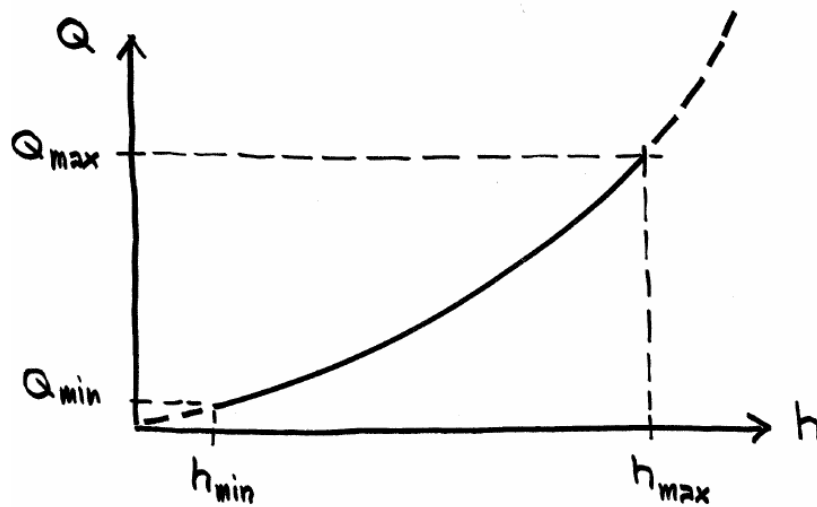
2.2 Ort der Durchflussmessung

Der Durchfluss kann grundsätzlich an verschiedenen Orten innerhalb der Abwasserreinigungsanlage bestimmt werden:

- Im Zulaufkanal
- Zwischen Sandfang und Vorklärbecken
- Im Ablauf des Vorklärbeckens
- Zwischen Belebungs- und Nachklärbecken
- Im Auslaufkanal

Als 100% wird der Durchfluss im Auslaufkanal (gereinigtes Abwasser) angesetzt.

Die Messstelle ist aber primär auf gute Strömungsverhältnisse über den ganzen Durchflussbereich (Zulauf- und Auslaufstrecke) anzuordnen.



Die Technik der Durchflussmessung macht sich den eindeutigen Zusammenhang zwischen Durchfluss Q und Fliesstiefe h zu Nutze. Zur praktischen Umsetzung muss man die Übertragungsfunktion¹ $Q(h)$ kennen.

Übertragungsfunktionen können in gewissen Fällen rein theoretisch abgeleitet werden, meist basieren sie allerdings auf empirisch bestimmten Beziehungen. Für genau definierte Abmessungen und Einbaubedingungen wurden seinerzeit die notwendigen Koeffizienten mit grosser Akribie ermittelt, publiziert und den Richtlinien und Normen zu Grunde gelegt. Da eine immense Anzahl verschiedener Bauformen von Überfällen und insbesondere von Einengungen in Anwendung ist, sind die entsprechenden Formeln und Übertragungsfunktionen (Kalibrierfunktionen) nicht immer gut zugänglich. Dies erhöht den Anspruch an eine gute Dokumentation.

Für die Durchflussmessung können in diesem Zusammenhang folgende Fragen von Bedeutung sein:

- Basiert die Messung am Staukörper auf einer expliziten Übertragungsfunktion? Wenn ja, auf welcher ?
- Wenn nein, wurden allenfalls tabellarische Werte aus einer Eichmessung verwendet und liegt eine Dokumentation vor?
- Stimmen die Einbaubedingungen mit den Grundlagen der Übertragungsfunktion überein (z.B. Sohlengefälle im Oberwasser und Zuströmbereich)?
- Wurde allenfalls eine Kalibrierung vor Ort, z.B. beim Neubau, vorgenommen?
- Wurde seit dem Ersteinbau etwas verändert?
- Erfasst die Elektronik die ganze Übertragungsfunktion oder nur eine Näherung?
- Liegt eine ausreichende Anzahl Stützstellen zu Grunde?
- Ist eine ausreichende digitale Auflösung vorhanden?

2.3.2 Allgemeine Bestimmung des Durchflusses Q

Bei der Bestimmung der Fliesstiefe und des Durchflusses spielen die Gesamtdisposition im Oberwasser und im Zuströmbereich, die genaue Lage der Messstelle sowie das Verfahren zur Messung der Fliesstiefe eine wesentliche Rolle.

¹ In der Literatur auch mit Überfallcharakteristik bezeichnet.

2.3.2.1 Oberwasser und Zuströmbereich

Ideal ist der sogenannte Normalabfluss im Oberwasser, bei dem Druck- und Energiehorizont parallel verlaufen. Mit andern Worten: Der Wasserspiegel verläuft parallel zum Sohlgefälle. Dies setzt ein ausreichend langes gerades Kanalstück gleichbleibender Geometrie voraus (Größenordnung 7 bis 10-mal Kanalbreite). Dadurch wird auch eine Vergleichsmässigung der Geschwindigkeitsverteilung im zuströmenden Wasser erreicht. Dies ist Voraussetzung, falls – wie allgemein üblich – die Wassertiefe nur an einem Punkt bestimmt wird.

Um gewelltem Abfluss vorzubeugen, sind Froude-Zahlen² nahe bei 1.0 zu vermeiden.

Krümmungen, Einbauten, seitliche Absätze, Sohlstufen, Wechsel des Querschnittes sowie seitliche Zuflüsse können zu Stosswellen³ an der Oberfläche führen. Je nach Zufluss verändern sich Form und Lage der Wellen. Man weiss aber nicht genau, unter welchen Zuflussbedingungen die Messstelle beeinflusst wird. Ein Messfehler kann später nicht mehr rückwirkend korrigiert werden.

2.3.2.2 Lage der Messstelle

Die Messstelle muss im Einflussbereich des rückstauenden Hindernisses liegen aber nicht zu nahe. Oft besteht das Dilemma, dass man wegen der kleinsten Durchflüsse deshalb relativ nahe am Hindernis misst, obschon diese Messstelle für grosse Durchflüsse nicht optimal ist, da dann der freie Wasserspiegel am Messort bereits eine zu grosse Krümmung im Längenprofil aufweist.

Eindeutige Strömungsverhältnisse bei glattem Wasserspiegel sind hinsichtlich Genauigkeit wichtiger als eine möglichst kostengünstige Halterung und Kabelführung.

Ablagerungen im Kanal verfälschen sowohl die zu messende Fliesstiefe als auch das Geschwindigkeitsprofil bis hin zur Asymmetrie. Die Wahrscheinlichkeit von Ablagerungen ist bei $v_0 < 0.5$ m/s deutlich erhöht.

Gute Zugänglichkeit der Messstelle und freie Sicht auf den Messwertaufnehmer sind von grossem Vorteil. Desgleichen eine direkte Anzeige der Messgrösse (Fliesstiefe h) am Messort, d.h. vor der Übertragung ins Betriebsgebäude. Eine permanente einfache Pegelskala an der Kanalwand dient der täglichen Grobkontrolle. Witterungseinflüsse wie Regen, Schnee und Wind sind fernzuhalten.

Der elektromagnetischen Einstreuung von Fremdsignalen durch benachbarte Maschinen und Geräte ist Rechnung zu tragen (abgeschirmte Kabel und Stecker, Erdung). Sonden, die mit dem Wasser im Zuströmbereich in direkte Berührung kommen, sind hier besonders kritisch. Blitzschutz ist selbstverständlich, desgleichen Vorkehrungen gegen mechanischen Schlag und Vibrationen.

2.3.2.3 Bestimmen der Fliesstiefe h

Die Fliesstiefe h senkrecht zur Kanalsohle bestimmt man u.a. nach folgenden Methoden:

- Bestimmung der Differenz der Höhenlage zwischen Wasserspiegel und Kanalsohle,
- Ermitteln des Wasserdruckes über der Messstelle am Kanalboden.

Man muss sich im Klaren sein, dass die klassische Literatur und die Standardanordnungen oft eine Längsneigung Null zu Grunde legen. Schwache Kanalgefälle unter ca. 1% sind aber nicht bedeutsam. Hingegen muss man berücksichtigen, dass Sohlendruck und Wassertiefe nicht identische Grössen sind. Diese Identität gilt nur bei hydrostatischer Druckverteilung, also bei stehendem Wasser oder Normalabfluss. Deshalb sind direkte Spiegelmessungen physikalisch

² Froude-Zahl $Fr = v_0 / ((g \cdot h)^{1/2})$

³ Hält man beispielsweise ein Brett in einem Kanal oder legt einen grossen Stein hinein, so wird das Wasser örtlich zum Auslenken gezwungen. Wasseranteile „stossen“ gewissermassen innerhalb der Strömung zusammen (Impuls). Da das Wasser nur gegen oben ausweichen kann, zeigen sich auf dem Wasserspiegel Wellenkämme, deren Ausmass nicht ausreichend genau vorausgesagt werden können und die deshalb die Messungen verfälschen.

besser nachvollziehbar. Um Asymmetrien möglichst aus dem Wege zu gehen, sind Messungen in Kanalmitte, d.h. über der Achse, vorzuziehen.

2.3.2.4 Hinweise zu einigen häufigen Friktionen

Messwertaufnehmer im Wasser, wie Luftpfeilerleitungen und Drucksonden, sind grundsätzlich sensibel auf Ablagerungen, und zwar sowohl wegen direktem Verschmutzen als auch wegen lokaler Strömungsverfälschung.

Luftpfeiler setzt einen gewissen, wenn auch geringen, relativen Überdruck gegenüber dem hydrostatischen Druck voraus. Kleine Wassertiefen unterliegen eventuell einem systematischen Fehler. Häufig sind die Austrittsöffnungen an der Wand angeordnet und nicht entlang der Achse.

Sohlenbündige **Drucksonden** können verschmutzen und messen bei gekrümmtem Wasserspiegelverlauf nicht exakt die Fliesstiefe. Drift um den Nullpunkt kann, trotz sogenannter Kompensation, auftreten. Diesbezüglich sind Sonden, die in Sohlennähe an der Seitenwand angeordnet sind, besonders zu beachten.

Berührungsloses Messen von oben, üblicherweise mittels **Echolot** (Ultraschall) kann bei Schaumbildung oder Schwimmstoffen an der Oberfläche Fehlmessungen nach sich ziehen. Der teurere Radar löst die Probleme mit dem Schaum. Die Schallausbreitung in der Luft hängt von deren Dichte ab und diese wiederum von Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Bei grossen Niveaudifferenzen der Wasserspiegel deckt eventuell eine einzige Sonde nicht den ganzen Fliesstiefenbereich mit der notwendigen Genauigkeit ab.

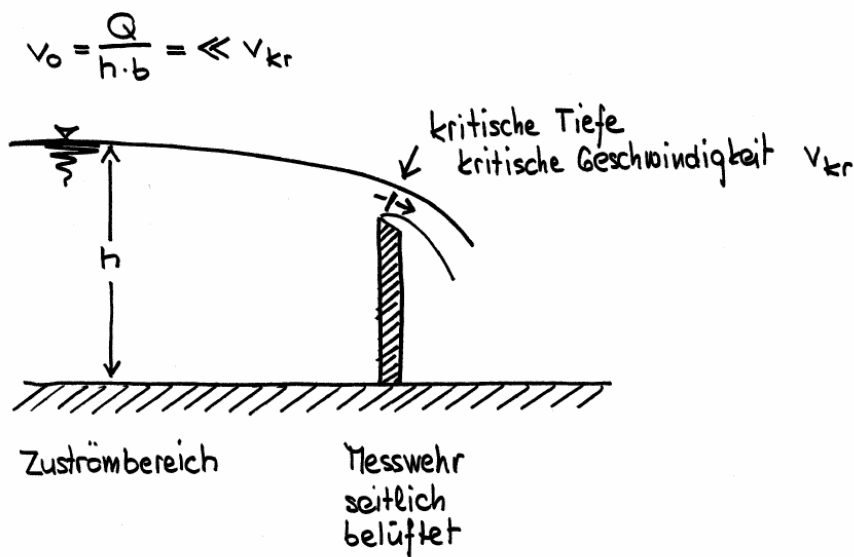
Mobile Ultraschallsensoren (z.B. die sog. „Maus“), die auf der Kanalsohle aufgesetzt werden, sind normalerweise keine Instrumente zum unabhängigen Messen der Fliesstiefe. Zudem stören sie die Zuströmung, insbesondere bei niedrigen Wassertiefen von wenigen cm. Nicht zu vernachlässigen ist auch der Einfluss des zuführenden Kabelrohres auf die Strömung. Sicher sind die sogenannten Mäuse, bei denen die Fliesstiefe nicht durch eine zusätzliche Messung bestimmt wird, keine geeignete Messeinrichtung zur Nachkontrolle eines gut funktionierenden Überfalles oder Venturis.

Für weitere Hinweise sei auf die VSA-Fachdokumentation „Messtechnik in der Siedlungsentwässerung“ verwiesen. Dort finden sich auch Hinweise über Pegel, Mikrowellenverfahren, kapazitive Sonden, konduktive Sonden, Schaltbirnen (Niveauregler), magnetische Schwimmschalter, Vibrationsgrenzscharter und Druckschalter.

2.4 Überfallwehr

Bekanntlich unterscheidet man scharfkantige, ausgerundete und breitkronige Wehre (Überfälle). Nur beim scharfkantigen löst der Überfallstrahl vollständig ab, sofern er von unten belüftet ist. Diese Anordnung steht für Kläranlagen im Vordergrund. Kleinere Durchflüsse werden eher mit Dreiecksüberfällen (Thompsonwehr), grössere mit Rechteckwehren ermittelt. Für den genauen Formalismus sei auf die Literaturliste unter 2.5 verwiesen.

An der Überfallkante des scharfkantigen Wehres geht der Abfluss vom Strömen zum Schiessen über und durchmisst die kritische Tiefe.



v_0 mittlere Geschwindigkeit an der Messstelle im Zuströmbereich des geraden Kanals unter der Annahme einer gleichmässigen Geschwindigkeitsverteilung und ebenem, ungestörtem Wasserspiegel.

Rechtecküberfall

Am bekanntesten ist die Überfallformel für den senkrecht angeströmten Rechtecküberfall. Diese ergibt für den zu bestimmenden Durchfluss Q die Beziehung

$$Q = 2/3 \cdot \mu \cdot b \cdot (2g)^{1/2} \cdot H^{3/2} = Ch \cdot b H^{3/2}$$

Es bedeuten:

Q	Durchfluss	m^3/s
μ	Überfallbeiwert (zur Grobabschätzung = 2/3)	-
b	Länge der Überfallkante quer zur Strömung	m
g	Erdbeschleunigung	9.81 m/s^2
H	Lage der Energielinie über der Überfallkante	m
Ch	pauschaler Überfallbeiwert	-

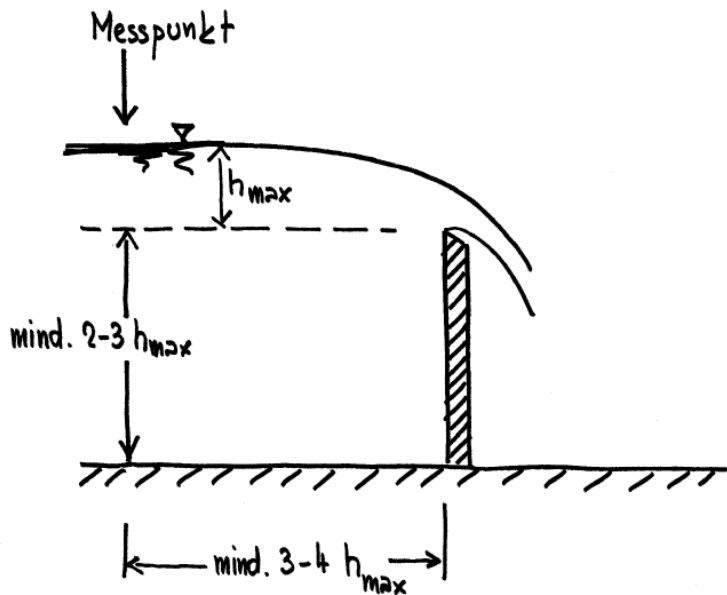
Praktischer Messbereich:

Wehrbreite = 0.30 m:	ab $0.008 \text{ m}^3/s$	(8 l/s)
Wehrbreite = 2.00 m:	bis $2.0 \text{ m}^3/s$	(2000 l/s)

Es gilt

$$H = h + v_0^2/2g$$

Man geht davon aus, dass die Geschwindigkeit v_0 viel kleiner ist als die Geschwindigkeit an der Überfallkante und setzt deshalb näherungsweise $H = h$. Derart muss man nur die Wassertiefe h bestimmen und nicht die Energiehöhe H . Bei geeichten Standardwehren geht diese Vereinfachung direkt in den μ -Wert, resp. den Ch -Wert ein.



Grosse Bedeutung kommt dem Ort der Messung der Wassertiefe h im Zuströmbereich zu. Nach vorstehender Gleichung geht die Energielinienhöhe H in die Beziehung ein und nicht die Tiefe h .

Dreiecksüberfall

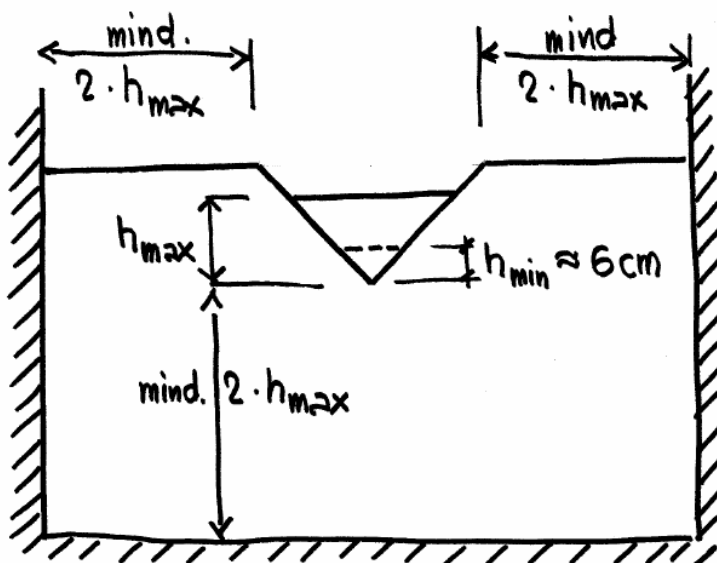
Dreiecksüberfälle weisen Öffnungswinkel zwischen 30 Grad und 120 Grad auf, wobei 90 Grad den häufigsten Fall darstellt.

Da im Gegensatz zum Rechteckwehr keine horizontale Kante vorhanden ist, steigt die Wassertiefe h stärker mit dem Durchfluss Q an.

Es ergeben sich Beziehungen vom Typ

$$Q = Ch \cdot h^{5/2}$$

Wobei Ch u.a. vom Winkel α abhängt.



Praktischer Messbereich:

Wehrbreite = 0.30 m: ab 0.003 m³/s (3 l/s)

Wehrbreite = 0.90 m: bis 0.300 m³/s (300 l/s)

Erfahrungsgemäss stimmen Formeln und genaue Eichmessungen aber nicht immer ausreichend überein. Gründe für diese eher wissenschaftliche Problematik liegen etwa in der Geschwindigkeitsverteilung der Zuströmung, in der genauen Lage der kritischen Tiefe, in der Strahlablenkung an der Überfallkante sowie in der Vernachlässigung der Reibung infolge Zähigkeit (Wasser) und Wandeeinfluss (Kanal). Bei Abwasser sind allenfalls die variable Dichte des Mediums aber auch das Haftverhalten an der Überfallkante zusätzliche Einflüsse.

Hinsichtlich Messtechnik stellt ein geeichter, perfekt eingebauter und nachkalibrierter Überfall den bestmöglichen Zustand dar. In Bezug auf die Genauigkeit stellen hohe Abflüsse, wegen des unruhigen Wasserspiegels und ganz kleine Abflüsse, wegen des oberflächenspannungsbedingten Anhaftens an der Kante (teapot effect), die Problemfälle dar. Es gilt die Regel, dass eine minimale Überfallhöhe von 6 cm über der Wehrkante oder der Spitze des Dreiecksüberfalles nicht zu unterschreiten sei. Als maximale Überfallhöhe wird – auch bei optisch ruhigem Zufluss – ein Wert, welcher der halben Kanalbreite entspricht – empfohlen. Man setzt ja strömenden Zufluss zum Messwehr voraus. In ARA-Zuläufen ergibt dies Kanalgefälle von wenigen Promille.

Achtung: Je mehr nun dieses Längsgefälle im Zuströmbereich überschritten wird, desto weniger gilt die Näherung $H = h!$

2.5 Venturikanal

Unter Venturikanal versteht man bekanntlich eine definierte Fließstrecke zur Durchflussmessung in offenen Gerinnen. Baulich zeichnet er sich durch eine symmetrisch angeordnete Einschnürung aus, deren Anströmseite strömungsgünstig geformt ist. Deshalb erzeugt er einen vergleichsweise kleinen Energieverlust und lässt eine Lücke offen für kleines Geschiebe, Schwebstoffe und die meisten Schimmstoffe. Da im Bereiche der Engstelle die kritische Tiefe durchschritten wird, genügt - sofern kein Rückstau vom Unterwasser her erfolgt - eine einzige Messung der Fliesstiefe im Oberwasser um den Durchfluss zu ermitteln.

Das Gefälle der Gerinnesohle in Längsrichtung soll im Bereich der Verziehung und bis zum Ende der Drosselstrecke nicht negativ und nicht grösser als im Zuströmbereich sein. Auf Quergefälle wird üblicherweise verzichtet.

Nicht rechteckige Kanäle im Oberwasser weisen normalerweise einen Übergang zu Rechteck vor dem Zuströmbereich auf. Grundsätzlich sind aber andere symmetrische Querschnitte möglich.

Teiltrückgestaute Venturis sind Sonderanfertigungen und können innerhalb gewisser Zuflussbereiche eingesetzt werden; sie sind ohne vorgängige Laborversuche und spezielle Kalibrierung nicht zu empfehlen.

Durch Variation der lichten Weite der Engstelle und der Form der Einschnürung kann ein Venturikanal auf den gewünschten Messbereich ausgelegt werden. Venturikanäle können vorgefertigt oder am Messort eingebaut werden. Mit vorgefertigten Venturis können wegen der besseren Masshaltigkeit und der vorgängig möglichen Kalibrierung (Eichung) genauere Messergebnisse erzielt werden, sofern die Anforderungen an die Strömung im Oberwasser und Zuströmbereich sowie die Wahl der Messstelle und der Messsonde sorgfältig erfolgt. Hier gelten im Prinzip dieselben Kriterien, wie unter 2.3 für die Messwehre aufgeführt.

Praktischer Messbereich:

Lichte Weite = 0.30 m: bis ca. 0.010 m³/s (10 l/s)

Lichte Weite = 1.20 m: bis ca. 2.00 m³/s (2000 l/s)

Entfernung des Messpunktes von der Einschnürung ca. 5 bis 6 h_{max} (kann je nach Geometrie abweichen)

Für Rohabwasser liegt die praktikable Minimalwassertiefe bei ca. 3 cm. Im Allgemeinen geht man für den messbaren Bereich von Q_{max} / Q_{min} von einem Verhältnis aus, das 10:1 nicht wesentlich überschreiten soll. Ansonsten sind Sonderanfertigungen vorzusehen und deren Übertragungsfunktion mit Sorgfalt nachzuweisen.

Die rein theoretische Berechnung ist für die einfachsten Formen von Venturis möglich. Allerdings werden auch dann Korrekturfaktoren eingeführt, die Geschwindigkeitsverteilung, Reibung aber auch Ablösungen in den Verziehungen vor der Engstelle berücksichtigen. Oft basiert die gute Übereinstimmung verschiedener Formeln für ein und denselben Venturi darauf, dass letztlich dieselben Korrekturfaktoren in die Berechnung einfließen.

Nur weil verschiedene Formeln für einen speziellen Venturityp rechnerisch sehr gut übereinstimmende Werte ergeben, heisst dies noch lange nicht, dass dieser Venturi besonders genau ist.

Im Zuge einer frühzeitigen Erfassung und Ableitung sauberen Fremdwassers, sind heute viele Venturis in der Praxis für einen zu hohen Durchflussbereich ausgelegt. Darunter leiden vor allem die Messungen der kleinen aber häufigen Zuflüsse. Die Anpassung auf heutige und künftige Verhältnisse bedarf einer neuen Bemessung. Im Sinne einer möglichst guten Messgenauigkeit lohnt sich der Umbau einer Messstelle – etwa durch Auftragen einer Schicht auf die Verziehung - gegenüber einer Neubestückung meistens nicht.

2.6 Literatur

ATV 1996	Durchflussmessung in Abwasseranlagen ATV- Schriftenreihe 01, 1.Auflage, ISBN 3-927729-40-X
DIN 19'559	Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen, Venturi-Kanäle
Hager W.H. 1995	Abwasserhydraulik Springer Verlag, ISBN 3-540-55347-9
ISCO Grant D.M., Dawson B.D. 1997	Open Channel Flow Measurement Handbook, 5 th edition ISCO Inc. Lincoln Nebraska, USA NE-68501-2531 Kapitel: 3: Weirs 4: Flumes 5: Usefull flow rate range 8: System installations
ISO 3847 1977	Liquid flow measurement in open channels bei weirs und flumes
ISO 1438-1 1980	Water flow measurement in open channels using weirs and Venturi flumes
ISO 3454 1983	Liquid flow measurement in open channels
ISO 4359 1983	Liquid flow measurement in open channels, Rectangular, trapezoidal and U-shaped flumes

ISO 1983	Measurement of liquid flow in open channels, ISO Standards Handbook No.16, ISBN 9267 10077 7, ISO Central Secretariat, Geneva
ISO 4360 1984	Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes, Triangular profile
ISO 4373 1995	Measurement of liquid flow in open channels, Water-level measuring devices
Khafagi A. 1942	Der Venturikanal, Theorie und Anwendung Dissertation ETH Nr. 1220
Naudascher E. 1987	Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke Springer-Verlag Wien-New York, 345 S; ISBN 3-211-81994-0 Kapitel 3: Bemessung von Kontrollbauwerken
Preissler G., Bollrich G. 1985	Technische Hydromechanik, Band 1, VEB Verlag für Bauwesen Berlin;549 S; Bestell Nr. 562 234 8 04000 Kapitel 6.6.4: Venturikanal 9: Abfluss über Wehre und Überfälle
VSA 1999	Messstechnik in der Siedlungsentwässerung Fachdokumentation für die Planung, die Einrichtung und den Betrieb von Messstellen in Kanalisationen und Kläranlagen. Kap. 4: Durchflussmessung für Fluide 6: Niveaumessung 7: Druckmessung Bezugsquelle: vsa@access.ch und Fax 01 241 61 29

3 Durchflussmessungen auf Abwasserreinigungsanlagen: Kontrollprozedere

3.1 Allgemeines

3.1.1 Ausgangslage

Das Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) hatte gestützt auf die KGV Art. 31 die „Weisung zur Datenerhebung auf Kläranlagen“ erlassen. Die Weisung regelte die Datenerhebung auf Kläranlagen. Die erhobenen Daten sollen der Selbstkontrolle des Betreibers der Kläranlage und der Kontrolle durch das AWA dienen. Sie bilden ab 1999 auch die Grundlage für die Ermittlung der Gewässerbelastung und für die Berechnung der verursachergerechten Abwasserabgabe KGschG Art. 15.

Als wichtigstes Instrument dazu dient auch die Durchflussmessung auf der Kläranlage.

Die Genauigkeit der Durchflussmessung wird auf Kosten der Spezialfinanzierung durch einen Spezialisten periodisch überprüft (KGschG Art. 16 Abs. 3b).

Die erhobenen Daten dienen einerseits der Bestimmung der frachtabhängigen Abwasserabgabe, andererseits sollen sie den Betreibern die notwendigen Durchflussdaten bei anstehenden Sanierungen und Ausbauten liefern.

3.1.2 Zielsetzung

Das Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) vergibt die Arbeiten für die externe Überprüfung der Durchflussmessung an Spezialisten. Die nachfolgende detaillierte Beschreibung der einzelnen Aufgaben und Anforderungen soll eine genaue und transparente Planung und Durchführung der Kontrollen durch den Spezialisten ermöglichen und als Basis für die Offerteinholung dienen.

3.1.3 Qualifikation der Spezialisten

Als Spezialisten für die Kontrolle von Durchflussmessungen auf Abwasserreinigungsanlagen kommen Unternehmungen mit folgenden Kompetenzen in Frage:

- Kenntnisse über die Messprinzipien der Durchflussmessung von Abwasser
- Kenntnisse der Hydraulik von Abwasserreinigungsanlagen
- Erfahrung mit Durchflussmessungen auf Kläranlagen
- Erfahrung im Einsatz von Geräten zur Messwerterfassung
- Erfahrung in der Beurteilung von technischen Dokumentationen von Messgeräten
- Erfahrung in der Auswertung von Messdaten und der Abfassung von Berichten

Grundsätzlich soll eine Messstelle nicht durch den Projektanten oder den Gerätelieferanten dieser Messanordnung überprüft werden (Prinzip des unabhängigen Kontrollprozederes).

3.2 Anforderungen an die ARA-Durchflussmessungen

3.2.1 Überblick

Mit „Durchfluss“ bezeichnet man einen Volumenstrom, der in m^3/s oder l/s oder auch m^3/Tag gemessen wird. Der Begriff „Menge“ bezieht sich eigentlich auf ein Volumen, beispielsweise in m^3 . Fortan wird nur noch von Durchfluss gesprochen, wenn ein Volumenstrom gemeint ist.

Heute ist auf allen grösseren kommunalen ARA eine Durchflussmessung installiert. Diese befindet sich entweder im Zulauf zwischen den Vorklärbecken und der biologischen Stufe oder im Abfluss der ARA.

Der Genauigkeit dieser Messung kommt im Zusammenhang mit der frachtabhängigen Abwasserabgabe eine sehr grosse Bedeutung zu.

Folgende Verfahren sind heute auf den Kläranlagen in Betrieb (für Spezialfälle sind weitere Messverfahren möglich):

Durchflussmessung

Rechteckwehr	+	Fliesstiefe
Dreieckwehr	+	Fliesstiefe
Venturi-Kanäle	+	Fliesstiefe
Kanalfläche x Errechnete oder gemessene Geschwindigkeit		(Fläche wird über Fliesstiefe rechnerisch ermittelt)
Ultraschall (Geschwindigkeit + durchströmte Fläche)	+	ev. Fliesstiefe zusätzlich
MID für Volfüllung im Kreisprofil		
Vereinzelt : MID für Teilfüllung, Ultraschall-„Maus“		

Wasserstandsmessung

Druckdose
Einperlverfahren
Echolot
Radar
Schwimmer

Volumen

Kann im Vorklärbecken oder an Regenüberlaufbecken durch Niveaumessung ermittelt werden.

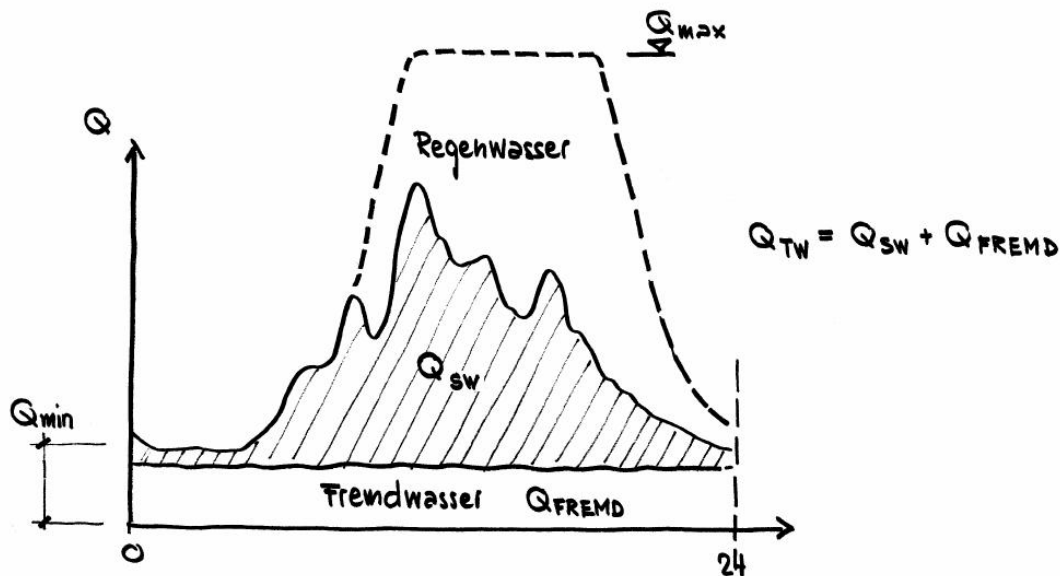
Mit der Abwasserabgabe nach dem Frachtmodell gewinnt eine korrekte und möglichst genaue Durchflussmessung stark an Bedeutung. Das Messsystem muss deshalb in der Lage sein, den momentanen Durchfluss, die täglichen Extremwerte und das gesamte tägliche Abwasservolumen mit einer definierten Genauigkeit zu bestimmen und aufzuzeichnen.

3.2.2 Ort der Messung (siehe auch Kapitel 2.2)

Unter Durchfluss in einer Abwasserreinigungsanlage versteht man 100% des Volumenstromes an gereinigtem Abwasser am Auslauf der ARA. Ein Messsystem muss deshalb so platziert werden, dass die Bestimmung des Abwasserdurchflusses, welcher durch die Biologie fließt, möglich ist. Die Messungen müssen derart installiert werden, dass der Einfluss durch Rückläufe genau bestimmbar ist. Das Messsystem muss zudem gegen Manipulationen und Beschädigung resistent sein.

3.2.3 Messbereich

Der Messbereich der Messeinrichtung erstreckt sich mindestens vom maximalen Dimensionierungsdurchfluss Q_{\max} (Durchfluss bei Regenwetter, bei vielen Kläranlagen = $2 (Q_{\text{SW}} + Q_{\text{FREMD}})$) bis zu einem Minimalwert Q_{\min} (Nachtminimum $Q_{\text{SW}} + \text{Fremdwasser}$).



3.2.4 Messgenauigkeit

Es geht vor allem darum, die systematischen Fehler zu erkennen und zu beheben, während die zufälligen Fehler bekanntlich nie ganz zu vermeiden sind. Letztere können durch eine grössere Zahl von Wiederholungen ein und derselben Messgrösse bei gleichbleibenden Randbedingungen verringert werden.

Zu den häufigen Ursachen systematischer Fehler gehören:

- Falsche Kalibrierung der Messgeräte selbst, der Übertragungsfunktion oder der Anzeige- resp. Auswerteeinheit,
- Abweichen vom kalibrierbaren Nullpunkt,
- Driften der Messresultate,
- Sprunghafte Abweichung (Shift),
- Stark abweichende Einzelmessungen (Ausreisser).

Eine zuverlässige Messung ausreichender Genauigkeit kann nur erreicht werden, wenn sowohl systematische Fehler vermieden als auch die dem Messsystem entsprechenden Strömungsbedingungen am Ort der Messwerterfassung gewährleistet sind.

Im Zusammenhang mit der frachtabhängigen Abwasserabgabe sollen vor allem die Tagessummen möglichst wenig fehlerbehaftet sein. Für deren Mittelwert wird eine Abweichung von +/- 5% als tolerierbarer Richtwert vorgegeben. Dies setzt voraus, dass sich die Kontrolle über mindestens 24 Stunden erstreckt.

3.2.5 Messgrössen

Das Messsystem muss sowohl den momentanen Durchfluss [m^3/s , l/s] als auch die tägliche Summe [m^3/d] erfassen und registrieren. Der tägliche maximale Durchfluss wird aus den Momentanwerten als Gleitmittel über 15 Minuten bestimmt, der tägliche minimale Durchfluss als Gleitmittel über 2 Stunden (wegen Pumpenstössen).

3.2.6 Summenbildung / Registrierung

Es werden die täglichen maximalen Momentanwerte [m^3/s , l/s] und auch die tägliche Summe [m^3/d] gespeichert und/oder ausgedruckt. Die Summenbildung gilt für dieselbe Zeitperiode wie die 24h-Sammelprobe, nämlich von 08.00 Uhr des Probenahmetages bis 08.00 Uhr des Folgetages.

3.2.7 Fazit

Erfüllt eine bestehende Messanlage die gestellten Anforderungen nicht, muss geprüft werden, ob sie richtig eingestellt ist.

Falls die Messanlage richtig eingestellt ist und die Anforderungen dennoch nicht erfüllt werden, ist in Absprache mit dem AWA des Kantons Bern eine Korrektur festzulegen. Zudem ist diese Messanlage innerhalb einer festzulegenden Frist zu sanieren bzw. zu erneuern.

3.3 Aufgaben des ARA-Betreibers

3.3.1 Dokumentation der Messung

Siehe dazu auch Abschnitt 4: Checkliste „Dokumentation der Durchflussmessung auf Abwasserreinigungsanlagen“!

Grundlage für den Betrieb einer Durchflussmessung auf Kläranlagen und für die Kontrollen des Kantons im Zusammenhang mit der frachtabhängigen Abwasserabgabe ist eine vollständige und richtige Dokumentation der Messung.

Die Dokumentation hat mindestens die folgenden Informationen zu enthalten:

Messbereich der Durchflussmessung

- Datum der Projektierung der Durchflussmessung
- Q_{TW} (12 – 16 Std.- Mittel) für gesamte ARA (nicht pro Strasse)
- Q_{TWmin} (Minimaler Durchfluss durch Biologie)
- Q_{RWmax} (Maximaler Durchfluss durch Biologie)

Bauliche Anordnung der Durchflussmessung

- Datum der Aufnahme
- Aufgenommen durch
- Inbetriebnahme der Messstelle (Jahr)
- Übersichtsplan (Massstab 1 : 500) > als Beilage 1 beilegen
- Grundriss des Messgerinnes > als Beilage 2 beilegen
- Ausgewählte Querschnitte des Messgerinnes > als Beilage 3 beilegen
- Längenprofil durch das Messgerinne > als Beilage 4 beilegen

Messausrüstung

- Datum der Aufnahme
- Aufgenommen durch
- Inbetriebnahme der Messausrüstung (Jahr)
- Disposition der Messausrüstung
- Erfasste Messgrösse
- Gerät zum Erfassen der Messgrösse
- Messgerät: Typ und Hersteller
- Umrechnungsfunktion der Messgrösse auf Durchfluss > als Beilage 5 beilegen
- Von wem wurde die Umrechnungsfunktion ermittelt?
- Messwertanzeige vor Ort
- Messwertanzeige resp. Durchflusswertanzeige im Betriebsgebäude
- Messwert resp. Durchfluss – Abspeicherung resp. Archivierung
- Technische Dokumentation der Messeinrichtung mit Installationsschema, elektrischem Schema, Betriebs- und Wartungsanleitung > als Beilage 6 beilegen
- Wartung – Servicevertrag
- Datum letzte Veränderung am Messsystem

Wenn die Dokumentation über die Durchflussmessung

- nicht vorhanden oder
- nicht vollständig vorhanden oder
- nicht aktuell ist (es wurden z.B. später neuere Messgeräte eingebaut),

dann sind die Unterlagen am einfachsten in Zusammenarbeit mit dem Projektant der Kläranlage und dem oder den Lieferanten der Messausrüstung zu beschaffen.

Die Beschaffung der Pläne (Beilagen 1 bis 4) erfordert eine ingenieurtechnische Vermessung (Neuaufnahme) der Gerinnegeometrie, sofern keine gültigen Ausführungspläne vorhanden sind. Diese Arbeit kann von einer gut ausgerüsteten Bauverwaltung oder von einem Ingenieurbüro ausgeführt werden.

3.3.2 Periodische Überprüfung der Durchflussmessung

Es gehört zum Pflichtenheft eines jeden ARA-Betreibers, dass er die auf seiner ARA eingesetzten Messgeräte periodisch überprüft.

Im Zusammenhang mit der frachtabhängigen Abwasserabgabe ist auch die Durchflussmessung vierteljährlich zu überprüfen. Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass eine solche Prüfung sehr einfach durchgeführt werden kann, und dass damit sehr wertvolle Informationen über die Richtigkeit der Durchflussmessung gewonnen werden können. Grobe Fehler können damit erkannt werden und die Genauigkeit der Durchflussmessung kann erhöht werden.

Festgestellte Mängel, welche die Messgenauigkeit (gemäss Kapitel 2.4) in Frage stellen, sind sofort zu beheben. Allenfalls muss der ARA-Betreiber einen Spezialisten beiziehen.

Die periodische Überprüfung hat bei Normalbetrieb ohne Beeinflussung des Durchflusses zu erfolgen. Mit Vorteil kann die Überprüfung bei verschiedenen Durchflüssen durchgeführt werden, wie z.B. bei Q_{TW} oder bei Q_{NACHT} oder bei erhöhtem Durchfluss bei Regenwetter.

Siehe dazu auch Abschnitt 5: Checkliste für die periodische Überprüfung der Durchflussmessung durch den ARA-Betreiber!

Vor jeder periodischen Überprüfung ist das Messgerinne zu reinigen. So wird immer bei klar definierten Bedingungen überprüft. Die Reinigungen im Rahmen des ARA-Betriebs sind ebenfalls zu protokollieren.

Die periodische Überprüfung wird gemäss der Checkliste (Abschnitt 5) protokolliert. Die Protokolle werden mit der Messstellendokumentation archiviert.

Die Überprüfung umfasst die folgenden Arbeiten:

Visuelle Kontrolle

- Strömung im Messgerinne
- Ablagerungen im Messgerinne

Kontrolle der Messgrösse

- Manuelle Bestimmung der Messgrösse im Messquerschnitt
- Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige vor Ort
- Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige im Betriebsgebäude
- Ablesung des Durchflusses (m^3/s , l/s) auf der Anzeige im Betriebsgebäude
- Bestimmen des Durchflusses (m^3/s , l/s) auf Grund der Messgrösse mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung)
- Übereinstimmung der manuelle gemessenen Messgrösse mit der im Betriebsgebäude angezeigten Messgrösse
- Übereinstimmung des im Betriebsgebäude angezeigten Durchflusses mit dem aus der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmten Durchflusses (auf Grund der angezeigten Messgrösse). Abweichung in % (wobei die mit der Umrechnungsfunktion bestimmte Menge als 100% angenommen wird)

Kontrolle des Nullpunkts

- Manuelle Bestimmung der Messgrösse im Messquerschnitt
- Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige vor Ort
- Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige im Betriebsgebäude
- Ablesen des Durchflusses (m^3/s , l/s) auf der Anzeige im Betriebsgebäude
- Bestimmen des Durchflusses (m^3/s , l/s) auf Grund der Messgrösse mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung)
- Übereinstimmung der manuelle gemessenen Messgrösse mit der im Betriebsgebäude angezeigten Messgrösse
- Übereinstimmung des im Betriebsgebäude angezeigten Durchflusses mit dem aus der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmten Durchflusses (auf Grund der angezeigten Messgrösse) Abweichung in % (wobei die mit der Umrechnungsfunktion bestimmte Menge als 100% angenommen wird)

Weitere Kontrollen

- Positionierung der Messwerterfassung überprüfen und mit der Dokumentation der Durchflussmessung vergleichen
- Gibt es irgendwelche Beschädigungen?

3.4 Kontrolle der Durchflussmessung durch einen Spezialisten

Siehe dazu auch Abschnitt 6: Checkliste „Kontrolle der Durchflussmessung auf Abwasserreinigungsanlagen durch einen Spezialisten“!

Im Zusammenhang mit der frachtabhängigen Abwasserabgabe wird die Durchflussmessung alle 4 Jahre durch einen Spezialisten im Auftrag des AWA überprüft. Diese Kontrolle ergänzt die vierteljährlichen von den ARA-Betreibern selbst durchgeführten Überprüfungen.

Die Kontrolle erfolgt bei Trockenwetter mit Beeinflussung des Durchflusses.

Der Messwert wird bei den Kontrollen separat erfasst und separat ausgewertet.

Vor jeder Kontrolle ist das Messgerinne zu reinigen. So wird immer bei klar definierten Bedingungen überprüft.

Die Überprüfung umfasst die folgenden Arbeiten:

3.4.1 Überprüfung der Dokumentation der Durchflussmessung auf der Kläranlage

Es ist zu prüfen:

- ist die Dokumentation vorhanden?
- Ist die Dokumentation vollständig?
- Ist die Dokumentation aktuell?

Bei unvollständiger oder fehlender Dokumentation ist festzulegen:

- welche Dokumente von der ARA noch beschafft werden müssen?
- Bis wann die Dokumentation vollständig ist?
- Ob weitere Massnahmen ergriffen werden müssen?

3.4.2 Überprüfung der Protokolle der periodischen Überprüfungen der Durchflussmessung durch den ARA-Betreiber

Es ist zu prüfen:

- sind die Kontrollen in regelmässigen Abständen durchgeführt worden?
- sind die Protokolle vollständig vorhanden?
- gibt es Hinweise auf Schwachstellen oder Fehler, die behoben werden sollten?

- wurden auf Grund der periodischen Kontrollen Veränderungen an der Messeinrichtung durchgeführt?
- sind weitere Massnahmen erforderlich?

3.4.3 Visuelle Kontrolle der Durchflussmessung

Es ist zu prüfen:

- ist die Strömung im Messgerinne ideal, d.h. ohne Wellen, schräge Anströmung, ohne Rückstauungen von unten, usw.?
- gibt es Ablagerungen im Messgerinne oder an den Messsonden resp. Messeinrichtungen?
- Sind andere Phänomene sichtbar?

3.4.4 Kontrollen mittels separater Erfassung und Auswertung der Messwerte

Für diese Kontrolle werden die separaten (parallel angeschlossenen) Geräte zur Verarbeitung des Messsignals verwendet. Das Messsignal wird a) direkt am Ort der Messstelle oder b) im Betriebsgebäude beim Eingang in die Messdatenauswertung abgegriffen und separat erfasst.

Bei älteren Messeinrichtungen ohne elektronisches Messsignal (z.B. ältere Einperlverfahren) muss ein unabhängiges System zur Erfassung der Messgrösse installiert werden.

Kontrolle des Nullpunkts

Für diese Messung ist die Durchflussmessung während mindestens 10 Minuten trocken zu legen!

Es werden abgelesen und verglichen:

- die manuell bestimmte Messgrösse im Messquerschnitt
- die vor Ort angezeigte Messgrösse
- die im Betriebsgebäude angezeigte Messgrösse
- die Ablesung der Messgrösse auf dem separaten (parallel installierten) Kontrollgerät
- der angezeigte Durchfluss an der Anzeige vor Ort
- der angezeigte Durchfluss an der Anzeige im Betriebssystem
- die Angabe des Durchflusses gemäss separater Kontroll-Messeinrichtung

Auf Grund dieser Angaben kann der Durchfluss mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmt werden für:

- die manuell bestimmte Messgrösse und
- die Messgrösse nach vorhandenem Messsystem.

Es erfolgt der Vergleich

- der verschiedenen Messgrössen und
- der Durchflüsse.

Daraus können die Abweichungen ermittelt werden.

Kontrolle der Messgrösse

Es werden abgelesen und verglichen:

- die manuell bestimmte Messgrösse im Messquerschnitt
- die vor Ort angezeigte Messgrösse
- die im Betriebsgebäude angezeigte Messgrösse
- die Ablesung der Messgrösse auf dem separaten (parallel installierten) Kontrollgerät
- der angezeigte Durchfluss an der Anzeige vor Ort
- der angezeigte Durchfluss an der Anzeige im Betriebssystem
- die Angabe des Durchflusses gemäss separater Kontroll-Messeinrichtung

Auf Grund dieser Angaben kann der Durchfluss mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmt werden für:

- die manuell bestimmte Messgrösse und
- die Messgrösse nach vorhandenem Messsystem.

Es erfolgt der Vergleich

- der verschiedenen Messgrössen und
- der Durchflüsse.

Daraus können die Abweichungen ermittelt werden.

Kontrolle der Tageswerte und der Archivierung der Messdaten

Es sind zu kontrollieren:

- die Tageswerte des ARA-Leitsystems (resp. der Schaltwarte) mit dem separat installierten Kontrollgerät (Datalogger)
- die Abweichung der beiden Messungen über mindestens 24 Stunden
- die Art der Methode der Tageswertbestimmung
- die Art der Datenarchivierung (wie lange sind die Messdaten noch verfügbar?)

3.4.5 Weitere Kontrollen

Zusätzlich sind noch die folgenden Kontrollen durchzuführen:

- die korrekte Positionierung der Messwerterfassung
- die Gerinnequerschnitte im Vergleich mit der Dokumentation
- Kontrolle der Q-proportionalen Probenahme
- Beschädigungen

3.5 Kalibrierung des Durchflusses durch gleichzeitige Parallelmessung

Siehe dazu auch Abschnitt 7: Checkliste „Kontrolle der Durchflussmessung auf Abwasserreinigungsanlagen durch einen Spezialisten mittels Parallelmessung“!

Die Parallelmessung wird von einem Spezialisten durchgeführt und vom AWA in der Regel angeordnet:

- a. wenn das in Kapitel 3.4 beschriebenen Kontrollprozedere nicht vollständig möglich ist oder
- b. wenn berechtigte Zweifel an der Auswertung des Durchflusses über 24 Stunden bestehen.

Zulässige/ mögliche Verfahren sind:

- Messung mit scharfkantigem Überfallwehr
- Volumetrische Durchfluss- bzw. Mengenbestimmung
- MID- oder vollständige Ultraschallmessung

(Reihenfolge entsprechend absteigender Priorität)

Weitere Messverfahren sind möglich.

Pumpen oder Schieber helfen, die vier verschiedenen Betriebszustände zu simulieren. Die vorgegebenen Messzustände sind als Grössenordnung einzuhalten. Bei der Messung muss der Durchfluss bei grossen Mengen während mindestens einer Minute und bei kleinen Mengen maximal 15 Minuten konstant gehalten werden.

Bei einem fest installierten Pumpwerk im Zulauf sind die kontrollierbaren Betriebszustände gegeben.

Die eingesetzten Messverfahren sind dem Stand der Technik anzupassen.

Genauigkeit

Die Messgenauigkeit wurde bereits im Abschnitt 2.4 definiert. Falls der Messwert der bestehenden Messeinrichtung für einen oder mehrere der zu überprüfenden Betriebszustände im Vergleich zur Parallelmessung ausserhalb der zulässigen Messgenauigkeit liegen, muss die Messeinrichtung neu kalibriert werden. Dazu sind mindestens zwei weitere Betriebszustände zu erfassen.

Datenregistrierung

Die Datenregistrierung der Messung hat digital zu erfolgen. Damit ist es möglich die Daten einerseits mit der bestehenden Messeinrichtung zu überprüfen und andererseits können die späteren Parallelmessungen miteinander verglichen werden.

3.5.1 Veranlassung

Bringt die Kontrolle gemäss Kapitel 4 „Kontrolle durch einen Spezialisten“ keine ausreichenden Resultate, ist in Absprache mit dem AWA eine weitergehende Prozedur anzuwenden, die eine vollständige Parallelmessung beinhaltet.

Die Ämter können zudem periodisch oder auf besondere Veranlassung die Parallelmessung anordnen. Sie bestimmen, ob die Messung gemäss Kap. 4 mit Abgriff der Signale, nochmals vollständig durchzuführen ist.

3.5.2 Prinzip der Parallelmessung

Die vollständige Parallelmessung enthält

- die Prozedur gemäss Kapitel 4
- plus eine unabhängige, simultane Durchflussmessung, wobei die fest installierte Messeinrichtung voll mitläuft und mit erfasst wird.

Die Strömung im Bereich der Messwerterfassung der festen Messstelle darf durch die nicht permanente Einrichtung der Parallelmessung auf keinen Fall verfälscht werden.

Die Parallelmessung erfasst den selben Abwasserzufluss, den auch die fest installierte Messeinrichtung der ARA misst. Dies kann zusätzliche Einbauten oder die Umlegung von Strassen erfordern.

Es ist empfohlen einfache Vorinstallationen für Wehre oder MIDs etc. frühzeitig vorzubereiten resp. permanent bestehen zu lassen.

Die Parallelmessung soll so geplant und ausgelegt werden, dass mindestens die gleiche Genauigkeit wie an der festen Messeinrichtung erwartet werden kann. Geht man für letztere von Wehren und Venturikanälen aus, fallen mobile Ultraschallsensoren ohne unabhängige Fliesstiefenmessung oder MIDs für Teilfüllung ebenso ausser Betracht wie Tracermethoden oder die ausschliessliche Messung der Fliesstiefe ohne einengenden, kalibrierbaren Kanaleinbau (Aufzählung nicht abschliessend).

3.5.3 Durchführung

Folgende Betriebszustände sollen untersucht werden:

Situation	Belastungszustand	Messzustand
Pumpwerk vor Durchflussmessung	Keine Pumpe in Betrieb	Nullpunkt)
	Kleinste Pumpe in Betrieb	
	Mittlere Pumpe(n) in Betrieb	ca. Q_{TW}
	Alle Pumpen in Betrieb	ca. $2 Q_{TW}$
Kein Pumpwerk vor Durchflussmessung	Zufluss kurz = 0	Nullpunkt
	Trockenwetter	ca. Q_{TW}
	Ev. Mischwasserdurchfluss	$> Q_{TW}$

Falls die Durchflusswerte der permanenten Messanlage im Vergleich zur Kontrollmessung ausserhalb eines zulässigen Toleranzbereichs liegen (in der Regel +/- 5% oder nach Vorgabe des AWA), muss sie neu kalibriert werden. Dazu sind verschiedenste Betriebszustände zu erfassen. Anschliessend muss die korrekte Übertragungsfunktion ermittelt und im Auswertegerät eingegeben werden.

Der Kontrollrhythmus wird nach einem Bonus/Malus-Prinzip festgelegt (siehe Schema: Schematische Darstellung des Ablaufes der Kontrollen). Zu Beginn der Einführung der Abwasserabgabe wurden die meisten Messungen durch einen Spezialisten kalibriert. Bei Mengenmessungen, welche die Anforderungen nicht erfüllen, ist folgendes Vorgehen vorgesehen:

- Die Messanlage ist neu einstellbar: Die ARA lässt die Anlage auf ihre Kosten durch einen Spezialisten einstellen. Erfüllt sie danach die Anforderungen immer noch nicht, muss die ARA die Anlage auf ihre Kosten ersetzen oder sanieren und abschliessend kalibrieren lassen.
- Die Messanlage ist nicht neu einstellbar: Die ARA muss die Anlage auf ihre Kosten ersetzen oder sanieren und abschliessend kalibrieren lassen.

Die Kalibrierungen müssen protokolliert und der kantonalen Fachstelle zugestellt werden (AWA).

3.6 Empfehlungen

Breitgestreute Erfahrungen belegen, dass mit einer aktuellen und umfassenden Dokumentation der gesamten Durchfluss-Messeinrichtung sowie einigen einfachen Kontrollmessungen (ARA-Betreiber) grössere systematische Fehlmessungen aufgedeckt werden können. Ein zweiter Schwachpunkt kann in der zu stark vereinfachten softwaremässigen Erfassung der nichtlinearen Übertragungsfunktion (Q-h-Beziehung) liegen. Lieferanten sind auf Dokumentation und korrekte Einstellung zu verpflichten.

3.7 Übersicht über die Kontrollen

Kontrolle / Massnahme	Dokumentation der Durchflussmessung	Periodische Überprüfung der Durchflussmessung	Kontrolle der Durchflussmessung durch einen Spezialisten	Kalibrierung des Durchflusses durch Parallelmessung	Folgemaßnahmen zur Behebung von Fehlern
Veranlassung durch	AWA	ARA	AWA	AWA	AWA
Durchführung durch	ARA / Ingenieur	ARA	Spezialist	Spezialist	ARA
Kosten- übernahme	ARA	ARA	AWA	AWA	ARA
Kontrolle durch	AWA	Spezialist	AWA	AWA	Spezialist / AWA
Periodizität / Fälligkeit	Bei Fehlen der Dokumentation Bei Neuinstallation Bei Änderungen	4-mal jährlich	Alle 4 Jahre	Nach Bedarf	Fristsetzung durch AWA
Bedingungen	-	-	-	Falls Kontrolle durch Spezialisten nicht durchführbar ist. Falls berechnete Zweifel an der Auswertung des Durchflusses über 24 Stunden bestehen.	Dokumentation anpassen. Nachkontrolle durch einen Spezialisten.

4 Checkliste „Dokumentation der Durchflussmessung auf Abwasserreinigungsanlagen“

Identifikation der Abwasserreinigungsanlage (ARA)		
Pos.		
1.1	ARA-Name	
1.2	ARA-Nr.	
1.3	Ansprechperson	

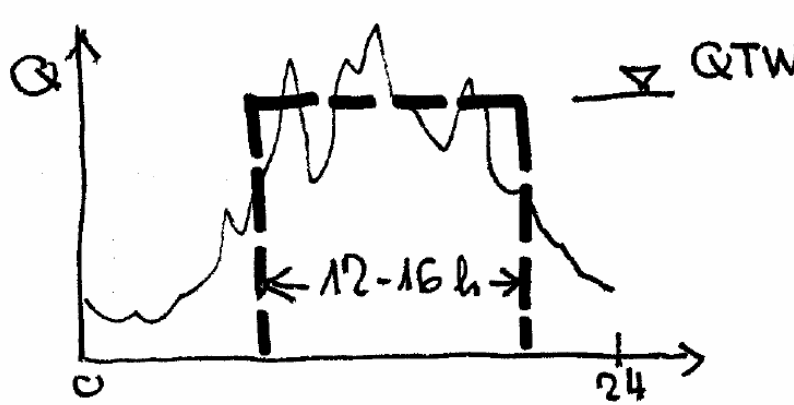
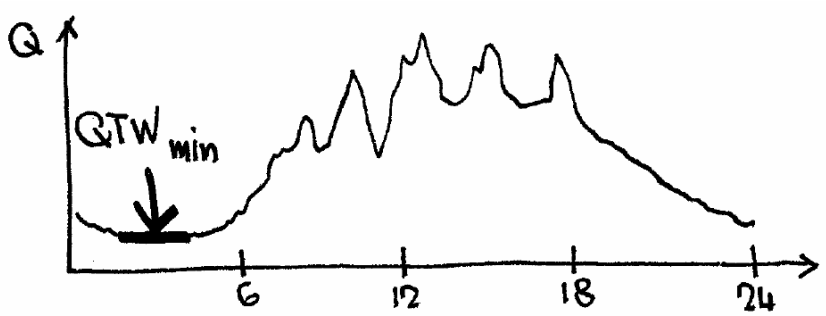
Bemessungsgrundlage: Messbereich der Durchflussmessung		
Pos.		
2.1	Datum der Projektierung der Durchflussmessung	
2.2	Q_{TW} (12 - 16 h Mittel) für gesamte ARA (nicht pro Strasse)	l/s
2.3	Q_{TWmin} (minimaler Durchfluss durch Biologie in den Nachtstunden)	l/s
2.4	Q_{RWmax} (maximaler Durchfluss durch die Biologie)	l/s

Bauliche Anordnung der Durchflussmessung		
Pos.		
3.1	Datum der Aufnahme	
3.2	Aufgenommen durch	
3.3	Inbetriebnahme der Messstelle (Jahr)	
3.4	Übersichtsplan	Beilage 1
3.5	Grundriss des Messgerinnes	Beilage 2
3.6	Ausgewählte Querschnitte des Messgerinne	Beilage 3
3.7	Längenprofil durch das Messgerinne	Beilage 4
3.8	Vorgaben für zulässige Gerinnegefälle	Beilage 5

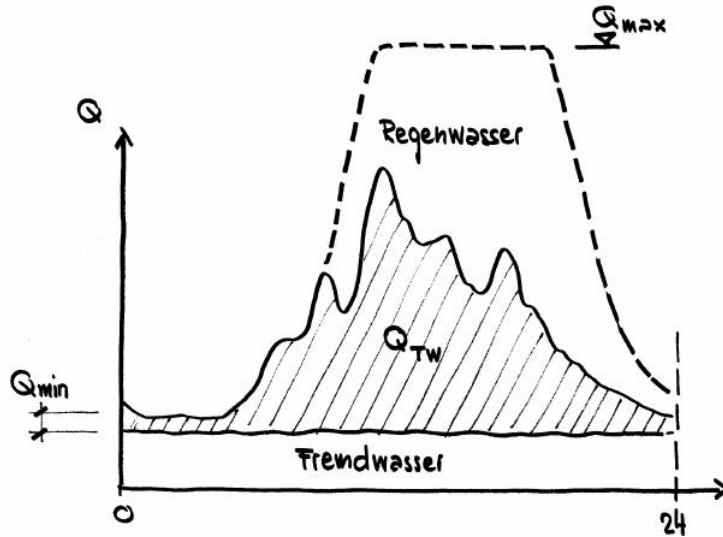
Messausrüstung		
Pos.		
4.1	Datum der Aufnahme	
4.2	Aufgenommen durch	
4.3	Inbetriebnahme der Messausrüstung (Jahr)	
4.4	Disposition der Messausrüstung	
4.5	Erfasste Messgrösse	
4.6	Gerät zum Erfassen der Messgrösse	
4.7	Messgerät: Typ und Hersteller	
4.8	Umrechnungsfunktion der Messgrösse auf Durchfluss	Beilage 6
4.9	Von wem wurde die Umrechnungsfunktion ermittelt?	
4.10	Messwertanzeige vor Ort	

4.11	Messwertanzeige resp. Durchflusswertanzeige im Betriebsgebäude	
4.12	Messwert- resp. Durchflusswert-Abspeicherung resp. -Archivierung	
4.13	Technische Dokumentation der Messeinrichtung mit Installationsschema, elektrischem Schema, Betriebs- und Wartungsanleitung	Beilage 7
4.14	Wartung - Servicevertrag	

Erläuterungen

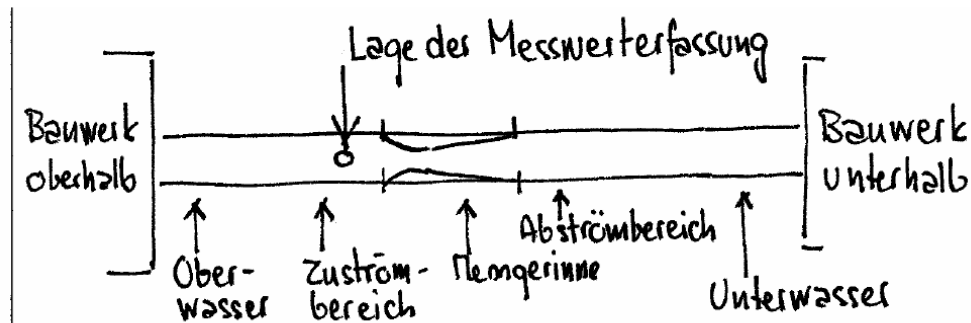
2.2	<p>Der Trockenwetterzufluss Q_{TW} bezieht sich auf die Dimensionierung der Durchflussmessung:</p> 
2.3	<p>Q_{TWmin}: darunter wird der Durchfluss in den Nachtstunden verstanden.</p> 

2.4 QRWmax = Qmax: darunter wird der maximale Durchfluss durch die Biologie der ARA verstanden. Entspricht in der Regel etwa dem 2-fachen Q_{TW}. Das restliche Regenwasser wird direkt über Regenbecken oder Hochwasserentlastungen in die Gewässer entlastet.

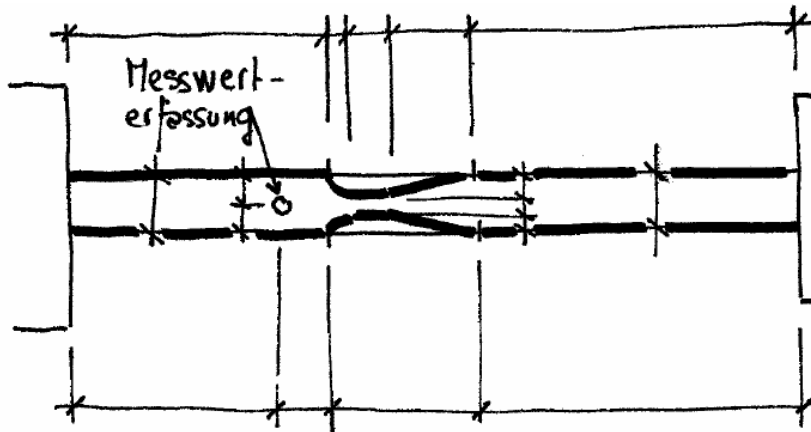


3.4 Der Übersichtsplan soll einen Überblick geben über die Anordnung der Bauwerke auf der ARA und die Lage der Durchflussmessung.

3.5 Der Grundriss des Messgerinnes soll so gross gewählt werden, dass die davor und danach liegenden Bauwerke ebenfalls ersichtlich sind.



Im Grundriss sollen die genauen Abmessungen vermassst sein, ebenfalls der Ort der Messwertfassung.

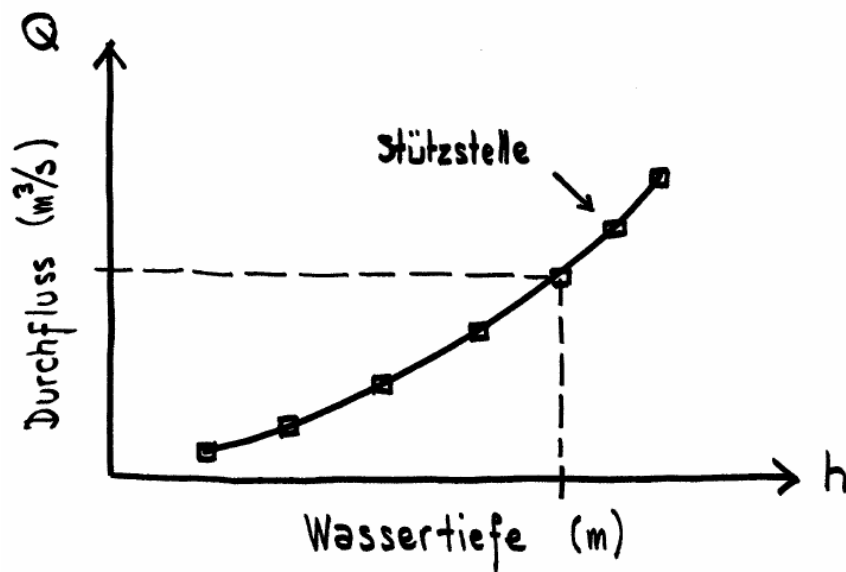


3.7 Aus dem Längenprofil sollen die genauen Sohlenkoten des Messgerinnes und die Gefälle der einzelnen Abschnitte angegeben werden.

<p>4.4</p>	<p>Die Disposition zeigt die gesamte Messkette von der Messstelle bis zur Verarbeitung im Betriebsgebäude.</p> <p>Fix montierter Messstab Erfassung der Messgröße</p> <p>Messwertanzeige vor Ort</p> <p>Messwertübertragung</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p style="text-align: center;">Betriebsgebäude</p> <p>⊗ Messwert-Umwandlung</p> <p>☰ Durchfluss-Anzeige (m^3/s, l/s)</p> <p>☰ Mengen-Anzeige (m^3)</p> <p> Papierausdruck mit Ganglinie (Tag, Woche)</p> <p> Digitale Anzeige auf dem Leitsystem</p> </div>
<p>4.6</p>	<p>Geräte zum Erfassen der Messgröße: Echolot, Einperlverfahren, Druckdose, Radar, Ultraschall, Schwimmer, Dipper, MID, etc.</p>

4.8

Die Umrechnungsfunktion gibt als Tabelle oder Kurve die Beziehung zwischen der erfassten Messgröße und dem Durchfluss.



5 Checkliste „Periodische Überprüfung der Durchflussmessung durch den ARA-Betreiber“

Identifikation der Abwasserreinigungsanlage (ARA)		
Pos.		
1.1	ARA-Name	
1.2	ARA-Nr.	

Visuelle Kontrolle					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
2.1	Datum / Zeit				
2.2	Strömung im Messgerinne				
2.3	Ablagerungen im Messgerinne				
2.4	Vorgängige Reinigung des Gerinnes am:				
2.5	Messgerät				
2.6	Aufgenommen durch				

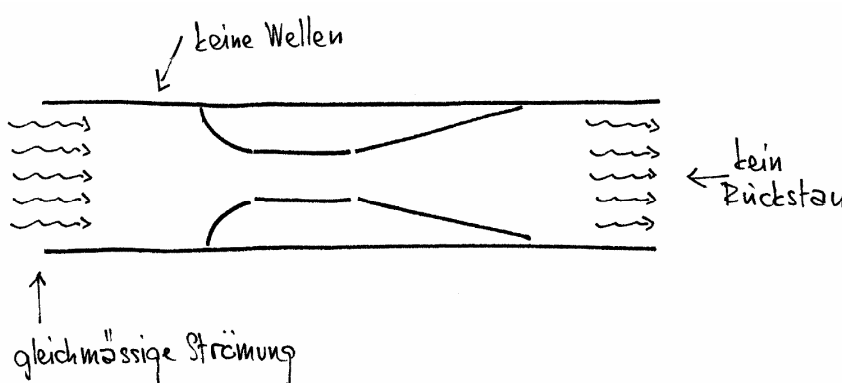
Funktionsprüfung mit Anzeige vor Ort					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
3.1	Datum / Zeit				
3.2	Manuelle Bestimmung der Messgrösse (Fliesstiefe) im Messquerschnitt				
3.3	Ablesen der Messgrösse auf der Anzeige vor Ort				
3.4	Ablesen des Durchflusses auf der Anzeige vor Ort				
3.5	Ablesen der Messgrösse auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
3.6	Ablesen des Durchflusses auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
3.7	Bestimmen des Durchflusses auf Grund der Messgrösse (Anzeige vor Ort) mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung, siehe Dokumentation Ziffer 4.8)				
3.8	Übereinstimmung der manuell gemessenen Messgrösse mit der vor Ort angezeigten Messgrösse = Kontrolle der Messung Abweichung in % (wobei die manuell bestimmte Messgrösse als 100% angenommen wird)				

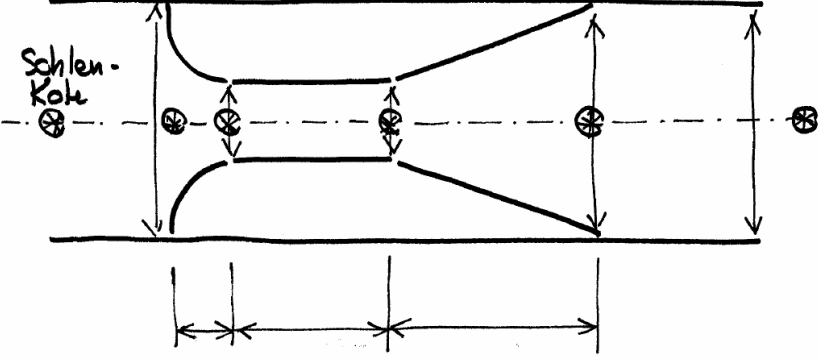
3.9	Übereinstimmung des vor Ort angezeigten Durchflusses mit dem aus der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmten Durchfluss = Kontrolle der Umwandlung Abweichung %				
3.10	Übereinstimmung des vor Ort angezeigten Durchflusses mit dem im Betriebsgebäude angezeigten Durchfluss = Kontrolle der Übertragung Abweichung in %				

Funktionsprüfung ohne Anzeige vor Ort					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
3.1	Datum / Zeit				
3.2	Manuelle Bestimmung der Messgröße (Fliesstiefe) im Messquerschnitt				
3.5	Ablese der Messgröße auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
3.6	Ablese des Durchflusses auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
3.7	Bestimmen des Durchflusses auf Grund der Messgröße (Anzeige Betriebsgebäude) mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung, siehe Dokumentation Ziffer 4.8)				
3.8	Übereinstimmung der manuell gemessenen Messgröße mit der im Betriebsgebäude angezeigten Messgröße = Kontrolle Messung und Übertragung Abweichung in % (wobei die manuell bestimmte Messgröße als 100% angenommen wird)				
3.9	Übereinstimmung des vor Ort angezeigten Durchflusses mit dem aus der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmten Durchfluss = Kontrolle der Umwandlung Abweichung in %				

Weitere Kontrollen					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
4.1	Positionierung der Messwerterfassung überprüfen und mit der Dokumentation der Durchflussmessung vergleichen				
4.2	Nachmessen des Messgerinnes und der Messgerinnequerschnitte				
4.3	Sichtbare Beschädigungen?				

Erläuterungen

2.2	<p>Strömung im Messgerinne:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerade und gleichförmige Anströmung des Messquerschnitts? • Schräge Anströmung des Messquerschnitts? • Wellen im Zuströmbereich oder im Anströmbereich? • Rückstau vom Unterwasser? • Reflexionen an der Gerinnewand? • Andere Phänomene? 
2.3	<p>Ablagerungen im Messgerinne?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Anströmbereich? • Im Abströmbereich? • In der Messstrecke?
3.1	<p>Für die Kontrolle des Nullpunktes wird der Zufluss zum Messgerinne abgesperrt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit installiertem Schieber • Mit provisorischen Absperrbalken • Durch Speichern des Zuflusses in einem Vorklärbecken oder Regenbecken <p>Das Messgerinne muss trocken sein vor und nach der Messung!</p>
3.2	<p>Bestimmung der messgrösse (Abflusstiefe) mit Dopplimeter, fixem Massstab an der Gerinnewand, Stechpegel, etc.</p> <p>Die messung im Messquerschnitt und die ablesung auf der anzeige vor ort und im betriebsgebäude gleichzeitig durchführen (mehrere personen mit funkgerät oder telefon).</p> <p>Die messungen 1, 2 und 3 bei verschiedenen durchflüssen durchführen. insbesondere eine messung bei regenwetter ohne manipulation des zuflusses zum messgerinne.</p>

3.8	Bei Abweichung der manuell gemessenen und der abgelesenen Messgröße: <ul style="list-style-type: none">• Bei Drucksonden: prüfen, ob Fett- oder sonstige Ablagerungen• Bei Eholot oder Radar: Brett auf bekannter Tiefe montieren und erneut kontrollieren• Bei Lufteinperlung: System durchblasen
4.2	Nachmessen des Venturigerinnes: 

6 Checkliste „Kontrolle der Durchflussmessung auf Abwasserreinigungsanlagen durch einen Spezialisten“

Identifikation der Abwasserreinigungsanlage (ARA)		
Pos.		
1.1	ARA-Name	
1.2	ARA-Nr.	
1.3	Ansprechperson	

Überprüfung der Dokumentation der Durchflussmessung auf der ARA		
Pos.		
2.1	Ist die Dokumentation vorhanden?	
2.2	Ist die Dokumentation vollständig?	
2.3	Ist die Dokumentation aktuell?	
2.4	Beschaffung fehlender Unterlagen bis spätestens am	
2.5	Weitere Massnahmen?	

Protokolle der periodischen Überprüfungen der Durchflussmessungen durch den ARA-Betreiber		
Pos.		
3.1	Sind die Kontrollen in regelmässigen Abständen durchgeführt worden und sind die Protokolle vollständig vorhanden?	
3.2	Hinweise auf Schwachstellen oder Fehler, die behoben werden sollten?	
3.3	Wurden aufgrund der periodischen Kontrollen Veränderungen an der Messeinrichtung durchgeführt? Führten diese Veränderungen zu Verbesserung der Messgenauigkeit und wie gross ist die Verbesserung?	
3.4	Sind weitere Massnahmen erforderlich?	

Visuelle Kontrolle					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
4.1	Datum / Zeit				
4.2	Strömung im Messgerinne				
4.3	Ablagerungen im Messgerinne				
4.4	Vorgängige Reinigung des Gerinnes am:				
4.5	Messgerät				
4.6	Aufgenommen durch				

Kontrolle der Messgrösse (Kontrolle des Nullpunktes erst nach ca. 10 Minuten Trockenlegung des Messgerinnes!)					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
5.1	Manuelle Bestimmung der Messgrösse im Messquerschnitt				
5.2	Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige vor Ort				
5.3	Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
5.4	Ablesung der Messgrösse auf dem mobilen Kontrollgerät				
5.5	Ablesen des Durchflusses auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
5.6	Ablesen des Durchflusses auf der Anzeige im mobilen Kontrollgerät				
5.7	Bestimmen des Durchflusses auf Grund der Messgrösse (vorhandenes Messsystem und mobiles Kontrollsystem) mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-H-Beziehung)				
5.8	Übereinstimmung der manuell gemessenen Messgrösse mit den angezeigten Messgrössen im Betriebsgebäude und auf dem mobilen Kontrollgerät				
5.9	Übereinstimmung des im Betriebsgebäude angezeigten Durchflusses mit dem aus der Umrechnungsfunktion (Q-H-Beziehung) bestimmten Durchflusses (auf Grund der angezeigten Messgrössen). Abweichung in % (wobei die mit der Umrechnungsfunktion bestimmte Menge als 100% angenommen wird).				

Kontrolle der Tageswerte und der Archivierung der Daten		
Pos.		
6.1	Nach welcher Methode wird der Tageswert bestimmt?	
6.2	Vergleich der Tageswerte des ARA-Leitsystems mit dem mobilen Kontrollgerät.	
6.3	Wie gross ist die Abweichung?	
6.4	Archivierung: Wie lange sind die Messdaten noch verfügbar?	
6.5	Auf welche Art werden die Tagesdurchflussmengen archiviert?	

Weitere Kontrollen					
Pos.			Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
7.1	Positionierung der Messwerterfassung überprüfen und mit der Dokumentation der Durchflussmessung vergleichen				
7.2	Nachmessen des Messgerinnes und der Messgerinnequerschnitte				
7.3	Sichtbare Beschädigungen?				

Datum:

Unterschrift des ARA-Betreibers

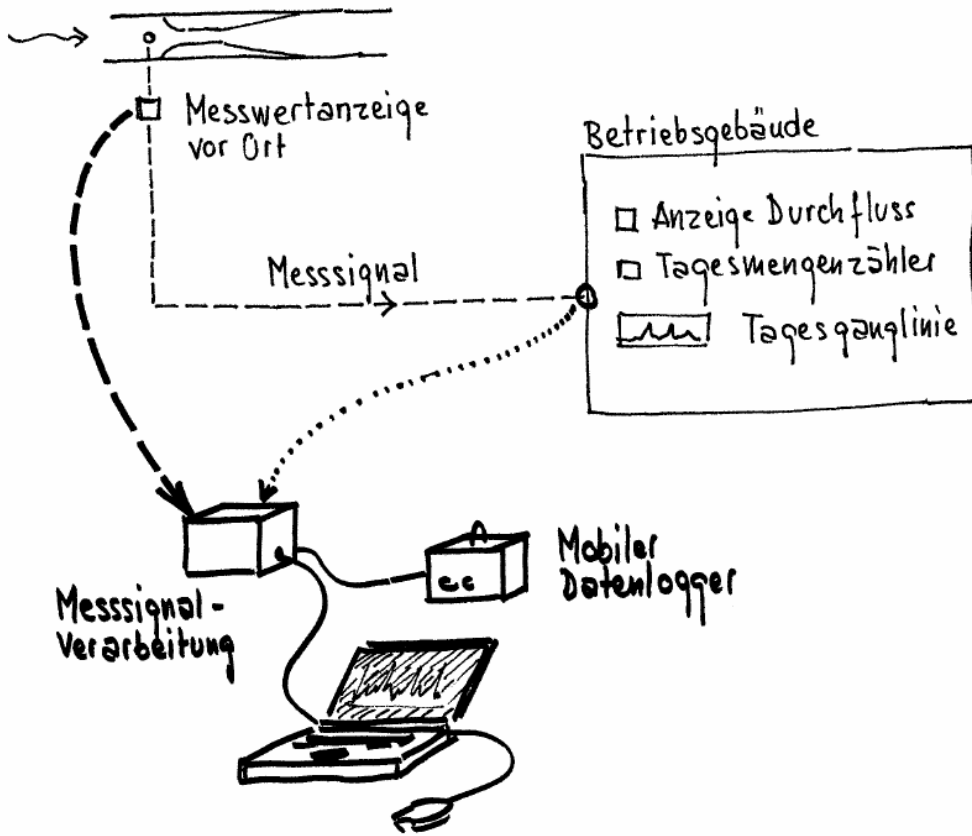
Unterschrift der externen Kontrollstelle

Verteiler: Amt für Wasser und Abfall
ARA

Erläuterungen

5 Für die externe Kontrolle wird das Messsignal abgegriffen und parallel zur vorhandenen Messeinrichtung verarbeitet.

Zielsetzung: Bestimmung der wahren Funktion zwischen Messgröße und der Durchflussmenge.



7 Checkliste „Durchführung einer Parallelmessung zur Kontrolle der Durchflussmessung auf Abwasser-reinigungsanlagen durch einen Spezialisten“

Identifikation der Abwasserreinigungsanlage (ARA)		
Pos.		
1.1	ARA-Name	
1.2	ARA-Nr.	
1.3	Ansprechperson	

Installation der Parallelmessung		
Pos.		
2.1	Datum der Parallelmessung des Durchflusses	
2.2	Ausgeführt durch	
2.3	Beschrieb des nicht permanent installierten Kontrollsystems	Inkl. Gerätedokumentation
2.4	Anordnung der installierten Parallelmessung	Inkl. Installationsplan Berücksichtigung der elektrischen Erdung und der Fremdsignalsteuerung

Visuelle Kontrolle					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
3.1	Datum / Zeit				
3.2	Strömung im Messgerinne <ul style="list-style-type: none"> Vor dem Einbau der Parallelmessung Nach dem Einbau der Parallelmessung 				
3.3	Ablagerungen im Messgerinne				
3.4	Vorgängige Reinigung des Gerinnes am:				
3.5	Messgerät				
3.6	Aufgenommen durch				
3.7	Einflüsse von Rechen, Sandfang, etc. auf das Strömungsverhalten <ul style="list-style-type: none"> Vor dem Einbau der Parallelmessung Nach dem Einbau der Parallelmessung 				

Kontrolle der Messgrösse (Kontrolle des Nullpunktes erst nach ca. 10 Minuten Trockenlegung des Messgerinnes!)					
Pos.		Messung Nullpunkt	Messung 1 Q tief	Messung 2 Q mittel	Messung 3 Q hoch
4.1	Manuelle Bestimmung der Messgrösse im Messquerschnitt				
4.2	Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige vor Ort				
4.3	Ablesung der Messgrösse auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
4.4	Übereinstimmung der manuell gemessenen Messgrösse mit der angezeigten Messgrösse am Ort der Messung und im Betriebsgebäude				
4.5	Ablesung der Messgrösse auf dem Kontrollgerät der Parallelmessung				
4.6	Ablese des Durchflusses auf der Anzeige im Betriebsgebäude				
4.7	Ablese des Durchflusses auf der Anzeige im Kontrollgerät der Parallelmessung				
4.8	Bestimmen des Durchflusses auf Grund der Messgrösse (vorhandenes Messsystem und Parallelmessung) mit Hilfe der Umrechnungsfunktion (Q-H-Beziehung)				
4.9	Übereinstimmung des im Betriebsgebäude angezeigten Durchflusses mit dem aus der Umrechnungsfunktion (Q-h-Beziehung) bestimmten Durchflusses (auf Grund der angezeigten Messgrösse)				
4.10	Übereinstimmung des im Betriebsgebäude angezeigten Durchflusses mit dem aus der Parallelmessung bestimmten Durchflusses Abweichung in % (wobei die mit der Parallelmessung bestimmte Menge als 100% angenommen wird).				

Kontrolle der Tageswerte				
Pos.		Tag 1	Tag 2	Tag 3
5.1	Tageswerte des ARA-Leitsystems			
5.2	Tageswert der Parallelmessung			
5.3	Übereinstimmung der im Betriebsgebäude angezeigten Tagesmenge mit dem aus der Parallelmessung bestimmten Tagesmenge Abweichung in %, wobei die mit der Parallelmessung bestimmte Tagesmenge als 100% angenommen wird.			

Weiteres Vorgehen		
Pos.		
6.1	Welche Schlussfolgerungen sind auf Grund der Parallelmessung zu machen?	
6.2	Vorschlag zum weiteren Vorgehen.	

Datum:

Unterschrift des ARA-Betreibers

Unterschrift der externen Kontrollstelle

Verteiler: Amt für Wasser und Abfall
ARA