



Merkblatt

D 2.10

Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen

Gestaltungsgrundsätze

Planungshinweise

Prüfmethodik

im Hinblick auf die hessische
Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)

Stand: August 2016

Herausgeber:

Hessisches Landesamt
für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Telefon: (0611) 69 39-0
Telefax: (0611) 69 39-555

Bearbeitung:Staatliche Prüfstellen nach § 11 EKVO

Universität Kassel
Versuchsanstalt und Prüfstelle für Umwelttechnik und Wasserbau
Fachbereich Bauingenieur- und Umweltingenieurwesen
Kurt-Wolters-Straße 3
34109 Kassel

Technische Universität Darmstadt
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Franziska-Braun-Straße 7
64287 Darmstadt

Veröffentlichung: www.hlnug.hessen.de
→ Themen → Wasser → Abwasser → Regelungen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	9
1 Einleitung	11
2 Eigenkontrolle nach Anhang 2 und 3 EKVO	12
3 Durchflussmeseinrichtungen auf Kläranlagen	13
3.1 Vorbemerkung	13
3.2 Überblick über die Messmethoden	13
3.2.1 Venturi-Kanäle und bauartkalibrierte Messrinnen	13
3.2.2 Magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID)	15
3.2.3 Geschwindigkeitsprofile erfassende sohlgebundene Durchflussmesser ..	16
3.2.4 Andere Messsysteme	16
3.3 Auswahlkriterien	17
3.4 Venturi-Kanäle	18
3.4.1 Begriffe und Definitionen	18
3.4.2 Hydraulische Grundfunktion	18
3.4.3 Typisierung	19
3.4.4 Hydraulisch-hydrometrische Anforderungen an Venturi-Kanäle.....	20
3.4.4.1 Vorbemerkung	20
3.4.4.2 Bezugsniveau für Wasserstandsmessung	20
3.4.4.3 Erforderliches Verbauungsverhältnis (Einschnürungsverhältnis)	20
3.4.4.4 Zulässiger Unterwasserstand	20
3.4.4.5 Messort für Oberwasserstandsmessung	21
3.4.4.6 Beruhigungsstrecke im Oberwasser	22
3.5 Magnetisch-induktive Durchflussmeseinrichtungen	23
3.5.1 Bezeichnungen und Definitionen.....	23
3.5.2 Funktionsprinzip	23
3.5.3 Hydraulische und hydrometrische Kriterien	24
3.5.3.1 Allgemeines	24
3.5.3.2 Sicherstellung der Rohrvollfüllung / hydraulische Berechnung	24
3.5.3.3 Übergangsschächte	25
3.5.3.4 Lufteintrag	25
3.5.3.5 Durchmesserwahl	27
3.5.3.6 Ablagerungen.....	28
3.5.3.7 Sicherstellung eines günstigen Geschwindigkeitsprofils	28
3.6 Abflussmessung auf kleinen Kläranlagen.....	30
3.6.1 Hydrometrische Randbedingungen	30

3.6.2	Messverfahren für kleine Kläranlagen	30
3.6.2.1	Vorbemerkungen.....	30
3.6.2.2	Hydraulische Verfahren.....	30
3.6.2.3	Verfahren mit unterbrochenem Wasserstrom	31
4	Prüfung der Durchflussmeseinrichtungen auf Kläranlagen nach Anhang 3 EKVO.....	33
4.1	Durchflussmessung auf Kläranlagen.....	33
4.1.1	Rechtliche Vorgaben.....	33
4.1.2	Allgemeines zur hydraulischen Prüfung	34
4.1.3	Vorgaben für die Prüfung	35
4.1.4	Zulässige Messabweichungen	35
4.1.5	Weitere Hinweise zur Eigenkontrolle.....	36
4.2	Prüfmethoden für Durchflussmeseinrichtungen.....	36
4.3	Bauliche Vorkehrungen zur messtechnischen Überprüfung.....	37
4.3.1	Vorbemerkung.....	37
4.3.2	Zugänglichkeit.....	38
4.3.3	Voraussetzungen zur trockenen Überprüfung von Venturi-Kanälen ...	38
4.3.4	Bauliche Vorkehrungen zur Anwendung von Kontrollmessgeräten	38
4.3.4.1	Vorkehrungen zum Einbau von Vergleichs-MID-Geräten.....	38
4.3.4.2	Vorkehrungen zum Einsatz von Ultraschalllaufzeitgeräten zum Aufschnallen	38
4.3.4.3	Vorkehrungen für andere Kontrollmessmethoden	39
4.4	Anforderungen an die Messeinrichtungen und die Signalübertragung	39
4.4.1	Ultraschall-Wasserstandsmesser für Venturi-Rinnen.....	39
4.4.2	Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte	39
4.4.3	Signalbearbeitung, Signalübertragung und Messwertregistrierung	40
4.4.4	Vorkehrungen zur Erhaltung der Messgenauigkeit und zur Kontrolle	41
4.5	Planerische und betriebliche Erfordernisse.....	41
4.5.1	Planerische Hinweise	41
4.5.2	Unterlagen zu Durchflussmeseinrichtungen	42
4.5.3	Betriebliche Erfordernisse	43
4.6	Prüfberichte	43
5	Drosseleinrichtungen an Regentlastungen	45
5.1	Aufgabe und Anforderungen an Drosseleinrichtungen.....	45
5.2	Typisierung von Drosseleinrichtungen	46
5.2.1	Grundlagen	46
5.2.2	Abflusssteuerungen	47
5.2.3	Abflussregler	47
5.2.4	Aufstellungsarten von Drosseleinrichtungen	48

5.3	Beschreibung der Drosselgrundtypen	49
5.3.1	Drosselorgane ohne bewegliche Teile	49
5.3.1.1	Grundlegende Klassifizierung	49
5.3.1.2	Rohrdrosseln.....	50
5.3.1.3	Drosselblenden und Drosselschieber.....	50
5.3.1.4	Wirbeldrosseln und Wirbelventile	50
5.3.2	Drosselorgane mit beweglichen Teilen.....	51
5.3.2.1	Mechanische Steuerungen	51
5.3.2.2	Elektromechanische Steuerungen	51
5.3.2.3	Waage- und Strahldrosseln.....	52
5.3.2.4	Mechanische Regler (unechte Regler).....	52
5.3.2.5	Elektromechanische Regelungen	52
5.3.2.6	Pumpenanlagen als Drosselorgane	53
5.4	Kriterien für Auswahl, Auslegung, Anordnung und Ausstattung von Drosseleinrichtungen	53
5.4.1	Vorbemerkung.....	53
5.4.2	Anordnung der Drossel im System.....	54
5.4.3	Auswahl des Drosselftyps	54
5.4.4	Absperr-Schieber	55
5.4.5	Rohrführung im Unterwasser	55
5.4.6	Anordnung und Größe der Einstiege.....	56
5.4.7	Beleuchtung, Belüftung, Platzverhältnisse	56
5.4.8	Explosionsschutz.....	56
6	Prüfung der Regentlastungen und Regenrückhaltebecken nach Anhang 2 EKVO	57
6.1	Allgemeines.....	57
6.2	Bauzustandsprüfung.....	57
6.3	Betriebliche Prüfung	58
6.3.1	Allgemeines.....	58
6.3.2	Sichtprüfung	58
6.3.3	Funktionstest.....	59
6.4	Hydraulische Prüfung	59
6.4.1	Allgemeines.....	59
6.4.2	Maßgebende Einstaubereiche	60
6.4.2.1	Hauptschluss	60
6.4.2.2	Nebenschluss	60
6.4.3	Zulässige Messfehler und Abweichungen	61
6.5	Beschreibung der Prüfmethode für die hydraulische Prüfung	62
6.5.1	Einführung und Prüfstrategien.....	62
6.5.2	Trockene Prüfmethode.....	64

6.5.2.1	Prinzip.....	64
6.5.2.2	Kontrolle von Drosselanlagen ohne bewegliche Teile.....	64
6.5.2.3	Mechanische oder elektromechanische Abflusssteuerungen	66
6.5.3	Nasse Prüfmethode n.....	66
6.5.3.1	Volumetrische / gravimetrische Methoden.....	66
6.5.3.2	Prüfung von Drosseln mit bekannter Abflusscharakteristik ohne Vergleichsmessung.....	66
6.5.3.3	Vergleichs-Abflussmessung bei Entleerung (nasse Prüfung)	67
6.5.3.4	Langzeit-Vergleichsmessung.....	67
6.6	Komponenten und Eigenschaften zur Erleichterung der hydraulischen Prüfung	68
6.6.1	Vorbemerkungen.....	68
6.6.2	Hydraulisch definierte und dokumentierte Ausflussbeiwerte	68
6.6.3	Exakte Dokumentation der Geometrie	68
6.6.4	Messbarkeit der Stellbewegung.....	68
6.6.5	Örtliche Anzeigen.....	68
6.6.6	Anleitung zum Funktionstest.....	69
6.6.7	Einbaumöglichkeit für mobile MID.....	69
6.6.8	Künstliche Füllmöglichkeit.....	69
6.7	Prüfberichte.....	69
7.	Literaturverzeichnis	73
	Anlagen.....	75

Verzeichnis der Abbildungen

Bild 1:	Bezeichnungen und Längenverhältnisse am Venturi-Kanal.....	18
Bild 2:	Zulässiger relativer Unterwasserstand h_u/h_o als Funktion des Einschnürungsverhältnisses b_e/b_o	21
Bild 3:	Messschacht mit induktiver Messeinrichtung in einer Abwasserleitung	23
Bild 4:	Funktionsprinzip der magnetisch-induktiven Durchflussmessung	24
Bild 5:	Zu vermeidender Absturz in einem OW-Übergangsschacht	26
Bild 6:	Lufteintrag durch Absturz bei überstauter Zulaufleitung zum MID-Messschacht.....	27
Bild 7:	Vor- und Nachlaufängen für vollgefüllte MID-Aufnehmer	29
Bild 8:	Zulässige Abweichungen bei Durchflussmeseinrichtungen.....	36
Bild 9:	Aufstellungsarten von Drosselorganen	48
Bild 10:	Typisierung von Drosselorganen.....	49
Bild 11:	Beurteilung von Abflusskurven bei Drosselanlagen	61

Verzeichnis der Anlagen

- Anlage 1: Stammdatenblatt
Anlage 2: Datenblatt für die Bauzustandsprüfung
Anlage 3a: Datenblatt für die betriebliche Prüfung – Sichtprüfung
Anlage 3b: Datenblatt für die betriebliche Prüfung – Funktionstest
Anlage 4: Prüfbescheinigung für die hydraulische Prüfung einer Durchflussmesseinrichtung
Anlage 5: Prüfbescheinigung für die hydraulische Prüfung einer Drosseleinrichtung

Verzeichnis der Abkürzungen

AD	Analog-Digital
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
DA	Digital-Analog
DCF	Zeitzeichensender
DFÜ	Datenfernübertragung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
EKVO	Abwassereigenkontrollverordnung des Landes Hessen
EN	Europäische Norm
EW	Einwohnerwert
GVBl	Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Hessen
HAbwAG	Hessisches Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz
HLUG	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
HLNUG	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
HMULF	Hessischen Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten
HMU KL V	Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
ISO	International Organization for Standardization (Die Internationale Organisation für Normung)
MID	Magnetisch-induktive Durchflussmesser
NW	Nennweite
OW	Oberwasser
PLS	Prozessleitsystem

SMUSI	Standardsoftware für Schmutzfrachtsimulationsmodell, Hessen
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
VDE	Verband der Elektrotechnik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Vorwort

Im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (HMULF) war in den Jahren 1999/2000 eine Arbeitsgruppe tätig, die neben der Novellierung der damaligen Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO) auch Merkblätter erarbeitete, die die Bestimmungen der EKVO in der Fassung vom 21. Januar 2000 erläutern und deren Umsetzung unterstützen sollten. Veranlasst durch die Arbeit dieser EKVO-Arbeitsgruppe erstellte eine Unterarbeitsgruppe auf der Basis eines bereits im Jahr 1996 herausgegebenen Merkblatts „Durchflussmessung auf Abwasserbehandlungsanlagen und ihre Kontrolle“ die im vorhergehenden Merkblatt D 2.0 enthaltenen Hinweise zu den am häufigsten vorkommenden Methoden der Durchflussmessung sowie deren Einsatzbedingungen und Prüfmethode.

Im Zuge der Neufassung der EKVO im Jahr 2010 wurde auch eine Überarbeitung der Merkblätter erforderlich. Anlass waren die Aufnahme von Drosselorganen ohne bewegliche Teile in die Prüfpflicht sowie die Weiterentwicklung bei Prüfmethodik und Gerätetechnik.

Das „Merkblatt zum Anerkennungsverfahren - Prüfstellen für Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane“ (D 1.10) und das vorliegende Merkblatt „Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen“ (D 2.10) sollen zukünftig alle zur Anerkennung von Prüfstellen und Umsetzung der EKVO nötigen Informationen enthalten.

Die im „Merkblatt zur Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)“ (HMULF, 2001) enthaltenen Hinweise zu Fehlergrenzen und das dort beschriebene Verfahren zur Beurteilung von Messergebnissen wurden inhaltlich in das hier vorliegende Merkblatt D 2.10 übernommen.

Neu sind in diesem Merkblatt die Hinweise zur hydraulischen Prüfung von Drossel-einrichtungen ohne bewegliche Teile sowie von Pumpen, die als Drossel wirken.

Das Merkblatt wurde von den beiden staatlichen Prüfstellen an der TU Darmstadt und der Universität Kassel in Abstimmung mit den anerkannten Prüfstellen, dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) und dem Hessischen Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) unter Beteiligung der hessischen Wasserbehörden erstellt.

1. Einleitung

Dieses Merkblatt basiert auf dem Merkblatt „Durchflussmesseinrichtung und Drosselorgane in Abwasseranlagen“ (D 2.00), das im Jahr 2001 vom damaligen Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie herausgegeben wurde. Nach der Neufassung der EKVO vom 23. Juli 2010 (GVBl. I, S. 257), zuletzt geändert durch Verordnung vom 3. November 2015 (GVBl. S. 392), wurde eine Überarbeitung der zugehörigen Merkblätter D 1.0 und D 2.0 aus folgenden Gründen erforderlich:

- Erweiterung der Prüfpflicht auf Drosselorgane ohne bewegliche Teile
- Erweiterung der Prüfpflicht auf Pumpenanlagen, die eine Drosselfunktion haben.
- Außerkrafttreten des „Merkblatt zur Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)“ (HMULF, 2001), das Hinweise zu Fehlergrenzen und Beurteilungskriterien enthielt.
- Herausgabe von Neufassungen einschlägiger technischer Regelwerke der DWA (DWA-A 110; DWA-A 111; DWA-A 166; DWA-M 181), denen ergänzende Hinweise entnommen werden können.

Das Merkblatt D 1.0 (HLUG, 2001) wurde Anfang 2011 überarbeitet und mit der Bezeichnung D 1.10 auf der Internetseite des HLUG veröffentlicht.

Das hier vorliegende umfassend überarbeitete Merkblatt (D 2.10) ist im Wesentlichen veranlasst durch die neue Prüfpflicht für Drosselorgane ohne bewegliche Teile und von Pumpenanlagen, die drosselnd wirken. Gründe für die Erweiterung der Prüfpflicht waren:

- Neue Prüf- und Messmethoden verfügbar für Pumpendruckleitungen und teilgefüllte Rohre
- Differenzen zwischen Planung und Bauwerksausführung
- Vielfach beobachtete Mängel in der Unterhaltung und Wartung von bisher nicht prüfpflichtigen Drosseln, wie
 - Verschmutzungen und Ablagerungen
 - defekte oder verstellte Drosselblenden
 - Verstopfungen
 - Fehlende oder verstopfte Belüftung
 - Manipulierte Blendenringe bei Wirbeldrosseln
 - Häufiger Rückstau
 - Verschleiß an Pumpenlaufrädern
- Schwierigkeiten bei der Auslegung einer Abwasserpumpe auf einen bestimmten Sollabfluss
- Erfahrung, dass Drosselanlagen bei Fortschreibung des Entwässerungsplanes mit Änderung des Drosselabflusses nicht oder mit großer Verzögerung angepasst werden.

Aufgrund der von den Prüfstellen nach § 11 EKVO festgestellten Mängel, die sich im Wesentlichen auf eine nicht ordnungsgemäße Unterhaltung der Anlagen zurückführen lassen, sah sich der Verordnungsgeber zu einer Erweiterung der Prüfpflicht in der EKVO veranlasst. Hierdurch wird das Ziel verfolgt, die vorhandenen Mängel im Sinne des Gewässerschutzes zeitnah zu erkennen, aktenkundig zu dokumentieren und sachgerecht zu beheben.

2. Eigenkontrolle nach Anhang 2 und 3 EKVO

Nach Anhang 2 und 3 (Tabelle) der EKVO sind sowohl in Bezug auf die Durchflussmeseinrichtungen auf Kläranlagen als auch bei Drosselorganen an Regenentlastungen regelmäßig durch den Betreiber veranlasst hydraulische, bauliche und betriebliche Prüfungen durch Prüfstellen nach § 11 EKVO durchzuführen.

Durchflussmeseinrichtungen auf Kläranlagen (ab einer Ausbaugröße von 1.000 EW):

- Hydraulische Prüfung: 5-jährliche Kontrolle der Durchflussmeseinrichtungen durch Prüfstellen nach § 11 EKVO
- Betriebliche Prüfung: Laufende Überwachung der Einrichtungen im Rahmen der Verpflichtung zur Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik nach § 60 WHG durch den Betreiber

Eigenkontrolle an Regenentlastungen und Regenrückhaltebecken:

- Hydraulische Prüfung: 5-jährliche Prüfung der Drosselorgane auf ausreichend genaue Funktion durch Prüfstellen nach § 11 EKVO (nur Regenwasserbehandlungs- und Rückhalteanlagen im Mischsystem).
- Bauliche Prüfung (Bauzustandsprüfung): Jährliche Kontrolle der Bausubstanz und der Einrichtungen durch den Betreiber oder Beauftragten des Betreibers
- Betriebliche Prüfungen:
 - Mindestens monatliche Sichtprüfung auf Betriebszustand und Ablagerungen durch den Betreiber oder Beauftragte des Betreibers
 - Mindestens vierteljährlicher Funktionstest der mechanischen und elektromechanischen Komponenten durch den Betreiber oder Beauftragten des Betreibers

Die Prüfstellen nach § 11 EKVO haben die Aufgabe, diejenigen Kontrollen und Prüfungen durchzuführen, die besondere Qualifikationen, Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Hydraulik und Hydrometrie benötigen. Überdies müssen diese Prüfstellen hydrometrische Geräte einsetzen können, die über die übliche Ausstattung eines Ingenieurbüros oder eines Betreibers hinausgehen.

Zur Vorbereitung der Vergabe von Prüfaufträgen sollte der Auftraggeber sich zunächst eine Übersicht über die staatlichen Prüfstellen und die nach § 11 EKVO anerkannten Prüfstellen verschaffen. Eine aktuelle Zusammenstellung ist bei der Aner-

kennungsbehörde, dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG), oder über das Internet (www.hlnug.de; unter Fachbereich „Wasser“ → „Abwasser“ → „Anerkennungen“) zu erhalten.

Die Anbieter sollten aufgefordert werden, in ihren Angeboten die voraussichtliche Methodik sowie den Untersuchungsumfang anzugeben. Bei der Prüfung der Angebote sollte der Untersuchungsumfang anhand der Hinweise in diesem Merkblatt beurteilt werden. In Zweifelsfällen kann der Untersuchungsumfang in Abstimmung mit der Wasserbehörde festgelegt werden.

Bei umfangreichen Untersuchungen, die zeitlich gestreckt werden müssen, sollten mit der zuständigen Wasserbehörde eine Reihenfolge und ein Zeitplan abgestimmt werden. Bei neu geplanten Anlagen ist es empfehlenswert, schon bei der Konzepterstellung für die Messeinrichtung und bei der Systemauswahl eine anerkannte Prüfstelle nach § 11 EKVO hinzuzuziehen, da die dort vorhandenen hydrometrischen Spezialkenntnisse dazu beitragen können, dass die Messeinrichtungen ihre Aufgabe mit hoher Präzision erfüllen und mit vertretbarem Aufwand genau überprüfbar sind. Wenn in der Planungsphase keine Beteiligung einer Prüfstelle vorgesehen ist, sollte im Zuge der wasserrechtlichen Abnahme eine Prüfung nach EKVO durchgeführt werden. Diese kann bereits in das Leistungsverzeichnis für die messtechnische Ausstattung aufgenommen werden.

3. Durchflussmesseinrichtungen auf Kläranlagen

3.1 Vorbemerkung

Mit dem DWA-Merkblatt M 181 ist im September 2011 eine Zusammenfassung des Standes der Wissens und der Technik zur Hydrometrie in Entwässerungsanlagen erschienen, auf das die nachfolgenden Ausführungen vielfach Bezug nehmen. Das vorliegende Merkblatt D 2.10 behandelt vertieft den Aspekt der Überprüfung und Kontrolle. Zudem werden konkrete Empfehlungen zur konstruktiven Gestaltung des messtechnischen Umfeldes (z.B. zur Vermeidung von Luft in Magnetisch-induktive Durchflussmessern - MIDs) gegeben.

3.2 Überblick über die Messmethoden

3.2.1 Venturi-Kanäle und bauartkalibrierte Messrinnen (hydraulische Verfahren)

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

Die auf Kläranlagen anzutreffenden Venturi-Rinnen haben häufig Rechteckquerschnitte. Für die Wasserstandsmessungen werden vorzugsweise Ultraschall-Echolote eingesetzt.

Die Messsysteme bestehen aus einer Messrinne, meist als Fertigteil, einem Ultraschall-Sensor und einem Ultraschall-Messumformer. Die Verbindungsleitung zwischen

Ultraschallsensor und Umformer kann sehr lang sein, so dass der Messumformer im Schaltschrank oder im Betriebsgebäude angeordnet werden kann.

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

Vorteile des hydraulischen Messverfahrens:

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

Nachteile:

- Wasserstandsmessung kann durch Wellen, Schaum, Spinnenweben, etc. beeinträchtigt werden,
- örtliche Bedingungen wie Rauheit, Sohlgefälle, nicht reguläre Querschnitte, Sonden und Probenahmeschläuche haben gewisse negative Einflüsse auf das Messergebnis,
- Höhendifferenz zwischen Ober- und Unterwasserspiegel ist erforderlich,
- der Fließwechsel in der Engstelle darf nicht durch Rückstau beeinflusst werden,
- Ablagerungsgefahr im Oberwasserkanal bei zu geringen Fließgeschwindigkeiten,
- wegen des Lichtzutritts können auch in Kläranlagenabläufen die Messrinnen durch Algen und Sielhäute beeinträchtigt werden. Eine regelmäßige Reinigung verhindert dies jedoch zuverlässig.

3.2.2 Magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID)

Magnetisch-induktive Durchflussmesser werden derzeit als Vollfüllungs-MIDs überwiegend in Kläranlagenabläufen eingesetzt. Sie arbeiten nach dem Prinzip einer Geschwindigkeitsmessung in einem bekannten Fließquerschnitt, wobei durch Vollfüllung des Rohres dafür gesorgt wird, dass der Fließquerschnitt bekannt ist. Zunehmend kommen induktive Durchflussmesser für Teilfüllung zum Einsatz, die jedoch eher im Zulauf von Kläranlagen ihre Bedeutung haben.

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

Vorteile:

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

Nachteile:

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

Teilgefüllte induktive Durchflussmesser stellen höhere Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Anströmung. Sie besitzen eine untere Messbereichsgrenze bei einer Füllhöhe von etwa 10 % des Durchmessers. Besonders empfindlich reagieren sie auf schießende Strömung mit stehenden Wellen insbesondere dann, wenn an den Flanschen und Anschlüssen die Rohrsohle bzw. Rohrwand nicht absolut eben durchgeht. Ihr Einsatz ist deshalb auf besondere Situationen in Kläranlagenzuläufen beschränkt.

3.2.3 Geschwindigkeitsprofile erfassende sohlgebundene Durchflussmesser

Für die Abflussmessung in teilgefüllten Rohren und Gerinnen stehen seit einigen Jahren profilierende Messsysteme zur Verfügung. Diese erfassen mit Ultraschall sowohl die Wassertiefe als auch das vertikale Geschwindigkeitsprofil. Die Geschwindigkeitsverteilung in einer Messlinie wird typischerweise in mehreren Ebenen aufgelöst. Bei den kleinen Abflusstiefen in Rohrleitungen werden jedoch nur wenige Messebenen erfasst und für die Profilbildung verwertet. Die Geräte berechnen aus dem Vertikalprofil der Geschwindigkeit den Querschnittsmittelwert und bestimmen mit der über die Abflusstiefe berechneten durchflossenen Fläche den Abfluss. Die Messunsicherheiten sind schwer einzuschätzen, daher ist eine Kalibrierung vor Ort erforderlich. Die Erfahrungen zeigen, dass ein zuverlässiger Dauerbetrieb im Rohabwasser nur mit intensiver Wartung unter Berücksichtigung der hydrometrischen Randbedingungen und der Einbauvorschriften möglich ist.

3.2.4 Andere Messsysteme

Als Sonderlösungen sind Messwehre, Rückstau-Venturi-Kanäle und Ultraschall-Messsysteme für geschlossene oder offene Leitungen anzusehen.

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

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

- Geometrie der Wehrkante in der Ansicht und im Längsschnitt,
- Anström- und Kontraktionsbedingungen,
- Messort für den Oberwasserstand,
- korrekte höhenmäßige Justierung der Wasserstandsmessung,
- Vermeidung kleiner Überfallhöhen wegen Verfälschung durch Oberflächen-

spannungseffekte (Dreieckwehr: $h_o > 50$ mm),

- ausreichende Belüftung des Überfallstrahls; richtige Strahlablösung,
- Verwendung der korrekten Abflusskurve.

Bei rückgestauten Fließverhältnissen ist der sogenannte Rückstau-Venturi-Kanal einsetzbar, bei dem durch zusätzlichen Einsatz eines Geschwindigkeitssensors in der länger ausgebildeten Engstelle eines Venturi-Gerinnes die Messung auch dann fortgesetzt werden kann, wenn infolge Rückstau der Fließwechsel in der Messrinne verschwindet. Durch Auswerten der Bernoulli-Gleichung für den Wasserstand im Oberwasser und die Geschwindigkeit in der Engstelle ist unter Berücksichtigung der Geometrie die Berechnung des Abflusses möglich (Hassing, 1999).

Ultraschall-Durchflussmesser nach dem Laufzeitprinzip stellen höhere Anforderungen an die Gleichförmigkeit der Anströmung und damit an die Länge der ungestörten Vorlaufstrecke als Vollfüllungs-MID. Ultraschall-Durchflussmesser kommen deshalb nur in Sonderfällen insbesondere bei größeren Gerinnebreiten und Durchmessern in Betracht, wo Kostenvorteile bestehen.

Die technische Entwicklung bei den Ultraschallgeräten machte solche zum Aufschneiden allgemein verfügbar, die zum Teil sogar mit zwei Sensorpaaren arbeiten. Wenn die Sensorpaare den Querschnitt in einem Winkel von 60 bis 90 Grad zueinander durchschallen, ergibt der Mittelwert der beiden separaten Geschwindigkeitswerte einen wesentlich besseren Mittelwert und damit einen genaueren Durchfluss. Damit können auch dann akzeptable Messunsicherheiten erhalten werden, wenn die Zuströmverhältnisse nicht optimal sind.

3.3 Auswahlkriterien

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

Venturi-Kanäle mit Ultraschall-Wasserstandsmessung und digitaler Linearisierung stellen eine wirtschaftlich günstige und erprobte Messmethode dar. Die Messstellen sollten mit vorgefertigten, typgeprüften Messrinnen ausgestattet werden. Bei vertretbarem betrieblichem Aufwand und guter Kontrollierbarkeit wird damit eine voll ausreichende Messgenauigkeit erreicht.

Magnetisch-induktive Durchflussmesser sind dann angebracht, wenn

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

das Venturi-Gerinne sichergestellt ist (Abflusskurve). Wenn der Oberwasserstand mit einem dazu geeigneten Gerät gemessen wird, lässt sich daraus unter Anwendung der Abflusskurve der Durchfluss berechnen. Die in den Messgeräten vollzogene Umsetzung von Oberwasserständen in die korrespondierenden Abflüsse nennt man auch Linearisierung. Wasserstandsmessgeräte (Ultraschall oder Radar) besitzen in der Regel diese Funktionalität.

Als Durchflussmessgeräte besitzen sie darüber hinaus die Funktion der Integration der Momentanwerte des Durchflusses zu Mengen mit der Erzeugung von Mengimpulsen, wenn die einem Impuls zugeordnete Menge (Impulswertigkeit) überschritten ist. Die Impulse werden als elektrisches Signal oder als Relaiskontakt ausgegeben und können von empfangenden Geräten gezählt werden.

3.4.3 Typisierung

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

- a) Standard-Kanäle nach DIN 19559, Teil 2,
- b) bauartkalibrierte Rinnen, die als Fertigteile eingebaut werden, in verschiedenen Formen (Khafagi-Venturi, Parshall-Rinne, Palmer-Bowlus-Rinne etc.),
- c) Rechteck-Rinnen mit mäßig langer Drosselstrecke (meist Ortbeton),
- d) Sonderformen.

Die vorstehenden Grundtypen unterscheiden sich in den Abflusskurven:

Bei Standard-Rinnen nach a) ist die Abflusskurve theoretisch berechenbar. Die Berechnung kann anhand der in DIN 19559 angegebenen Gleichung 20 mit anschließender Korrektur des Reibungseinflusses nach den dortigen Abschnitten 4 und 5 erfolgen.

Typgeprüfte Fertigteile-Rinnen nach b) werden im hydraulischen Labor kalibriert. Ihre Durchflusscharakteristik ist innerhalb einer Modellfamilie auf die gesamte Baureihe übertragbar. Die Abflusskurve wird vom Hersteller mitgeliefert; sie kann bei korrektem Einbau der Rinne als maßgebend und richtig angesehen werden. Damit kann bei einwandfreiem Einbau und Betrieb die Hersteller-Abflusskurve einer Prüfung zugrunde gelegt werden.

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

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

3.4.4 Hydraulisch-hydrometrische Anforderungen an Venturi-Kanäle

3.4.4.1 Vorbemerkung

Die hydraulischen und hydrometrischen Anforderungen folgen aus dem hydraulischen Grundprinzip und der Funktionsweise. Unter Bezug auf Bild 1 sind die nachfolgend beschriebenen Bedingungen einzuhalten.

3.4.4.2 Bezugsniveau für Wasserstandsmessung

Zur Berechnung von Durchflüssen aus gemessenen Höhen sind Höhenmesswerte aus einem Höhensystem zu verwenden, dessen Nullpunkt im hydraulisch wirksamen Null-Niveau liegt. Dieses Null-Niveau befindet sich aus hydraulischen Gründen in der Höhe der Rinnensohle an dem Punkt, an dem sich die Grenztiefe einstellt. Der Ort des Auftretens der Grenztiefe ist innerhalb des eingeschnürten Bereichs normalerweise nicht exakt anzugeben, woraus sich die Forderung ergibt, dass die Sohle hier horizontal liegen muss. Dies muss in der Praxis überprüft werden. Da in der Praxis manchmal fälschlicherweise die Sohle unter dem Höhensensor als Nullniveau verwendet wird, sind in Bild 1 die maßgeblichen Höhenbezüge verdeutlicht.

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

Die Sohlhöhe direkt unter der Wasserstandsmessung ist für die Höhenmessung nicht maßgebend. Zur Einjustierung von Wasserstandsmessern muss deshalb immer ein Höhenvergleich mit dem hydraulisch maßgebenden Sohlpunkt im eingeschnürten Querschnitt vorgenommen werden (Bild 1). Allerdings darf die Sohle unter dem Sensor wegen der nur geringen zulässigen Gefälle höhenmäßig nicht stark vom Nullniveau abweichen.

3.4.4.3 Erforderliches Verbauungsverhältnis (Einschnürungsverhältnis)

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

3.4.4.4 Zulässiger Unterwasserstand

Bei der hydraulischen Abflussmessung muss der Unterwasserstand so niedrig bleiben, dass der Fließwechsel (Grenztiefe) in der Einschnürung nicht überstaut wird. Die zulässige Unterwassertiefe lässt sich unter Anwendung des Impulssatzes (konjugierte Tiefen des Wechselsprungs) rechnerisch ermitteln. Bild 2 zeigt als Ergebnis einer solchen Berechnung für Rechteckquerschnitte, dass das Verhältnis der Unterwassertiefe zur Oberwassertiefe nicht vom Abfluss, sondern vom Einschnürungsgrad abhängt. Bei Venturi-Kanälen, die sich allmählich wieder aufweiten, ist der zulässige Unterwasserstand größer als bei solchen mit abruptem Ende.

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

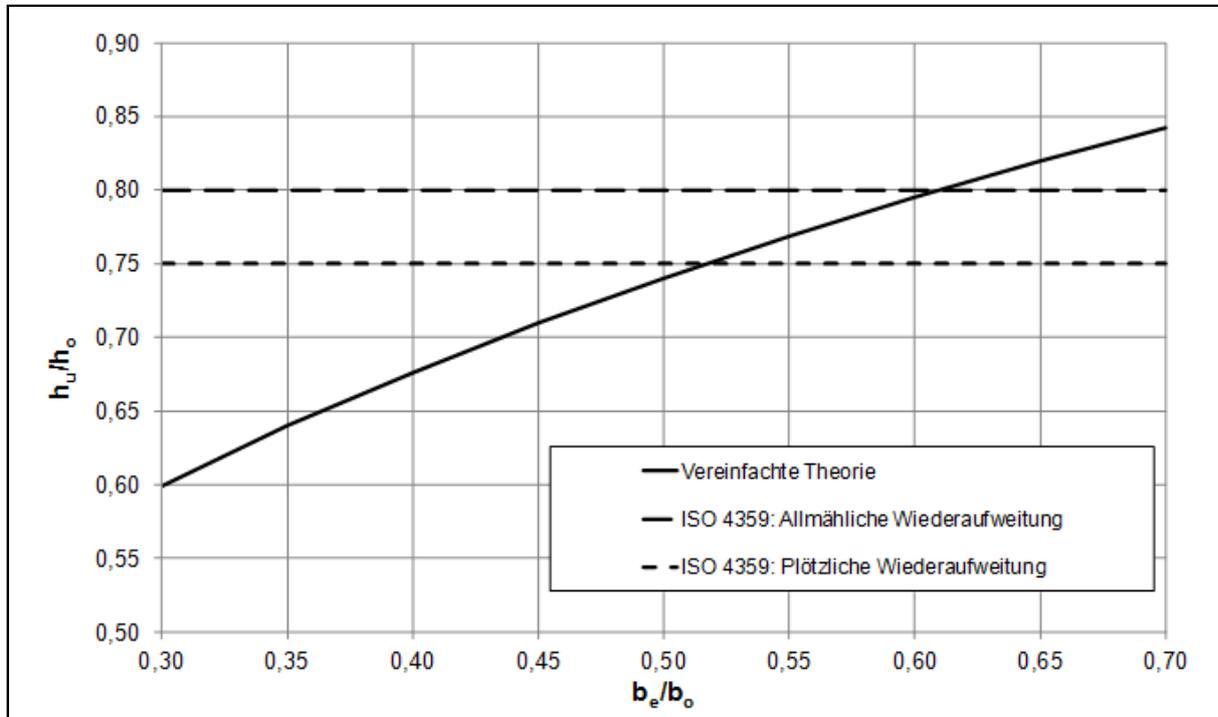


Bild 2: Zulässiger relativer Unterwasserstand h_u/h_o als Funktion des Einschnürungsverhältnisses b_e/b_o
(vereinfachte Theorie: Konjugierte Tiefe des Wechselsprungs auf ebener Sohle für einen Verlust in Höhe von 10% der Grenzgeschwindigkeitshöhe)

3.4.4.5 Messort für Oberwasserstandsmessung

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

3.4.4.6 Beruhigungsstrecke im Oberwasser

Damit sichergestellt ist, dass der Wasserstand eine gute Information über die Energiehöhe im Oberwasser liefert, muss die Geschwindigkeitsverteilung in der Anströmung annähernd der normalen turbulenten Geschwindigkeitsverteilung entsprechen. Dies wird erreicht durch eine ausreichend lange, gerade Einlaufstrecke. Für diese Strecke gelten folgende Bedingungen:

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

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

Sehr problematisch sind Querschnittsübergänge, bei denen das Wasser strahlartig in die Einlaufstrecke eingeleitet wird. Der Strahl legt sich dem Coanda-Effekt folgend an eine seitliche Wand an und bleibt über eine große Länge des Gerinnes erhalten. In solchen Fällen ist eine Beruhigungsstrecke mit einer Länge von $20 \times b_0$ erforderlich. Das gleiche gilt nach DIN 19559 für den Fall, dass oberstrom der Venturi-Rinne ein Wechselsprung auftritt. In normalen Fällen sieht die DIN 19559 eine Einlaufstrecke der Länge $10 \times b_0$ vor.

Beim Gefälle des Zuströmkanals ist Folgendes zu beachten (siehe auch Bild 1):

Abschnitt 1: Zulauf zur Beruhigungsstrecke bis Ort der Wasserstandsmessung:

In diesem Abschnitt sollte das Sohlgefälle so bemessen werden, dass für den Maximalabfluss Q_{\max} die Normalabflusstiefe h_{No} der Oberwassertiefe h_0 entspricht. Dies führt zu geringen Gefällen und strömendem Abflusszustand.

Abschnitt 2: Ort der Wasserstandsmessung bis Ende der Wiederaufweitung:

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

Abschnitt 3: Abschnitt unterstrom des Venturi-Kanals:

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

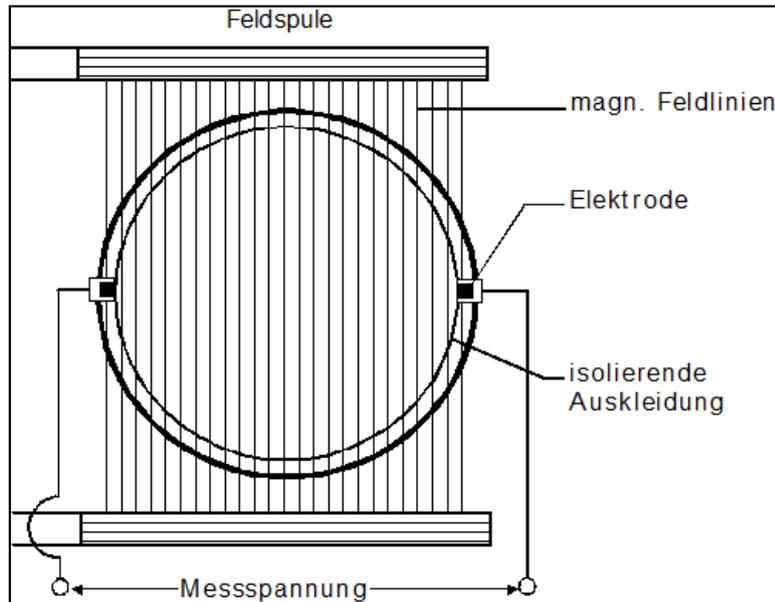


Bild 4: Funktionsprinzip der magnetisch-induktiven Durchflussmessung

3.5.3 Hydraulische und hydrometrische Kriterien

3.5.3.1 Allgemeines

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

- Sicherstellung der Rohrvollfüllung / hydraulische Berechnung
- Übergangschächte
- Lufteintrag
- Durchmesserwahl
- Ablagerungen
- Sicherstellung eines günstigen Geschwindigkeitsprofils

3.5.3.2 Sicherstellung der Rohrvollfüllung / hydraulische Berechnung

Um in MID-Aufnehmern eine Vollfüllung des Messrohres zu gewährleisten, muss eine Druckrohrströmung ohne freien Wasserspiegel vorliegen, die bei Anordnung der Messstelle in einer Freispiegelströmung durch Übergangschächte zu erzeugen ist.

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

Hochpunkt unterstrom des MID-Messrohres erreicht wird. Diese Tieferlegung des Messrohres wird als Dükerung bezeichnet.

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

3.5.3.3 Übergangsschächte

Die Übergangsschächte im Ober- und Unterwasser des MID müssen die Strömung in das Druckrohr überführen bzw. aus diesem in den Freispiegelabfluss überleiten. Der oberwasserseitige Übergangsschacht muss so gestaltet sein, dass die Strömung ruhig und ablösungsfrei in das Rohr überführt wird. Ablagerungen sollten im Übergangsschacht nicht entstehen.

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

3.5.3.4 Lufteintrag

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

Luftziehende Wirbel

Luftziehende Wirbel bilden sich, wenn der Zulaufquerschnitt nicht ausreichend hoch mit Wasser überdeckt ist. Als Faustwert für die erforderliche Überdeckung über der Rohrachse kann unter Bezug auf Bild 3 bei Zuströmung ohne Absturz gelten:

$$\frac{h_{\text{eff}}}{d} = 0,5 + 2Fr_d; \quad \text{mit} \quad Fr_d = \frac{v}{\sqrt{gd}} \quad \rightarrow \quad h_{\text{eff}} = \frac{d}{2} + 2v\sqrt{d/g}$$

Darin sind:

- h_{eff} = erforderliche Überdeckungshöhe über Einlaufachse in m
- d = Einlaufdurchmesser in m
- Fr_d = Froudezahl (dimensionslos)
- v = mittlere Einlaufgeschwindigkeit in m/s
- g = Erdbeschleunigung = 9,80665 m/s²;

Die Überstauhöhe des Rohreinlaufs kann durch Gegengefälle des Messrohres (Anstieg in Fließrichtung) vergrößert werden. Hierdurch wird auch die Vollfüllung (Dükerung) unterstützt, und es wird die Bildung großer Luftblasen verhindert.

Lufteintrag durch Absturz

Abstürze führen vielerorts dazu, dass Luft in die Strömung und in das Messrohr eingetragen wird. Zur Entlüftung kann je nach Turbulenzverhältnissen eine relativ lange Fließstrecke erforderlich sein, die meist nicht vorhanden ist. Deshalb sind Zuström-situationen mit Abstürzen direkt im Übergangsschacht unbedingt zu vermeiden. Als Regel kann gelten, dass die Strömung aus der Rohrleitung in den Übergangsschacht hinein nicht mehr durch Absturz beschleunigt werden sollte.

Sollte ein Absturzschaft notwendig sein, muss dieser vom MID-Übergangsschacht getrennt sein. Die Verbindungsleitung und der OW-Übergangsschacht dienen dann auch zur Entlüftung der Strömung. Eine zu große Geschwindigkeit muss in diesem Bereich durch geringes Gefälle und großzügige Dimensionierung vermieden werden.

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

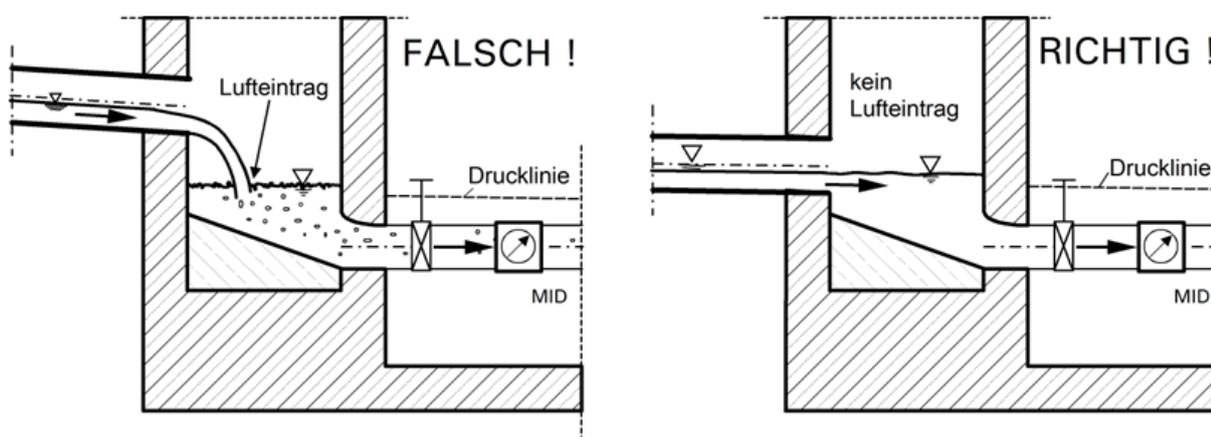


Bild 5: Zu vermeidender Absturz in einem OW-Übergangsschacht

Probleme mit Lufteintrag treten auch in den Abläufen von Nachklärbecken mit Sammelrinnen auf, wenn sich eine tiefer liegende Leitung zu einem Messschacht anschließt (Bild 6). Das abstürzende Wasser reißt Luft in die liegende Leitung mit. Dort sammelt sich bei normalem Gefälle die Luft zu größeren Blasen, die gegen die Strömung wandern und im Absturzschaft zum Ausblasen führen. Dieser Vorgang kann so große Abflussschwankungen erzeugen, dass nachfolgende Durchflussmeseinrichtungen gestört werden. Wirksames Gegenmittel ist die Verlegung des liegenden Druckleitungsabschnitts mit Gegengefälle. Dann kann die eingetragene Luft im OW-Übergangsschacht ohne Anregung von starken Schwankungen austreten. Im Bestand hilft die Ausbildung des senkrechten Astes als Wirbelfallschacht, bei dem der Lufteintrag vermindert ist und in der Mitte immer ein freier Querschnitt zur Entlüftung frei bleibt.

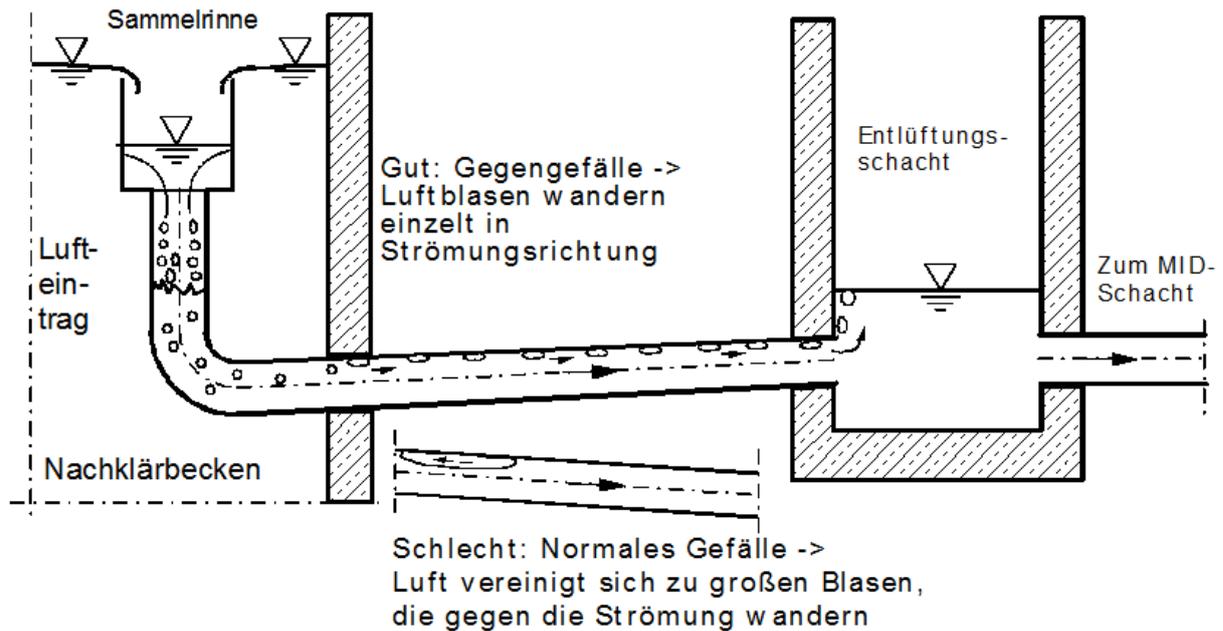


Bild 6: Luftpfeintrag durch Absturz bei überstauter Zulaufleitung zum MID-Messschacht

3.5.3.5 Durchmesserwahl

Der Durchmesser des MID-Aufnehmers bestimmt maßgeblich die sich einstellende Fließgeschwindigkeit. Induktive Durchflussmesser haben aus funktioneller Sicht ihren optimalen Betriebsbereich bei Fließgeschwindigkeiten zwischen ca. 0,25 und 10 m/s. Die Untergrenze des Messbereichs wird durch die bei kleinen Geschwindigkeiten zunehmenden Messfehler und die Ablagerungsgefahr markiert, während die Obergrenze durch die bei großen Geschwindigkeiten stark zunehmenden Verluste und die Ab- rasion durch Feststoffe bedingt ist.

Mit Ausnahme von Pumpendruckleitungen wird im Abwasserbereich der obere Teil dieses Messbereichs nicht erreicht, so dass MID in aller Regel bei Trockenwetter am unteren Rand dieses Bereiches betrieben werden.

Nach unten hin wird der MID-Durchmesser durch die möglichen oder zulässigen Verluste bei den großen Abflüssen bestimmt. Eine Möglichkeit, die Verluste bei großen Abflüssen in Grenzen zu halten und bei einem kleinen Durchmesser zu bleiben, besteht darin, vor und nach dem MID konische Übergänge zu schaffen. Wenn der Unterwasser-Konus einen Aufweitungswinkel der Wand (zur Achse) von nicht mehr als 4 bis 5 Grad hat, wird ein erheblicher Teil der kinetischen Energie wieder in Druck zurückverwandelt, wodurch der Verlust spürbar reduziert wird.

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

3.5.3.6 Ablagerungen

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

Der Rohrdurchmesser sollte so gewählt werden, dass die Fließgeschwindigkeiten zur Ausspülung von Ablagerungen und zur Sauberhaltung der Elektroden ausreichen. Nach Juraschek et al. (1984) sollte im Rohabwasser die Fließgeschwindigkeit bei nur schwach geneigter Rohrachse den Wert 0,40 m/s nur kurzzeitig unterschreiten. Um diesen Mindestwert einzuhalten, muss das MID ggf. im Querschnitt kleiner gewählt werden als die übrige Rohrleitung. In Kläranlagenausläufen ist die Ablagerungsgefahr zwar geringer, Sielhautbeläge auf den Elektroden sind hier aber auch möglich. Deshalb sollten auch im Auslauf Fließgeschwindigkeiten größer 0,25 m/s angestrebt werden.

3.5.3.7 Sicherstellung eines günstigen Geschwindigkeitsprofils

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

In Bild 7 sind einige typische für die Radialsymmetrie der Strömung störende Leitungsführungen dargestellt. Mit angegeben sind die erforderlichen Vor- und Nachlaufängen.

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

Die Länge bis zum Abklingen der Störungen ist sowohl vom Ausmaß der Störung als auch von der Rauheit des Rohres abhängig. Allmähliche Querschnittsverjüngungen mit einem Verjüngungswinkel von weniger als 4 Grad zur Achse sind innerhalb der Vor- und Nachlaufstrecken unproblematisch, da sie nicht zu Ablösungen führen. Armaturen im Fließquerschnitt selbst, wie bestimmte Typen von Drosselklappen, Rückschlagventilen oder Rückschlagklappen, erzeugen turbulente Nachlaufströmungen oder Wirbelstraßen mit extrem ungleichförmigen Geschwindigkeitsverteilungen oder turbulenten Scherschichten. Zum Abbau dieser Zonen erhöhter Turbulenz ist eine längere Strecke erforderlich, die das 10-fache des Rohrdurchmessers oder mehr betragen kann.

Durch Pumpen, aufeinanderfolgende Krümmer, die nicht in einer Ebene liegen, oder durch tangentialer Zuströmung in das Rohr wird Drall in der Strömung erzeugt. Rotierende Strömungskomponenten im Rohr bauen sich nur sehr langsam ab und benötigen lange Beruhigungsstrecken. Bei Klarwasser können Strömungsgleich-

richter, die einer durchgängigen Wabe ähnlich sind, Abhilfe schaffen. Im Abwasserbereich sind diese höchstens im Ablauf von Kläranlagen denkbar.

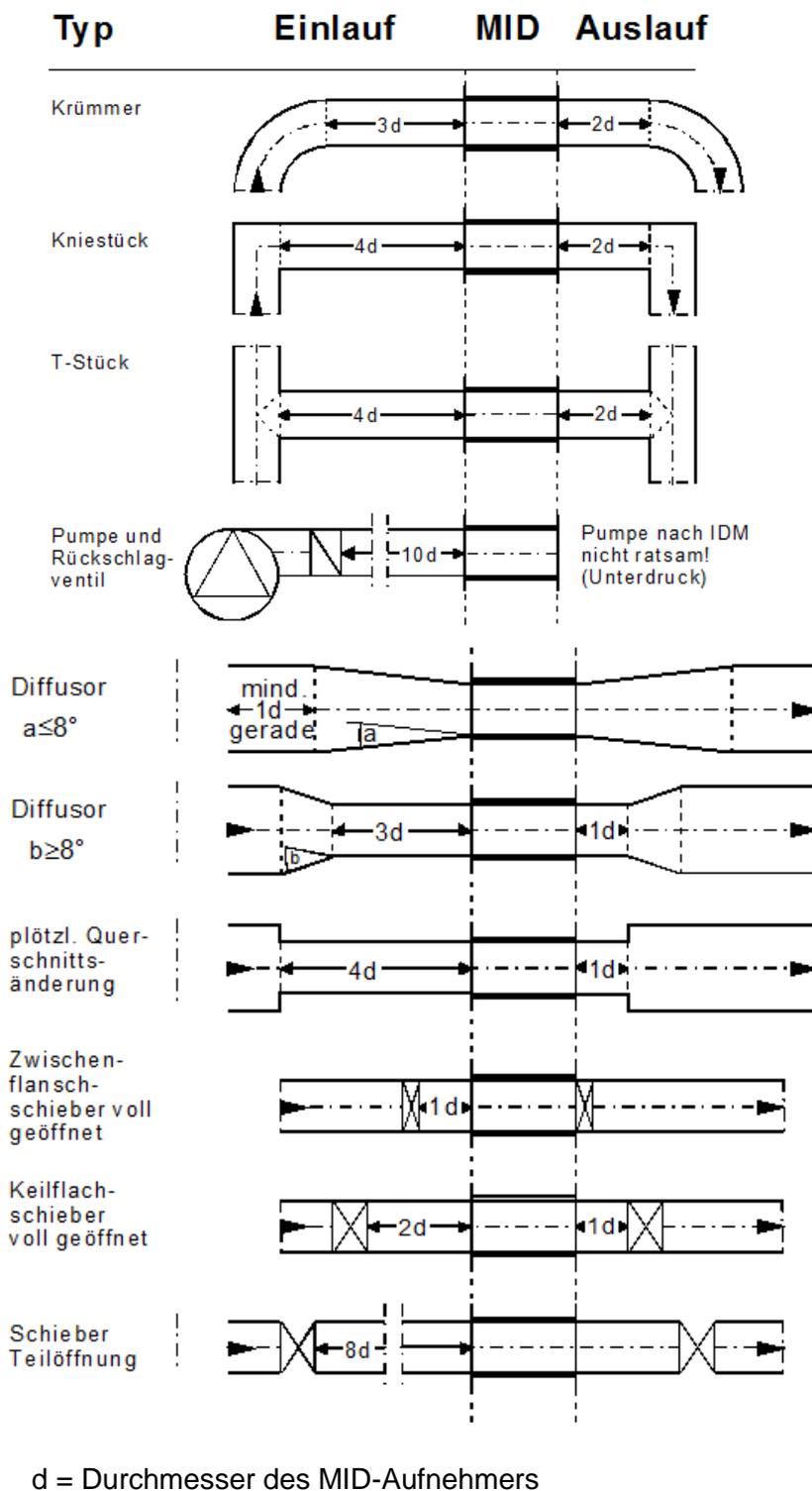


Bild 7: Vor- und Nachlaufängen für vollgefüllte MID-Aufnehmer (nach Hassinger, 1993)

3.6 Abflussmessung auf kleinen Kläranlagen

3.6.1 Hydrometrische Randbedingungen

In kleinen Kläranlagen sind die hydrometrischen Randbedingungen durch folgende besonderen Umstände gekennzeichnet:

- Stärkere Ausprägung des Tagesganges durch stärkere Synchronisierung infolge gleichförmigerer sozialer Struktur und fehlender Industrie
- Kleine Abflüsse in der Nacht (bis unter 1 l/s), da Abflussschwankungen bei kleinen Einzugsgebieten stärker ausgeprägt sind.
- Teilweise größere Spanne zwischen Trockenwetterabfluss und Mischwasserabfluss bei Regenwetter, da auf der Kläranlage Mischwasserbehandlung betrieben wird und die Drosselung vor der Kläranlage weniger stark und trennscharf ist.
- Je nach Zustand der Kanalisation und Jahreszeit hoher Fremdwasseranfall
- Mitunter weniger stabile Reinigungsleistung mit der Folge von stärkerem Siedhautwachstum im Auslaufbereich
- Abseitige Lage; ggf. seltenerer Kontrolle; Betriebspersonal weniger speziell ausgebildet und eingesetzt.

Diese Bedingungen machen es nötig, einfache Messtechniken in Betracht zu ziehen, die an größere Abflussschwankungen angepasst sind. Für kleine nächtliche Abflüsse sind z.B. auch Techniken aus der Sickerwassermessung in Betracht zu ziehen. Diesen Messtechniken ist gemeinsam, dass sie nur mit feststofffreiem, also gereinigtem Abwasser funktionieren. Daraus ergibt sich die klare Empfehlung, auf kleinen Kläranlagen die Mengenummessung im Ablauf anzuordnen, wie dies nach Anhang 3 EKVO gefordert wird.

3.6.2 Messverfahren für kleine Kläranlagen

3.6.2.1 Vorbemerkung

Die sich für kleine Kläranlagen anbietenden Messverfahren entsprechen im Prinzip den weiter oben beschriebenen Verfahren von größeren Kläranlagen. Sie sind jedoch an die Verhältnisse in kleinen Kläranlagen speziell angepasst. Von dem Gesamtspektrum der oben beschriebenen Verfahren ist nur ein Teil unter den besonderen Bedingungen kleiner Kläranlagen nutzbar.

3.6.2.2 Hydraulische Verfahren

Das unter Kap. 3.4 beschriebene hydraulische Verfahren des Venturi-Kanals ist auch bei kleinen Kläranlagen nutzbar, wenn die sehr kleinen Mindestabflüsse beachtet werden. Das hydraulische Verfahren des Messwehres (insbesondere scharfkantiges Dreieckwehr) erhält bei kleinen Kläranlagen eine besondere Berechtigung. Diese Verfahren können an die besonderen Verhältnisse in kleinen Kläranlagen wie folgt angepasst werden.

- a) Bei Venturi-Kanälen bietet es sich an, statt der üblichen Rechteckform eine Trapezform zu wählen. Der unten enge Trapezquerschnitt macht kleinste Ab-

flüsse messbar, während größere Abflüsse durch den oben weiteren Querschnitt ohne zu hohen Aufstau abgeführt werden. Auch hier sind Typkalibrierungen durchzuführen, die nach einer Auswertung über dimensionslose Beiwerte für eine geometrisch ähnliche Familie von Venturi-Kanälen gilt.

- b) Bei den Messwehren bietet sich wegen der Breite des Messbereichs und der guten Auflösung bei kleinen Abflüssen das Thomson-Wehr (scharfkantiges Dreieckwehr) an. Hinweise zur Gestaltung dieser Messwehre finden sich bei BOS (1976). Die Spreizung des Messbereichs kann gesteigert werden, indem der Dreieckswinkel abgestuft wird. Der untere Teil des Dreiecks erhält einen spitzeren Winkel und löst damit kleinste Abflüsse gut auf. Bei größeren Abflüssen bietet der obere mit größerem Winkel versehene Teil des Messwehres die bei Regenabfluss nötige Abflussleistung. Die üblichen Formeln sind bei dieser gegliederten Geometrie nicht mehr anwendbar. Es müssen deshalb Laborkalibrierungen durchgeführt werden. Die dabei ermittelte Abflusscharakteristik lässt sich jedoch auf andere Größen umrechnen, wenn das Messwehr geometrisch ähnlich vergrößert oder verkleinert wird.

Bei den hydraulischen Verfahren darf der Kontrollquerschnitt nicht durch Fremdkörper (Pflanzenreste, Gras- und Strohhalme, etc.) oder Anlagerungen (Sielhäute) verändert werden. Bei Venturi-Kanälen ist die Verlegungsgefahr eher gering, Sielhäute wachsen jedoch hier recht schnell. Deshalb ist es dringend notwendig und im Interesse des Betreibers ratsam, Venturi-Kanäle regelmäßig zu reinigen und im Zulauf von Messwehren z.B. mit Lochblechkörben Fremdstoffe zurückzuhalten.

Für beide Arten hydraulischer Kontrollbauwerke bietet der europäische Markt wegen bisher fehlender Nachfrage keine fertigen Lösungen an. Es ist jedoch vertretbar, hydraulische Labore beratend und zur Ermittlung der Abflusskurve einzuschalten.

3.6.2.3 Verfahren mit unterbrochenem Wasserstrom

Volumetrische Verfahren:

Die volumetrischen Verfahren beruhen darauf, den Abfluss in einem Gefäß zu sammeln, das nach Vollenfüllung schnell entleert wird. Dann sind folgende Auswertungen möglich:

- a) Die Anstiegsgeschwindigkeit des Wasserspiegels im Gefäß, z.B. in einem zylindrischen Tank oder in einem Schacht, wird mit einer registrierenden Wasserstandsmessung erfasst. Aus der Anstiegsgeschwindigkeit und der Wasseroberfläche lässt sich der Zufluss zum Gefäß präzise bestimmen. Wenn das Gefäß voll ist, muss es möglichst schnell ausgeleert werden, z.B. mit einem Heber oder einer großen Öffnung mit Verschlussorgan. Der Zufluss für die kurze Zeit der Entleerung kann dann als Mittelwert der Zuflüsse vor und nach der Entleerung rekonstruiert werden. Die Messunsicherheit dieser Methode wird von der Unsicherheit der Inhaltlinie (Funktion $V = f(h)$) bestimmt. Wegen unvermeidbarer Schwankungen der Wasserstandsmessung ist zur Bestimmung der Steiggeschwindigkeit mit einem geglätteten Signal zu arbeiten.
- b) Wenn im Ausnahmefall anstelle einer kontinuierlichen lediglich eine diskontinuierliche Abflussmessung sinnvoll ist, d. h. wenn es genügt, den aktuellen Durchfluss nur näherungsweise für einen vergangenen Zeitraum zu ermitteln, kann die Da-

tenerfassung auf das Zählen der Entleerungen des Gefäßes beschränkt werden. Zur Zählung der Entleerungsvorgänge stehen heutzutage sogenannte EVENT-Logger zur Verfügung, die auf Impulse warten und die bei Eintreffen eines Impulses nur Datum und Uhrzeit registrieren. Über eine Zählung der Entleerungen stehen sehr genaue Mengennmesswerte (z.B. Behälterinhalte pro Tag) zur Verfügung. Für die Zeitintervalle zwischen den Entleerungen kann der mittlere Abfluss berechnet werden, wobei sich dann eine getrepte Abflussganglinie ergibt.

Für die schnelle Entleerung von Behältern sind mehrere Prinzipien denkbar:

- a) Kippwaage: Bei diesem Prinzip bekommt ein speziell geformter und gelenkig gelagerter Behälter bei Vollfüllung ein Übergewicht und kippt um, wobei der Inhalt plötzlich ausläuft. Das nachfolgende Wasser fließt in die zweite geometrisch gleiche Kammer des Behälters. Die Kippbewegungen werden über einen Impulserfassung erkannt (Lichtschanke oder magnetisches Relais) und gezählt. Das Volumen des Kippgefäßes wird dabei nach dem größten zu erwartenden Abfluss ausgewählt.
- b) Schnellschlussarmaturen: In Schächten oder Kammern angesammeltes Wasser kann z.B. über pneumatisch betriebene Schieber rasch abgelassen werden. Hierzu ist eine technisch anspruchsvollere Mess- und Steuerungstechnik nötig.
- c) Abheber: Mit speziell gestalteten Hebern ist es möglich, einen Schacht oder einen Behälter zwischen einem Maximalwasserspiegel, bei dem der Heber anspringt, und einem Minimalwasserspiegel, bei dem die Heberströmung infolge Lufteintritt abreißt, rasch zu entleeren. Zur Erfassung dieser Ereignisse kann z.B. ein Schwimmerschalter benutzt werden.

Den genannten volumetrischen Verfahren ist gemein, dass sie eine vergleichsweise große Höhendifferenz zwischen Zu- und Ablauf benötigen, die im Wesentlichen durch den Hub des Wasserspiegels im Gefäß bestimmt wird.

Erhöhung kleinster Abflüsse durch unterbrochenen Betrieb:

Das auf kleinen Kläranlagen bedeutsame Problem des nach unten eingeschränkten Messbereichs von Durchflussmessgeräten in geschlossenen Rohren, wie z.B. magnetisch induktiven Messsystemen (MID), lässt sich lösen, indem der Wasserfluss unterbrochen wird. Durch den Anstau in Durchfluspausen lässt sich der Durchfluss in der verbleibenden Zeit vervielfachen. Wenn z.B. der Durchfluss in 2/3 der Zeit abgesperrt und nur in 1/3 der Zeit geöffnet wird, ist der zu messende Durchfluss 3 mal so groß.

Beispiele für unterbrochenen Betrieb sind:

- Anstau in einem Pumpensumpf; Abfördern mit einer Pumpe durch ein MID
- Anstau in einem Becken oder einem Teich; geregelter Ablass des Wassers durch eine Durchflussmessung

Generell gilt dabei: Der Auffangraum muss dicht sein. Die Oberfläche und die Speichereinhaltslinie spielen keine Rolle. Große Oberflächen, die Sonne und Wind ausgesetzt sind, können bei kleinsten Abflüssen zu Verfälschungen durch Verdunstung führen. Unterbrechungsbetrieb erfordert elektromechanische Antriebe oder Pumpen. Letztere können jedoch mit Schwimmerschalter sehr einfach ausgestattet sein.

4. Prüfung der Durchflussmeseinrichtungen auf Kläranlagen nach Anhang 3 EKVO

4.1 Durchflussmessung auf Kläranlagen

4.1.1 Rechtliche Vorgaben

Die Erfassung und Registrierung des Abwasserdurchflusses bei Abwasserbehandlungsanlagen ergänzt jede Probenahme. Während bei der qualifizierten Stichprobe der Momentanwert (l/s; m³/s) aufzuzeichnen ist, muss bei einer Mischprobe die zugehörige Durchflussmenge (m³/24 h, m³/2 h) registriert werden.

Auf Abwasserbehandlungsanlagen sind in Abhängigkeit von der Bemessungsgröße (Ausbaugröße) gemäß den Vorgaben in der Tabelle zu Anhang 3 EKVO vom Anlagenbetreiber Durchflussmessungen durchzuführen und die Daten aufzubereiten und zu speichern. Es sind auf allen Kläranlagen kontinuierlich arbeitende Durchflussmeseinrichtungen zu betreiben, die den Momentanwert des Durchflusses zu Durchflusssummen integrieren. In den meisten Fällen werden vom Gerät für jede abgeflossene Mengeneinheit elektrische Impulse erzeugt. Die jedem Impuls zugeordnete Menge wird als Impulswertigkeit bezeichnet. Diese Impulse sind zu zählen; die Abflussmengen sind für die in der Tabelle zu Anhang 3 EKVO eingetragenen 2-h- bzw. 24-h-Zeitintervalle zu speichern.

Auf Kläranlagen der Größenklasse 1 und 2 (d.h. bis < 5.000 EW) ist im Ablauf z. B. durch das Messgerät oder ein angeschlossenes Registriergerät die Tagesmenge immer zum gleichen Zeitpunkt (z. B. 24 Uhr) festzuhalten (Vorgaben in der Tabelle zu Anhang 3 EKVO: „K“ für kontinuierliche Messung und „24 h“ für Zeitintervall). Bei den größeren Kläranlagen (ab Größenklasse 3, d. h. 5.000 und mehr EW) sind die 2-Stunden-Mengen zu speichern (Eintragung: K; 2 h).

Nach § 6 Abs. 4 EKVO sind die in einem Kalenderjahr vorgenommenen Eintragungen in das Betriebstagebuch, zu denen auch die Mengenergebnisse zählen, für die Dauer der nachfolgenden drei Jahre zur Verfügung zu halten. Da diese Mengenergebnisse auch die Grundlage für die Ermittlung der Jahresschmutzwassermenge nach § 6 Abs. 1 des Hessischen Ausführungsgesetzes zum Abwasserabgabengesetz (HAbwAG) darstellen und der Wasserbehörde gemeinsam mit der Abwasserabgabenerklärung zum 31. März des Folgejahres vorzulegen sind, sind diese Werte mindestens bis zur behördlichen Festsetzung der Abwasserabgabe für das jeweilige Veranlagungsjahr durch den Anlagenbetreiber aufzubewahren.

Bei der Einrichtung und dem Betrieb sind folgende Richtlinien zu beachten:

- DIN 19559: Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen, Teile 1 und 2
- DIN EN ISO 6817: Durchflussmessung von leitfähigen Flüssigkeiten in geschlossenen Leitungen – Verfahren mit magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten
- DIN ISO 13359: Durchflussmessung von leitfähigen Flüssigkeiten in geschlossenen Leitungen – Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit Flanschen – Einbaulängen

Die Messeinrichtungen sind so zu warten, dass die hydraulischen und hydrometrischen Bedingungen für die Messung konstant erhalten bleiben. Dazu gehört z.B. die Beseitigung von Ablagerungen, Sielhäuten, Erosionen und Rauheiten der Gerinne- wandung. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die geometrischen Verhältnisse nicht geändert werden. Treten eine Änderung der Geometrie oder eine unvermeidliche Beeinträchtigung der Funktion ein, ist dies der zuständigen Wasserbehörde umgehend anzuzeigen und eine Prüfstelle nach § 11 EKVO einzuschalten.

4.1.2 Allgemeines zur hydraulischen Prüfung

Die hydraulische Prüfung von Durchflussmeseinrichtungen bei Abwasserbehandlungsanlagen und von Drosselorganen bei Regenentlastungsanlagen wird von staatlichen bzw. staatlich anerkannten Prüfstellen nach § 11 EKVO im Auftrag der Eigenkontrollpflichtigen durchgeführt. Die Prüfung soll langfristig den bestimmungsgemäßen Betrieb dieser Messeinrichtungen sicherstellen. Dabei sind in Abhängigkeit von den sehr variablen örtlichen Bedingungen die unterschiedlichsten Methoden und Geräte anzuwenden. Dies erfordert spezielle Kenntnisse der Hydraulik und Hydrometrie, spezielle Messgeräte und eine angepasste Ausstattung. Deshalb ist es rechtlich vorgeschrieben, diese Prüfungen durch die oben bezeichneten Prüfstellen durchführen zu lassen.

Die hydraulische Prüfung umfasst die Kontrolle einer Messeinrichtung im Hinblick auf die Messgenauigkeit oder die Abflusscharakteristik und stellt fest, ob die Anforderungen an die hydraulische Funktion und die Messgenauigkeit eingehalten sind. Die hydraulischen Prüfungen sind im regelmäßigen Turnus (alle 5 Jahre) durchzuführen. Aus Gewährleistungsgründen wird eine Prüfung bereits zur Bauabnahme empfohlen.

Der Betreiber ist über auffällige Veränderungen der Messergebnisse seit der letzten Prüfung sowie auf Veränderungen der Differenzen zwischen Zu- und Ablauf zu befragen.

Folgende Parameter und Betriebsgrößen sind mindestens zu erheben bzw. zu kontrollieren:

- Messbereich bzw. auslegungsgemäßer Maximalabfluss an der Messstelle
- Hydraulische Bedingungen
- Betriebsbedingungen der Anlage
- Geometrische Abmessungen
- Übereinstimmung mit den Vorgaben aus den einschlägigen Normen und Vorschriften
- Bei Venturi-Kanälen:
Halterung von Sensoren auf Stabilität bzw. Verformungen und Besonnungsschutz,
- Bei Venturi-Kanälen und Messwehren:
Höhenmessung und Linearisierung. Die maßgebenden Abflusskurven können unter Beachtung der hydrometrischen Bedingungen aus Literaturwerten und vom Hersteller beigestellten Kalibrierungskurven ermittelt werden,
- Kontrolle der Konfiguration und/oder Programmierung auf Übereinstimmung mit den korrekten Einstellwerten,

- Signalverarbeitung und Registrierung, z.B. Integration der Momentanwerte zu Abflussmengen und Übertragung der Analogsignale und Mengenimpulse,
- Bei computergestützten Prozessleitsystemen:
Übereinstimmung der Analogstromspanne (0 - 20 oder 4 - 20 mA) und Impulswertigkeit für das Messgerät und den empfangenden Computer oder die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

4.1.3 Vorgaben für die Prüfung

Bei der Prüfung sind, soweit vom Aufwand vertretbar, unterschiedliche Abflusszustände zugrunde zu legen. Dies kann durch mehrere stationäre Abflüsse oder die Überwachung einer Abflusswelle realisiert werden. Bei bestimmten Messverfahren ist die Prüfung auch trocken möglich.

Als Messbereich des Durchflussmessgeräts gilt der auslegungsgemäße Maximalabfluss an der Messstelle.

Die Prüfungen an Durchflussmesseinrichtungen sollen Abflüsse umfassen, die denjenigen bei Trockenwetter und Regenwetter entsprechen. Das heißt, dass mehrere Abflüsse jeweils unterhalb von 30 % des Messbereichs (Grenze gemäß Bild 8) und darüber zu erfassen sind. Abflüsse unter 10 % des Messbereichs sind nicht zu überprüfen. Liegen die Durchflüsse bei Trockenwetter mehrheitlich unterhalb des 10 %-Messbereichs, so ist die Messgenauigkeit in diesem Bereich gesondert zu bewerten.

Der Messbereich ist der maximale Abfluss Q_{\max} , der durch die Durchflussmesseinrichtung noch unter regulären Betriebsbedingungen gemessen werden soll. In der Regel entspricht der Messbereich dem genehmigten maximalen Regenwetterzufluss zur Kläranlage.

4.1.4 Zulässige Messabweichungen

Die Anforderungen an die Messgenauigkeit von Durchflussmesseinrichtungen auf Abwasserbehandlungsanlagen können als erfüllt gelten, wenn unter Bezug auf Bild 8 in einem Durchflussteilbereich von 10 bis 30 % des Messbereichs die relative Abweichung vom Kontrollwert nicht größer ist als 10 % des Kontrollwerts und wenn in einem Durchflussteilbereich von > 30 % bis 100 % des Messbereichs die Abweichung nicht größer ist als 6 % (siehe Bild 8). Wenn innerhalb einer Prüfmessung beide Bereiche durchfahren werden, gilt die kleinere der Fehlergrenzen.

Die relative Abweichung ist zu berechnen aus:
$$\text{abs}(Q_{\text{ist}} - Q_{\text{kontr.}}) / Q_{\text{kontr.}} \quad (1)$$

Darin sind Q_{ist} der Messwert des zu prüfenden Gerätes und Q_{kontr} der Messwert des Kontrollgerätes. Wenn die Überprüfung der Durchflussmesseinrichtung eine über den zulässigen Bereich hinausgehende Abweichung ergibt, ist die Messeinrichtung vom Betreiber umgehend zu justieren oder ggf. instand zu setzen.

In der Regel kann die Prüfstelle bei der Festlegung des weiteren Vorgehens beraten.

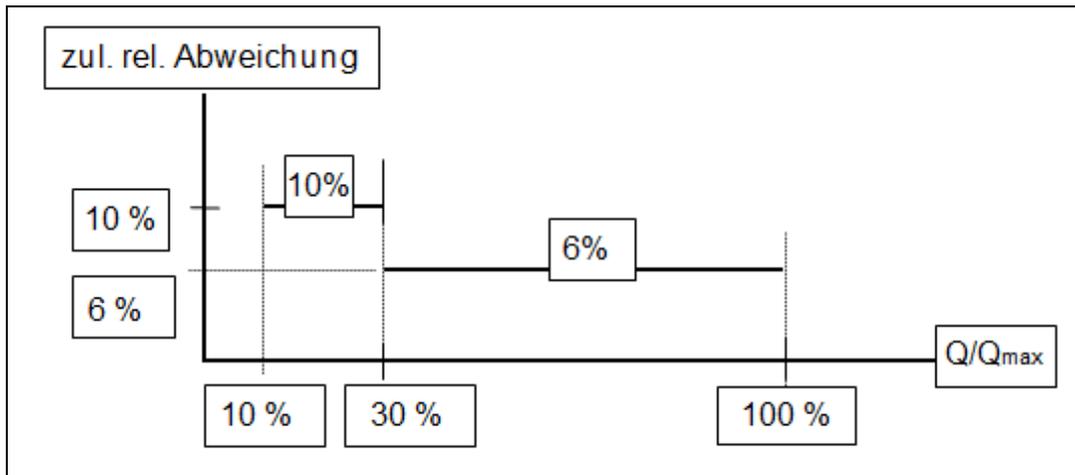


Bild 8: Zulässige Abweichungen bei Durchflussmeseinrichtungen

4.1.5 Weitere Hinweise zur Eigenkontrolle

Die Durchflussmessgeräte sind ohne Unterbrechungen nach den Herstellervorschriften und den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu betreiben. Änderungen an den Geräten, die die Messergebnisse verfälschen könnten, sind zu unterlassen. **Jede Beeinträchtigung der Funktion ist der zuständigen Wasserbehörde unverzüglich anzuzeigen.**

Alle erkennbaren Beeinträchtigungen der Messgenauigkeit sind umgehend zu beseitigen. Hierzu sei besonders das regelmäßige Entfernen der Sielhaut in Venturi-Kanälen und anderen Messrinnen erwähnt.

Sind durch den Hersteller oder durch die Prüfstellen nach § 11 EKVO Methoden für Plausibilitätsprüfungen im laufenden Betrieb bereit gestellt worden, sind solche Plausibilitätsprüfungen regelmäßig vorzunehmen (z.B. Kontrolle der Wasserstandsmessung an Venturi-Kanälen mit Hilfe von Referenz-Höhenpunkten).

4.2 Prüfmethode für Durchflussmeseinrichtungen

Zur Prüfung von Durchflussmeseinrichtungen wurden sowohl spezifische als auch geräte-unabhängige Methoden entwickelt. Welche dieser Methoden auf einer Anlage zum Einsatz kommt, wird nach gründlicher Prüfung der örtlichen Situation und der Einbaumöglichkeiten durch die anerkannte Prüfstelle entschieden.

Es stehen prinzipiell folgende Methoden zur Verfügung:

- a) "Trockene" Überprüfung von Venturi-Kanälen und Messwehren:
Diese Methode kommt zum Einsatz, wenn die Abflusskurven von Venturi-Kanälen oder Messwehren bekannt oder mit ausreichender Genauigkeit bestimmbar und die Einbaubedingungen eingehalten sind.
- b) Ultraschall-Laufzeitverfahren (Aufschnall-Geräte; clamp-on-Geräte):
Diese Methode ist einsetzbar, wenn die zu messende Strömung in einem Rohr mit geeignetem Wandmaterial geführt wird und dieses Rohr über eine ausreichende Länge zugänglich ist.

- c) Geschwindigkeitsprofile erfassende Messverfahren mit kombinierten oder getrennten Sensoren für Wasserstand und Geschwindigkeit
- d) Temporärer Einbau von induktiven Durchflussmessgeräten:
Diese Methode ist relativ genau und bei Abflüssen bis 100 l/s und runden Querschnitten bis DN 800 möglich. Statt mit einem MID kann eine mobile Messrohrstrecke auch mit einem aufschnallbaren Ultraschallgerät gemäß b) ausgestattet sein.
- e) Netzmessungen mit Geschwindigkeitssonden:
Diese Messmethode ist angebracht, wenn große Abflüsse in großen Kanälen zu bestimmen sind. Sie entspricht den Durchflussmessungen in Bächen und Flüssen mit dem hydrometrischen Flügel, wobei im Abwasser vorzugsweise induktive Geschwindigkeitssonden verwendet werden.
- f) Einpunktmessungen mit Geschwindigkeitssonden:
Falls Querschnitte mit gleichförmiger Geschwindigkeitsverteilung zugänglich sind, reichen Einpunktmessungen als Kontrollmessung aus. Hierzu ist die qualifizierte Berechnung der mittleren Fließgeschwindigkeit aus der lokal gemessenen Geschwindigkeit notwendig.
- g) Überfallmessungen mit Messwehren oder an vorhandenen Abstürzen mit Daten aus Modellversuchen oder mit Literaturwerten bei idealer Geometrie
- h) Vergleich von Zu- und Ablaufmessung auf einer Kläranlage über einen ausreichend langen Zeitraum. Diese Methode reicht aus, wenn eine zweite Messeinrichtung vorhanden ist, die unter günstigen betrieblichen Bedingungen läuft und die auf einfachere Weise, z. B. mit einem Laufzeit-Ultraschallgerät, überprüft werden kann.
- i) Volumetrische Messung:
Volumetrische Messungen sind dann möglich, wenn ein größerer Speicherraum mit bekannter und erfassbarer Geometrie vorhanden ist und die Strömung für eine definierte Zeit in diesen Speicher eingeleitet werden kann. Solche Möglichkeiten bieten sich allerdings nur in den seltensten Fällen bzw. sind aufwendig in der Durchführung.
- j) Tracermessungen mit radioaktiven Stoffen, Salz oder Fluoreszenzfarbstoffen ermöglichen dort Kontrollen, wo wegen zu hoher Turbulenz oder schwierigen Randbedingungen andere Methoden versagen. (siehe hierzu auch Merkblatt DWA-M 181)

4.3 Bauliche Vorkehrungen zur messtechnischen Überprüfung

4.3.1 Vorbemerkung

Generell ist es empfehlenswert, bei der Planung einer Messeinrichtung die Expertise einer anerkannten Prüfstelle zu nutzen. Wertvolle Hinweise zu Messmethoden und den Möglichkeiten zur Sicherstellung einer ordnungsgemäßen Funktion finden sich auch im Merkblatt DWA-M 181.

4.3.2 Zugänglichkeit

Im Bereich von Messeinrichtungen, die für Wartung- und Kontrollzwecke zugänglich sein müssen, ist darauf zu achten, dass nur die leichteste Abdeckung gewählt wird, die die lokalen Verkehrsbelastungen gerade noch trägt. Die Abdeckungen sollten mit geringem Aufwand lösbar und hochhebbar sein.

4.3.3 Voraussetzungen zur trockenen Überprüfung von Venturi-Kanälen

Die Durchführung einer Prüfung wird erleichtert, wenn

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

4.3.4 Bauliche Vorkehrungen zur Anwendung von Kontrollmessgeräten

4.3.4.1 Vorkehrungen zum Einbau von Vergleichs-MID-Geräten

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

- a) Schacht mit Mindestdurchmesser von 1,20 m, besser 1,50 m,
- b) Schacht mit annähernd gerader Linienführung vom ankommenden zum abgehenden Rohr,
- c) die Halbschale im Schacht darf nicht kleiner sein als das ankommende Rohr,
- d) Freispiegelabfluss im Schacht und strömender Abfluss bei mäßigen Geschwindigkeiten

und

- e) Absperrbarkeit, zumindest weitgehende Reduzierbarkeit des Abflusses für eine Montagezeit von ca. 30 min.

4.3.4.2 Vorkehrungen zum Einsatz von Ultraschalllaufzeitgeräten zum Aufschnallen

Diese Kontrollmessmethode ist besonders einfach anwendbar, wenn ein vollgefülltes Rohrstück von außen über den vollen Umfang zugänglich ist. Das Rohr sollte aus einem harten Material (vorzugsweise Metall ohne Innenbeschichtung) bestehen. Es sind ungestörte Vorlaufstrecken von ausreichender Länge vorzusehen. Nähere Hinweise finden sich in DWA-M 181. Das Rohr muss bei allen zu messenden Abflüssen voll gefüllt sein. Lufttransport ist genauso zu verhindern wie bei den Vollfüllungs-MID.

4.3.4.3 Vorkehrungen für andere Kontrollmessmethoden

Sind die beiden bevorzugten Kontroll-Methoden nach Kap. 4.2 Buchst. a) und d) nicht anwendbar, können zum Einsatz anderer Messmethoden weitere Vorkehrungen notwendig werden. Es ist empfehlenswert, hierzu die Beratung einer Prüfstelle nach § 11 EKVO einzuholen.

4.4 Anforderungen an die Messeinrichtungen und die Signalübertragung

4.4.1 Ultraschall-Wasserstandsmesser für Venturi-Rinnen

An Venturi-Kanälen kommen vorzugsweise Ultraschall-Messgeräte zum Einsatz, die sowohl den Wasserspiegel messen als auch die Umrechnung in den entsprechenden Abfluss vornehmen. Weiterhin stellen sie die Messergebnisse als Klarschrift, als Analogsignal und in digitaler Form (serielle Schnittstelle oder Feldbus) zur Verfügung. Schließlich führen sie eine Integration des Abflusses zu Volumen durch und geben diese Information in Form von Impulsen aus. An die Geräte sind folgende Anforderungen zu stellen:

- Möglichkeit der Anzeige von Wasserständen, Durchflüssen und Abflusssummen,
- Anzeige des aktuellen Nullpunktabstandes,
- Anzeigemodus auf einfache Weise von außen auswählbar,
- Zähler für die geräteeigenen Summen-Impulse am Messumformer ablesbar,
- einfache Möglichkeit der Höhen-Justierung, z.B. durch Unterstellen einer Kalibrierplatte,
- freie Programmierbarkeit der Linearisierungsfunktion entweder als Funktion mit Koeffizienten (Potenzfunktion) und/oder in Form eines Polygonzuges (mindestens 10 Stützpunkte, besser aber mehr).

4.4.2 Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte

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

- Klarschriftdisplay an einer Stelle, an der eine einfache Ablesung möglich ist,
- Möglichkeit der Anzeige von Durchflüssen und Durchflusssummen auf dem Display,
- auf einfache Weise von außen auswählbar,
- Möglichkeit der Benutzung der Tastatur ohne Öffnen von wasserdicht verschraubten Gehäusen. So genannte Kompaktgeräte mit wasserdicht verschlos-

senem Gehäuse auf dem Aufnehmer sind in dieser Hinsicht weniger günstig.

- Feldbusgeräte sollten auf jeden Fall noch einen analogen Ausgang haben, um mit Data-Loggern Ganglinien registrieren zu können.

4.4.3 Signalbearbeitung, Signalübertragung und Messwertregistrierung

Die Methoden der geräteinternen Signalbehandlung und -auswertung sind Gegenstand der Verbesserungsanstrengungen der Hersteller und damit zu einem großen Teil gerätespezifisch. Hier ist allerdings ein technischer Standard erreicht, bei dem Unterschiede nur noch in Sonderfällen zum Tragen kommen. Bei der Übertragung der Daten zur Leitzentrale bzw. zum Prozessleitreechner der Kläranlage und den Registriergeräten sind jedoch noch erhebliche Unterschiede zwischen verschiedenen Anlagen und auch unterschiedliche Standards der einrichtenden Firmen festzustellen. Hier sollten folgende Grundsätze eingehalten werden:

- Integration der Momentanwerte des Durchflusses zu Abflussmengen nur in einem einzigen Gerät. Die Übertragung von Analogsignalen zu einer Wandlerkarte des Leitrechners mit anschließender rechnerischer Integration wird mit Sicherheit Differenzen und Messabweichungen zwischen den Abflusssummen des Durchflussmessgeräts und denjenigen des Leitrechners erzeugen. Deshalb sind nur die vom Durchflussmessgerät ermittelten Summenimpulse zu verwenden.
- Analoge Ausgänge lediglich zur Anzeige, zur Registrierung von Ganglinien auf einem Schreiber und ggf. zur Ansteuerung von Probenehmern verwenden.
- Sofortige Anzeige der aktuell eingehenden Mengenimpulse im Prozessleitsystem (PLS)
- Möglichkeit des Mitschnitts von Messdaten im PLS mit hoher zeitlicher Auflösung (z.B. alle 10 Sekunden) mit anschließender computerlesbarer Ausgabe an die Prüfstelle
- Die modernen Möglichkeiten der Signalübertragung über Digitalschnittstellen (BUS-Systeme) nutzen mit folgenden Vorteilen:
 - Keine Verfälschung der Informationen durch DA- und AD-Wandlung
 - Einsparung von Zähler- und Wandlerkarten
 - Möglichkeit der Übernahme von weiteren Messdaten wie Wasserstand, Durchfluss, Durchflusssumme, Temperatur etc.
- Möglichkeit der Übernahme von anderen Informationen und Fehlermeldungen, z.B. Vollfüllungserkennung beim MID, schlechte Echos beim Ultraschall etc.,
- Nutzung der Möglichkeiten einer auf DCF-Funkuhren gestützten Zeitbasis für das Registriergerät oder den Leitreechner. Hiermit ist immer eine eindeutige und genaue Synchronität aller Registrierungen gewährleistet, die Umstellung auf Sommer- bzw. Winterzeit in Frühjahr und Herbst erfolgt automatisch.

4.4.4 Vorkehrungen zur Erhaltung der Messgenauigkeit und zur Kontrolle

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

Venturi-Kanäle:

- Stabile und gegenüber Verstellen gesicherte Montage des Messwertaufnehmers (Ultraschallsensors);
- Die Höhenverstellung des Sensors sollte nur mit speziellem Werkzeug möglich sein. Das Stativ muss ausreichend stabil sein, damit es sich beim Anstoßen nicht verbiegt.
- Sonnenschutz-Abdeckung bei Ultraschallsensoren; zur Kompensation der Temperatureinflüsse auf die Schallgeschwindigkeit sind in den Sensoren Temperaturmessungen eingebaut. Dieser Thermosensor sollte einen für die Lufttemperatur repräsentativen Wert messen und nicht die bei Sonnenbestrahlung wesentlich höhere Sensortemperatur.
- Genau eingemessene Höhenmarke im Oberwasser; misst man von dieser Höhenmarke mit einem Maßstab auf den Wasserspiegel, lässt sich die aktuelle Wasserspiegelhöhe sowie der Abfluss mit Hilfe einer die Abflusskurve berücksichtigenden Tabelle, aufzustellen vom Anlageneinrichter, leicht feststellen.

Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte:

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

4.5 Planerische und betriebliche Erfordernisse

4.5.1 Planerische Hinweise

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

- Die Baukonstruktion muss die hydrometrischen Anforderungen durch das geplante Messsystem erfüllen.

- Alle Komponenten des Messsystems sind sinnvoll aufeinander abzustimmen.
- Maßgebend für die Bemessung sind die tatsächlichen Niedrigst- und Höchst-abflüsse, die für die Zeit nach der Inbetriebnahme erwartet werden.
- Sind Änderungen der hydraulischen Belastung durch zukünftige Erweiterungen abzusehen, muss die Planung auf Möglichkeiten der Anpassung des Messsystem eingehen.
- Es sind groß bemessene Einstiegs- und Lüftungsöffnungen mit leicht handhabbaren Abdeckungen vorzusehen.
- Ein sinnvolles Konzept für den Antrieb von Absperrorganen (z.B. gleichartige Antriebsvierkante mit einem mobilen elektrischen Drehgerät) erleichtert bei geringen Kosten die Bedienung.

Im Bedarfsfall kann bereits im Planungsstadium Kontakt zu einer anerkannten Prüfstelle gesucht werden, die neben Hinweisen zur späteren Kontrolle auch zur Abstimmung der Hydraulik und Systemkomponenten beitragen kann.

4.5.2 Unterlagen zu Durchflussmesseinrichtungen

Zu einer fachlich fundierten Beschreibung einer Durchflussmesseinrichtung gehören in der Regel folgende Unterlagen und Angaben:

Erläuterungsbericht

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

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

Nachweise

Es sind Angaben bzw. Nachweise zu folgenden Punkten erforderlich:

- Festlegung des Messbereichs bzw. des Arbeitsbereichs der Durchflussmeseinrichtung unter Berücksichtigung sowohl des maximalen als auch des wahrscheinlich kleinsten Durchflusses (z.B. Nachtabfluss im Trockenwetterfall)
- hydraulische, konstruktive und betriebliche Anforderungen (z.B. Rückstau einfluss, Einlauf- und Auslaufstrecken etc.) und zur Einhaltung der Forderung von Normen und anderen Regelwerken
- hydraulische Nachweise

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

Planunterlagen

Zur Darstellung der Durchflussmesseinrichtung sind folgende Pläne beizufügen:

- Lageplan
- Bauwerkszeichnungen
- hydraulischer Längsschnitt.

4.5.3 Betriebliche Erfordernisse

Im laufenden Betrieb kann durch folgende Maßnahmen und Vorkehrungen zu einer zuverlässigen und genauen Messung beigetragen werden:

- Regelmäßige Reinigung der Messstrecke ohne Verstellung der Sensoren
- Wartung der Armaturen, wie z.B. Schiebern in Mess- und Bypassleitungen

Für die Überprüfung der Durchflussmesseinrichtung sind folgende Unterlagen / Einrichtungen erforderlich:

- Genehmigungs- und Erlaubnisunterlagen
- Unterlagen zu den Messgeräten mit eindeutigen Aufzeichnungen über die maßgebende und aktuelle Einstellung
- Abflusskurve bei Venturi-Kanälen oder Messwehren
- Prüfbericht einer vorhergehenden Kontrolle
- Hilfsvorrichtungen wie Messwehre, scharfkantigen Wehrblenden etc. aus früheren Messungen, die sorgfältig aufzubewahren sind.

4.6 Prüfberichte

Zur Dokumentation der Prüfung von Durchflussmesseinrichtungen auf Kläranlagen ist ein Prüfbericht zu erstellen. Dieser Bericht muss vollständig sein und alle notwendigen Angaben enthalten, so dass die Prüfung von einem sachkundigen Dritten ohne Einschränkung nachvollzogen werden kann. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollte ein Prüfbericht Angaben zu den nachstehenden Punkten enthalten:

- Allgemeine Angaben
 - Inhaltsangabe des Prüfberichts
 - Kenngrößen der Kläranlage (Einwohnerwerte, Q_{\max} , Q_{\min})
 - Bezeichnung, Typ und Lage der Durchflussmesseinrichtung
 - Datum und Uhrzeit der Prüfung
 - Niederschlags- und Abflussverhältnisse zur Zeit der Prüfung

- Namentliche Nennung der(s) Prüfer(s) und des beteiligten Personals der Kläranlage
- Nennung des Auftraggebers und des Auftragnehmers
- Eventuell erforderliche Sicherheitsmaßnahmen

- Einzubeziehende Dokumentationen
 - Frühere Prüfberichte
 - Erlaubnisbescheide
 - verfügbare Unterlagen zur Messeinrichtung
 - Bedienungsanleitungen des Herstellers
 - Wartungsprotokolle
 - Befragungen des Betriebspersonals zu Problemen, Auffälligkeiten hinsichtlich der Messeinrichtungen und der Messergebnisse
 - Betriebstagebuch

- Planunterlagen
 - Lageplan der Gesamtanlage (Messstellen, Fließrichtungen, Vorfluter)
 - Messeinrichtung (Grundriss, Längsschnitt, Fließrichtung)
 - Vergleich Planunterlagen mit Bestandsdaten
 - Eigenes Aufmaß

- Angaben zur Messeinrichtung
 - Hersteller, Baujahr, Typbezeichnung, Seriennummer
 - Messbereich, tatsächliche Durchflüsse

Dokumentation der Prüfung und der Prüfergebnisse im Prüfbericht

- Prüfung der hydrometrischen Randbedingungen
 - Optische Beurteilung (Zustand, Verschmutzung, Ablagerungen, Befestigungen)
 - Einbaubedingungen (Vor- und Nachlaufstrecken, Zuströmung, Rückstau)
 - Fotodokumentation

- Trockene Überprüfung (Venturikanal, Messwehr)
 - Q/h-Beziehung (Gültigkeit, Messbereichsendwert, grafische Darstellung Q/h)
 - Wasserstandssimulation (Höhenfehler)

- Prüfung der hydrometrischen Bedingungen (MID)
 - Messrohrvöllfüllung, Dükerung
 - Lufteintrag, Fließgeschwindigkeit

- Vergleichsmessung
 - Wahl des Messverfahrens (Begründung, Erläuterung)
 - Verwendete Messgeräte (Seriennummern, letztes Kalibrier- oder Prüfdatum)
 - Tabellarische und grafische Darstellung der gemessenen Q-Differenzen mit Fehlergrenzen
 - Fotodokumentation der Vergleichsmesseinrichtung
- Kontrolle der Messwertübertragung und -registrierung
 - Signalübertragung (analog, digital, Impuls)
 - Mengenregistrierung (Integration des Analogwertes, Impulzzählung, Impulsübertragung, Registrierung im Prozessleitsystem (PLS))
- Zusammenfassende Bewertung
- Empfehlungen an den Betreiber
- Prüfbescheinigung

Als zusammenfassender Nachweis der hydraulischen Prüfung der Durchflussmeseinrichtung ist durch die Prüfstelle nach § 11 EKVO eine Prüfbescheinigung in dreifacher Ausfertigung zu erstellen. Hierfür ist die Anlage 4 zu verwenden.

Ein Exemplar der Prüfbescheinigung ist von der Prüfstelle gesammelt am Jahresende zur zentralen Datenerfassung an die Anerkennungsbehörde zu senden. Dem Auftraggeber sind zwei Exemplare zu überlassen, von denen eines nach Anhang 3 Nr. 4 Buchst. f) EKVO dem Eigenkontrollbericht an die Wasserbehörde beizufügen ist.

5. Drosseleinrichtungen an Regentlastungen

5.1 Aufgabe und Anforderungen an Drosseleinrichtungen

Drosseleinrichtungen an Regentlastungen haben die Aufgabe, den Abfluss in das weiterführende Kanalnetz auf einen Wert zu begrenzen, der dort sowohl hydraulisch verträglich ist als auch auf das ganze Netz gesehen zu günstigen Abfluss- und gewässerschützenden Entlastungsbedingungen führt. In der Regel wird dieser Abfluss unter Anwendung einer Schmutzfrachtberechnung ermittelt und als konstant vorausgesetzt. Die Drosselorgane müssen eine bestimmte hydraulische Qualität aufweisen (siehe DWA-A 111). Bezüglich der Drosselung von Beckenabläufen sind die maßgebenden Regelungen begründet in den anzuwendenden DWA-Arbeits- und -Merkblättern und ggf. den Erlaubnisbescheiden.

Aus dieser Aufgabenstellung ergeben sich folgende Auswahlkriterien für Drosseleinrichtungen:

- Einhaltung einer Abflusskurve (meist $Q_{ab} = \text{konst.}$) mit ausreichender Genauigkeit
- Einhaltung des Abflusses bei Entlastungstätigkeit (z.B. bei Regenüberläufen)

- nachträgliche Justierbarkeit
- Unempfindlichkeit gegenüber Rückstau
- Dauerhaftigkeit der Materialeigenschaften, Unempfindlichkeit gegenüber alterungsbedingter Zunahme von Reibung
- geringe Anfälligkeit gegenüber Verstopfungen,
- Wirtschaftlichkeit,
- leichte Prüfbarkeit der Funktion,
- bei Bedarf Möglichkeit der Fernwirkung,
- Ausfluss des Wassers ohne Spritzer und ohne unnötige Benetzung von Sohle und Wänden (Vermeidung von glitschigen Sielhäuten und Aerosolbildung).

5.2 Typisierung von Drosseleinrichtungen

5.2.1 Grundlagen

Am Auslaufquerschnitt eines Stauraums, z.B. eines Regenüberlaufbeckens, hängt die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers von der Stauhöhe vor der Ablauföffnung ab. Deshalb wird bei konstanter Querschnittsfläche mit zunehmendem Aufstau nach dem Torricellischen Gesetz der Abfluss nach der bekannten parabelförmigen Funktion

$$Q=f(\sqrt{h})$$

zunehmen. Vor diesem Hintergrund haben Drosselorgane die Aufgabe, diese Abhängigkeit dahingehend zu beeinflussen, dass

- (1) entweder für einzuhaltende Abflüsse möglichst große Querschnitte gewählt werden können, um Verstopfungen zu verhindern, oder
- (2) der Abfluss konstant gehalten oder nach einer gewünschten Abflusskurve abhängig vom Oberwasser eingestellt wird.

Die erstgenannte Zielsetzung wird von **passiven Drosselorganen** wie Rohrdrosseln, Drosselblenden und Drosselschiebern verfolgt. Sie verändern ihre Auslauffläche nicht und können deshalb nicht auf einen konstanten Abfluss drosseln. Sie weisen immer eine Abflusskurve in Parabelform auf.

Aktive Drosselorgane besitzen einen mechanischen Verstellmechanismus oder einen hydraulischen Effekt, der entweder den Abflussquerschnitt so verkleinert, dass die Zunahme der Austrittsgeschwindigkeit kompensiert wird und ein konstanter Abfluss resultiert (mechanische Drosselorgane) oder den Druckabbau innerhalb des Organs so beeinflusst, dass die effektive Austrittsgeschwindigkeit nicht mehr dem oben genannten Gesetz folgt (z.B. Wirbelventile).

Eine Unterscheidung der Drosselorgane in solche mit beweglichen Teilen und ohne bewegliche Teile erfolgt im Kap. 5.3.

5.2.2 Abflusssteuerungen

Abflusssteuerungen nutzen die bekannte Gesetzmäßigkeit zwischen Aufstauhöhe und Ausflussgeschwindigkeit aus, um die Öffnungsfläche bei steigendem Wasserspiegel in einem solchen Maß zu verkleinern, dass der Abfluss konstant bleibt. Messgröße ist deshalb der Wasserspiegel, d.h. die Störgröße. Die Zielgröße Durchfluss wird nicht gemessen.

Bei den rein mechanischen Abflusssteuerungen wird die Stauhöhe über einen freien oder unter einer Tauchglocke befindlichen Schwimmer abgetastet und in eine Stellbewegung des Verschlussorgans übertragen.

Bei den elektromechanischen Steuerungen wird der Wasserstand vor der Drossel mit einer üblichen Wasserstandsmessmethode (Ultraschall, Radar, Drucksonde etc.) gemessen und daraus die erforderliche Öffnungshöhe berechnet. Mit Hilfe eines Elektroantriebs wird das Verschlussorgan in die benötigte Stellung gefahren.

Problematisch bei der Abflusssteuerung ist, dass sie nicht überprüft, ob der Abfluss wirklich dem Sollwert entspricht. Es findet also keine Durchflussmessung statt. Bei Verstopfung erkennt die reine Steuerung nicht, dass zu wenig oder kein Wasser fließt. Wenn infolge der Verstopfung kein Wasser mehr abfließt, wird wegen des dann höheren Aufstaus die Öffnung sogar noch weiter verschlossen.

Mit unterschiedlichen Methoden wird deshalb versucht, Verstopfungen zu erkennen. Ob diese Verlegungserkennungen wirklich auf Dauer ihre Funktion erfüllen, ist eher zweifelhaft. Nach einer Umfrage der staatlichen Prüfstelle in Kassel (Vaupel, 1998) häufen sich die Probleme mit Verstopfungen an Steuerungen ohne Spülautomatik dann, wenn die Spaltweite am Drosselverschluss 50 mm deutlich unterschreitet. Dies entspricht bei einer Drossel NW 250 und 3 m Aufstau einem Abfluss von über 50 l/s. Nach den Arbeitsblättern DWA-A 111 bzw. DWA-A 166 beginnt der Einsatzbereich von Abflusssteuerungen bei Abflüssen von mindestens 25 l/s.

Hierzu ist zu bemerken, dass die Namensgebung der Hersteller in vielen Fällen im regelungstechnischen Sinn unkorrekt ist. So werden viele Abfluss-Steuerungen als Abflussregler angeboten.

5.2.3 Abflussregler

Abflussregler im regelungstechnischen Sinn sind Drosselorgane, bei denen mit Hilfe einer Messvorrichtung festgestellt wird, ob der Istwert des Abflusses vom Sollwert abweicht. Geht die Abweichung über ein zulässiges Maß (halbe Regelungstotbandbreite) hinaus, veranlasst die Regelung ein Stellorgan zu einer Bewegung, so dass der Istwert dem Sollwert näher gebracht wird. Regler überwachen die Zielgröße; sie kennen aber nicht die Störgröße (Beckenwasserstand).

Bei mechanischen Abflussreglern wird der Durchfluss mit Hilfe der statischen und dynamischen Wirkungen (Impulskraft, Gewicht) erfasst. Abweichungen vom Sollwert führen zu einem Ungleichgewicht im System und zu einer Stellbewegung, die das System in das Gleichgewicht (Ist-Abfluss = Soll-Abfluss) bringt. Bei elektromechanischen Reglern werden die aktuellen Abflüsse mit Hilfe einer Durchflussmessung erfasst. Die Regelbewegung des Drosselorgans erfolgt dann den Signalen einer elektronischen Reglerschaltung folgend elektromechanisch.

Bei den echten Reglern werden Verstopfungen systembedingt erkannt. Verstopfungen wird durch Öffnen des Verschlussorgans automatisch entgegengewirkt (Freispüleffekt).

Systembedingte Eigenschaft bei Reglern ist, dass der Beckenwasserstand dem System nicht bekannt ist und dass deshalb wasserstandsabhängige Abflusskurven prinzipiell nur mit aufwendiger Zusatzausstattung gefahren werden können. Abflussregler sind wegen der systembedingten Verstopfungserkennung und automatischen Verstopfungsbeseitigung dort besonders günstig, wo der Sollabfluss sehr klein ist ($Q_{ab} < 10 \text{ l/s}$).

5.2.4 Aufstellungsarten von Drossleinrichtungen

Bei der Aufstellung von Drosselorganen werden die folgenden Varianten unterschieden:

"nasse Aufstellung"

"halbtrockene Aufstellung"

"trockene Aufstellung"

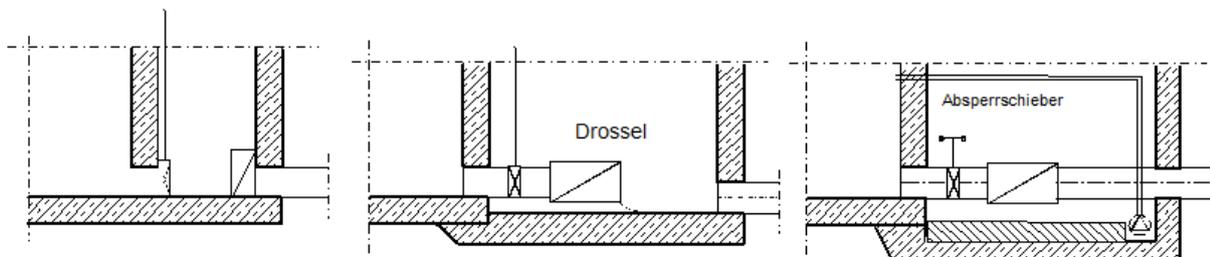


Bild 9: Aufstellungsarten von Drosselorganen
(analog zu Bild 32 aus DWA-A 166, 2011)

Bei der nassen Aufstellung liegt das Drosselorgan vor der Ablauföffnung und wird vom Wasser überstaut. Die im Bild 9 eingezeichnete Zwischenwand mit vorgeschaltetem Schieber trägt der Forderung aus DWA-A 166 Rechnung, nach der das Drosselorgan in einem eigenständigen Drosselbauwerk anzuordnen ist. Dieses trifft aber nur bei einer kleineren Anzahl von nass aufgestellten Drosselanlagen zu.

Bei der halbtrockenen Aufstellung liegt das Drosselorgan auf der Unterwasserseite der das Becken abschließenden Stauwand in einem separaten Drosselschacht. Die Drossel ist bei Betrieb zugänglich. Da das Wasser frei in den Drosselschacht ausfließt, kann anhand der Strömung die Drosselfunktion beurteilt werden.

Bei der trockenen Aufstellung wird ein Drosselrohr durch den Drosselschacht so durchgeführt, dass hier kein Abwasser austreten kann.

Im Hinblick auf die Prüfung nach EKVO können der halbtrockenen Aufstellung folgende Vorteile zugesprochen werden:

- Zugänglichkeit und Beobachtbarkeit des Drosselorgans im Betrieb
- Beurteilungsmöglichkeit des Abflusses
- Leichtere Beileitung eines normalerweise vorhandenen Umlaufs
- Leichtere Möglichkeit der Beseitigung von Verstopfungen
- Gute Erkennbarkeit von Rückstau (Geschwemmstellen im Drosselschacht)

5.3 Beschreibung der Drosselgrundtypen

5.3.1 Drosselorgane ohne bewegliche Teile

5.3.1.1 Grundlegende Klassifizierung

In diesem Merkblatt soll eine Klassifizierung der Drosselorgane nur insoweit vorgenommen werden, wie diese Relevanz für die Prüfmethodik hat. Folgende organbezogene Merkmale und Eigenschaften sind in diesem Zusammenhang zu nennen:

- bewegliche Teile ↔ keine beweglichen Teile
- aktives Drosselorgan ↔ passives Drosselorgan
- mit Fremdenergie ↔ ohne Fremdenergie
- Abflussleistung berechenbar ↔ nicht berechenbar

Drosselorgane mit beweglichen Teilen					Drosselorgane ohne bewegliche Teile			
aktive Drosselorgane					passive Drosselorgane			
mit Fremdenergie			ohne Fremdenergie					
Pumpen als Drosseln	Elektromechanische Steuerungen	Elektromechanische Regelungen	Mechanische Steuerungen	Mechanische Regelungen	Wirbelventile	Wirbeldrosseln	Drosselblenden, Drosselschieber	Rohrdrosseln, Drosselstrecken

Bild 10: Typisierung von Drosselorganen

Das Bild 10 zeigt die Zuordnung der bekanntesten Typen von Drosselorganen zu den drei erstgenannten Unterscheidungsmerkmalen.

Für die Auswahl der Prüfmethode relevant sind daneben Merkmale des Standortes, wie z. B. die wasserwirtschaftliche Relevanz der Stauräume, die Aufstaubarkeit für die Prüfung ausreichender Wassermengen, die Höhenlage der Drossel relativ zum Stauraum (bei Nebenschluss), die Einbaubarkeit von Prüfgeräten sowie das Vorhandensein von häufigem Rückstau.

Grundsätzlich gilt, dass die sehr unterschiedlichen Kombinationen der Eigenschaften der Drossel und des Standortes es unmöglich machen, eine feste Zuordnung zwischen dem Typ des Drosselorgans und der Prüfmethodik herzustellen. Nachstehend werden die einzelnen Merkmale der Drosseltypen im Hinblick auf die Prüfmethodik beschrieben.

Weitere Informationen zur Klassifikation finden sich in DWA-A 111, Kapitel 6.1.2.

5.3.1.2 Rohrdrosseln

Rohrdrosseln oder Drosselstrecken bestehen aus hydraulisch bemessenen Kreisrohren, deren Länge und Durchmesser (bei gegebenem Rohrmaterial und gegebener Auslaufhöhe) so ausgelegt sind, dass die vor der Drossel gelegene Überlaufschwelle dann anspringt, wenn der beabsichtigte Drosselabfluss erreicht ist. Aufgrund der Mindestquerschnitte der Drosselrohre sind damit keine kleinen Abflüsse (etwa unter 50 l/s) zu erreichen. Sie sind deshalb meistens nach Regenüberläufen angeordnet, bei denen der spezifische Abfluss im Vergleich zu Regenüberlaufbecken in der Regel deutlich größer ist.

Rohrdrosseln können nach Arbeitsblatt DWA-A 110 berechnet werden, wenn die Geometrie genau aufgenommen werden kann und genügend Informationen über die Beschaffenheit der Rohrwandung vorliegen.

5.3.1.3 Drosselblenden und Drosselschieber

Drosselblenden sind dünnwandige Bleche, die so vor einer Ablauföffnung angeordnet werden, dass der Auslaufquerschnitt durch die Blendenöffnung bestimmt wird. Sie sind in der Regel so mit Langlöchern versehen, dass sie verstellt werden können. Die Abflusskurve von oberwasserseitig glatten und scharfkantigen Drosselblenden kann mit Kontraktions- oder Ausflussbeiwerten aus der Literatur berechnet werden. Deshalb ist eine rein rechnerische Überprüfung möglich.

Drosselschieber sind im Prinzip wie Drosselblenden am Anfang, innerhalb oder am Ende einer Rohrstrecke angeordnet. Durch den Antrieb des Schiebers sind sie mit Handrad leicht verstellbar. Die Abflusskurve ist ähnlich wie bei den Drosselblenden. Eine rechnerische Überprüfung ist nur dann möglich, wenn der Hersteller entsprechende Beiwerte angibt.

5.3.1.4 Wirbeldrosseln und Wirbelventile

Wirbeldrosseln bewirken die Durchflussbegrenzung mit Hilfe einer Wirbelströmung in einem runden Gehäuse. Der Zulauf liegt tangential außen, der Ablauf zentrisch im Boden der Drossel. Infolge Drehimpulserhaltung bildet sich bei etwas höheren Abflüssen eine Wirbelströmung aus, deren Kern meist durch ein Belüftungsrohr von oben belüftet wird. Der Durchfluss kommt als rotierender Hohlstrahl durch eine Ablaufblende unten aus der Drossel heraus. Die Abflussleistung wird maßgeblich bestimmt durch die Größe der Ablauföffnung, die wiederum über Blendenringe eingestellt wird.

Die Abflusskurve der Wirbeldrosseln ist wesentlich steiler als die von einfachen Öffnungen. Im hydraulischen Sinn gelten sie noch als passive Drosseln, da im Wesentlichen eine durchgehende, einem Abflussgesetz genügende Abflusskurve gültig ist.

Wirbelventile dagegen werden im hydraulischen Sinn als aktive Drosselorgane angesehen, denn durch die geneigte Aufstellung wechselt die Strömung bei steigendem Wasserstand von einer Krümmerströmung zu einer Wirbelströmung (Fluidik-Effekt), wodurch eine rückspringende Abflusskurve erzeugt wird, die bereichsweise von der Form normaler Wirbeldrosseln stark abweicht.

Wirbeldrosseln und Wirbelventile sind durch ihre relativ großen freien Abflussquerschnitte wenig verlegungsempfindlich und haben keine beweglichen Teile. Wenn die geometrischen und betrieblichen Bedingungen, wie

- keine Verstopfungen,
- korrekter Blendenring
- Belüftung frei
- Gehäuse dicht geschlossen,
- Zulaufschieber voll geöffnet,
- Rückstaufreiheit, etc.

erfüllt sind, kann davon ausgegangen werden, dass ihre Abflussleistung auch der Typprüfung entspricht. Eine Prüfung über die Kontrolle der Form, der Zuströmung, der Belüftung, des Blendenringes am Ablauf sowie des Rückstaus ist deshalb möglich.

5.3.2 Drosselorgane mit beweglichen Teilen

5.3.2.1 Mechanische Steuerungen

Mechanische Steuerungen erfassen den Oberwasserstand als Störgröße in der Regel mit einem Schwimmer. Bei einigen Geräten ist der Schwimmer in der Luftblase unter einer Tauchglocke angeordnet. Die Tauchglocke „untersetzt“ den Wasserspiegelanstieg außerhalb in einen wesentlich kleineren Anstieg innerhalb, dem der Schwimmer folgt. Über eine spezielle Kinematik wird die Bewegung des Schwimmers in eine Verstellbewegung des Verschlussorgans umgesetzt. Die Übertragungsmechanik und die Form des Verschlussorgans sind so aufeinander abgestimmt, dass für die so erfasste Wasserspiegellage die korrekte Auslauföffnung eingestellt wird und der Abfluss damit konstant bleibt. Die Energie für die Verstellung wird über den Schwimmer aus dem Wasser gewonnen. Durch Anheben des Schwimmers kann die Funktion bei derartigen Steuerungen auch trocken simuliert werden.

5.3.2.2 Elektromechanische Steuerungen

Bei diesem Drosselftyp wird der Oberwasserstand mit einer geeigneten Messmethodik (Ultraschall, Radar, Drucksonde, Schwimmer) erfasst und an eine Steuerung übergeben. Die Steuerung berechnet mit Hilfe einer abgespeicherten Kennlinie bzw. Steuerkurve die für diesen Wasserstand passende Stellung eines Elektroschiebers (Sollwert), die von diesem automatisch angefahren wird. Da die Spaltweiten bei größeren Druckhöhen sich üblicherweise im Bereich von wenigen Zentimetern bewegen, muss die Einstellgenauigkeit des Schiebers sehr hoch sein.

Dadurch ist auch eine erhöhte Verstopfungsgefahr gegeben, der z.B. mit Hilfe einer Intervallspülung entgegen gewirkt werden kann.

Es sind auch elektromechanische Abflusssteuerungen verfügbar, bei denen die Stellungsvorgabe für den Schieber direkt vom Ultraschallgerät erzeugt wird, wobei der Schieberantrieb mit einem Stellungsregler ausgestattet sein muss. Diese Bauart hat

den Vorteil, dass sie ohne speicherprogrammierbare elektronische Steuerungen funktioniert.

Bei allen Drosselorganen dieses Typs gilt, dass die Funktion leicht trocken überprüft werden kann, indem ein fiktiver Wasserstand simuliert wird.

5.3.2.3 Waage- und Strahldrosseln

Waage- und Strahldrosseln sind als mechanische Regler anzusehen, da der Abfluss über Gewichts- und Impulskräfte erfasst wird, die mit den von einem Gegengewicht erzeugten Kräften im Gleichgewicht stehen. Bei Abweichungen des Durchflusses vom Sollwert wird das sich daraus ergebende Momentengleichgewicht so gestört, dass eine regelnde Ausgleichsbewegung ausgelöst wird. Somit sind rein mechanisch quasi konstante Abflüsse möglich.

Als Verschlussorgan besitzen diese Drosseln einen unter Druck stehenden Segmentverschluss, der durch Druckkräfte keine Verstellmomente erfährt. Damit sind die notwendigen Verstellbewegungen unabhängig von der Druckbelastung mit geringen Antriebskräften möglich.

Da diese Drosselorgane ihre Verstellenergie aus dem durchlaufenden Wasser beziehen, ist für die hydraulische Prüfung zwingend ein Betrieb mit Durchfluss erforderlich.

5.3.2.4 Mechanische Regler (unechte Regler)

Mechanische Regler sind meistens halbtrocken in einem Drosselschacht angeordnet. In der Drossel wird das Wasser in ein Gehäuse und durch eine Auslauföffnung mit Staublende durchgeleitet. Im Gehäuse stellen sich ausgehend von der hydraulischen Charakteristik der Auslaufblende in Abhängigkeit vom Durchfluss unterschiedliche Wasserstände ein, die wiederum von einem Schwimmer abgegriffen werden. Die Bewegungen des Schwimmers werden auf ein Verschlussorgan übertragen mit dem Ziel, den Abfluss annähernd konstant zu halten.

Diese Regler sind als unechte Regler zu bezeichnen, da prinzipiell kein konstanter Abfluss realisierbar ist, weil die zur Konstanthaltung des Abflusses notwendigen Stellbewegungen nur über Schwankungen des Wasserspiegels vor der abgehenden Staublende möglich sind, welche wiederum zwangsläufig zu nicht konstanten Abflüssen führen. Wegen der nachgeschalteten Staublende ist der systembedingte Freispüleffekt nur begrenzt wirksam. Verlegungen des eigentlichen Drosselorgans werden selbsttätig ausreguliert; Verlegungen der Ablaufblende dagegen nur dann, wenn eine spezielle Spülmechanik hierfür sorgt. Deshalb sollte der gemäß DWA-Arbeitsblättern kleinere Mindestabfluss (10 l/s statt 25 l/s) von Reglern bei diesen Systemen ohne Spülmechanik für die Auslaufblende nicht gelten.

Auch bei diesen Typen ist zur Prüfung ein Durchfluss zwingend nötig.

5.3.2.5 Elektromechanische Regelungen

Elektromechanische Regelungen bestehen meist aus einem geschlossenen Messrohr in trockener Aufstellung mit Durchflussmessgerät. Die Durchflussmesser können vollgefüllte oder teilgefüllte magnetisch induktive Geräte sein oder auch außen ange-

brachte Ultraschall-Laufzeitgeräte. In Strömungsrichtung dahinter ist das drosselnde Verschlussorgan, in der Regel ein Elektroschieber, angeordnet. Ein Regler, der als eigenständiges Gerät (Industrieregler) oder als Software in einer elektronischen Steuerung (SPS) vorhanden sein kann, übernimmt das Durchflusssignal und veranlasst den Elektroschieber zu Stellbewegungen mit dem Ziel, die Abweichung des Durchflusses vom Sollwert zu verringern. Die Sollwerte können entweder im Regler als Festwert abgelegt oder über DFÜ-Funktionen fernverstellbar sein.

Bei derartigen Regelungen mit Durchflussmesser in einem Messrohr sind zwar Vergleichsmessung meist auf einfache Weise möglich, allerdings spielt der zeitliche Ablauf des Durchflusses, der Beckenfüllung und der Volfüllung des Messrohres sowie das Zeitverhalten des Reglers (bestimmt durch die Parametrierung) eine große Rolle für den Einregelvorgang und die Stabilität des Regelprozesses. Diese Einflüsse und die Reaktion darauf können bei einer Beckenentleerung nur begrenzt untersucht werden. Insofern besteht bei elektromechanischen Regelungen mitunter Anlass für längerfristige Prüfmessungen.

5.3.2.6 Pumpenanlagen als Drosselorgane

Pumpen können im Prinzip über ihre begrenzte Förderleistung als Drosselorgane wirken und sind in diesem Fall prüfpflichtig nach Anhang 2 EKVO. Bei den im Abwasser üblichen Kreiselpumpen ist die genaue Einstellung einer Förderleistung allerdings schwierig, da diese vom Schnittpunkt von Pumpenkennlinie und Anlagenkennlinie abhängt. Ein bestimmter, konstanter Abfluss ist mit Abwasserpumpen in der Regel nicht zu erreichen. Unter diesen Bedingungen erreicht man einen gewünschten mittleren Sollabfluss dadurch, dass die Pumpe nur über einen bestimmten Bruchteil der Zeit eingeschaltet wird (Einschaltverhältnis).

Eine Drosselung lässt sich häufig (zuverlässig) durch Anordnung zusätzlicher Drosselorgane vor den Pumpwerken sicherstellen, wobei die Pumpe dann über die Wasserstände im Pumpensumpf geschaltet wird. Bei diesem Funktionsprinzip hat die Pumpe jedoch überhaupt keine Drosselfunktion; die Prüfpflicht nach EKVO erstreckt sich dann auf das Drosselorgan und nicht auf die Pumpe.

5.4 Kriterien für Auswahl, Auslegung, Anordnung und Ausstattung von Drosseleinrichtungen

5.4.1 Vorbemerkung

Zunächst ist auf die allgemeinen Hinweise aus dem Arbeitsblatt DWA-A 166 hinzuweisen. Nachfolgend sind noch einige Hinweise ergänzt bzw. herausgehoben, die für die durch Prüfstellen nach § 11 EKVO durchzuführenden Prüfungen besonders wichtig sind. Der Grundstein für eine funktionsgenaue und betriebssichere Drosseleinrichtung wird bereits in einer sehr frühen Planungsphase bei der Festlegung der Entlastungskonzeption und der Beckenabflüsse gelegt.

5.4.2 Anordnung der Drossel im System

Da wegen der notwendigen und nach Arbeitsblatt DWA-A 166 vorgeschriebenen Notentleerungsleitung ohnehin ein Schacht direkt nach der Ablauföffnung angeordnet werden muss, ist unter Bezug auf Bild 9 aus den nachstehenden Gründen eine halbtrockene Aufstellung sehr vorteilhaft.

- Es ist auf einfache Weise möglich, den im DWA-A 166 geforderten Absperrschieber vor dem Drosselorgan anzuordnen.
- Die aus der Drossel austretende Strömung ist sichtbar und zugänglich.
- Das Drosselorgan selbst ist nicht von außen dem Schmutzwasser ausgesetzt. Bei Drosselorganen in nasser Aufstellung erschwert ein nach jeder längeren Beckenfüllung vorhandener Schmutzbelag die Kontrolle und Wartung.
- Das Drosselorgan kann während des Betriebs beobachtet werden; am Drosselorgan können Messungen, z.B. über die momentane Öffnungsweite, vorgenommen werden.
- Die Wiederezuleitung der Notentleerungsleitung ist unproblematisch.
- Die bei trockener Anordnung notwendige Schachtentleerung mit Pumpe entfällt.
- Rückstau kann anhand der Schmutzränder im Schacht erkannt werden.
- Verstopfungen sind leicht zu erkennen und zu beseitigen.

Nass aufgestellte Drosseln haben den Vorteil, dass sie keinen eigenen Drosselschacht benötigen. Dieser Vorteil ist dann unbedeutend, wenn wegen der Notentleerungsleitung ohnehin direkt unterstrom des Beckens ein Schacht zu bauen ist. Zudem haben sie den gravierenden Nachteil, dass sie während des Betriebs nicht beobachtet werden können und sich durch die Benetzung mit Abwasser mit einem Fett- und Schmutzfilm überziehen, der die Arbeit an diesen Geräten erheblich behindert.

Die trockene Aufstellung ist nur denkbar bei Schiebern in Rohrleitungen, die entweder gesteuert oder geregelt sind. Da das in den Drosselschacht eindringende Abwasser nicht ablaufen kann, muss eine künstliche Entleerung vorgesehen werden. Außerdem ist bei der trockenen Anordnung Rückstau, der den Drosselabfluss beeinflussen kann, nicht erkennbar. Vorteilhaft ist, dass bei einem Rückstau aus dem weiterführenden Netz keine größeren Abwassermengen in den Drosselschacht eindringen können.

5.4.3 Auswahl des Drosselftyps

Für die Auswahl des Drosselftyps ist eine Reihe von Kriterien zu beachten wie z. B.

- Sollabfluss
- erforderlicher Sohlabsturz
- Stromanschluss
- Messaufgaben
- Fernsteuerung
- Verstellbarkeit

- Empfindlichkeit gegen Rückstau
- bauliche Anforderungen etc.

Hierzu wird auch auf das Arbeitsblatt DWA-A 166 verwiesen.

Aus Sicht des Prüferfordernisses nach § 2 Abs. 2 EKVO in Verbindung mit Anhang 2 EKVO haben Drosselformen mit folgenden Eigenschaften besondere Vorteile:

- vollständige Absperrbarkeit des Abflusses mit einem von oben bedienbaren Schieber
- Möglichkeit zur halbtrockenen Aufstellung
- Simulierbarkeit der Drosselreaktion auf den variablen Oberwasserstand
- genaue Erfassbarkeit der Geometrie des Auslaufquerschnittes und der Ausflussbeiwerte
- Messbarkeit der Drosselbewegung während einer Entleerung
- umfangreiche Dokumentation der hydraulischen Eigenschaften durch den Hersteller
- einfache Justierbarkeit.

Darüber hinaus ist es für die zukünftige Entwicklung der Steuerung von Kanalisationsnetzen vorteilhaft, wenn die Drosselorgane fernsteuerbar sind bzw. in Fernwerkssysteme eingebunden werden können.

5.4.4 Absperr-Schieber

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A 166 sollte vor der Drossel ein zusätzlicher Absperrschieber angeordnet werden. Der Absperrschieber hat die Aufgabe, zum Aufstau des Beckens, bei Arbeiten an der Drossel sowie in Notfällen das Becken absperrn zu können. Bei gesteuerten Schiebern in halbtrockener Aufstellung, bei denen die Drosselwirkung selbst durch einen gewöhnlichen Schieber ausgeübt wird, kann auf einen zweiten Schieber verzichtet werden. Bei Drosselformen in trockener Anordnung mit einem MID und geregelter Schieber ist dieser unterstrom des MID-Messwertaufnehmers anzuordnen. Dann ist ein zweiter Schieber oberstrom sinnvoll, damit eine Ausbaumöglichkeit für den MID-Messwertaufnehmer besteht.

Gemäß DWA-A 166 ist die Antriebsspindel bis zur Erdoberfläche zu verlängern. Für die Arbeit an der Drossel sowie die Kontrolle ist es jedoch günstig, wenn der Schieber im Drosselschacht zusätzlich ein Handrad erhält.

5.4.5 Rohrführung im Unterwasser

Bei gesteuerten Schiebern in halbtrockener Aufstellung tritt bei höherem Druck und kleinen Spaltweiten der Strahl häufig unkontrolliert aus und benetzt Teile des Drosselschachts. Um dies zu vermeiden, sollte nach dem Schieber noch ein kurzes Rohrstück folgen. Der Rohrabschnitt unterstrom des Schiebers sollte mindestens

eine Länge des zweifachen Durchmessers ($2 \times d$) haben, damit Austrittsstrahlen immer zur Ablauföffnung hin ausgerichtet werden.

Es ist bei halbtrockener Aufstellung bei vielen Drosselftypen wichtig, das abgehende Rohr exakt fluchtend zum Auslauf der Drossel anzuordnen, da sonst das aus der Drossel schnell ausfließende Wasser sich an Stoßkanten bricht und Flächen außerhalb der Trockenwetterrinne benetzt werden. Diese Flächen sind dann meist durch Sielhaut glitschig und verschmutzt.

5.4.6 Anordnung und Größe der Einstiege

Grundsätzlich ist es von Vorteil, wenn die Einstiege zum Drosselschacht nicht im Bereich einer vielbefahrenen Straße liegen.

Die Einstiege müssen sowohl die Montage und Wartung der Drossel ermöglichen als auch für Licht und Luft im Schacht sorgen. Für Kontrollen und Prüfmessungen und die Montage der dazu nötigen Geräte ist es wichtig, dass der Einstieg mit einer bequem zu begehenden Leiter ausgestattet ist. Die Leiter sollte den lichten Querschnitt der Einstiegsöffnung (min. 80 cm Durchmesser) nur unwesentlich verringern.

Es ist vorteilhaft, wenn der erste Schacht nach der Drosselanlage gut zugänglich und mit einem Fahrzeug anfahrbar ist. Der Einstieg sollte über der Fortsetzung der ankommenden Rohrachse liegen.

Die Abdeckungen sollten nicht unnötig schwer sein. Gitterroste sind zu sichern, müssen aber auch leicht zu öffnen sein.

5.4.7 Beleuchtung, Belüftung, Platzverhältnisse

Die ausreichende Beleuchtung und Belüftung ist unabdingbare Voraussetzung für gefahrloses Arbeiten im Drosselschacht. Bei größeren Schächten sind deshalb 2 Einstiege vorzusehen.

Die Arbeiten im Drosselschacht werden erheblich erleichtert, wenn ausreichend nicht benetzte Flächen vorhanden sind. Beide Seiten der Drossel sollten begehbar sein.

5.4.8 Explosionsschutz

Die einschlägigen Vorschriften zum Explosionsschutz sind einzuhalten.

6. Prüfung der Regentlastungen und Regenrückhaltebecken nach Anhang 2 EKVO

6.1 Allgemeines

Die Prüfung der Regentlastungen und Regenrückhaltebecken gliedert sich in

- eine Bauzustandsprüfung
- eine betriebliche Prüfung (Sichtprüfung und Funktionstest) und

zusätzlich bei Regentlastungen

- eine hydraulische Prüfung der Drosseleinrichtungen.

Drosseleinrichtungen arbeiten nach sehr unterschiedlichen Prinzipien und nutzen zum Teil komplizierte hydraulische Vorgänge und komplexe mechanische, elektromechanische und elektronische Steuerungen/Regelungen. Deshalb ist eine qualifizierte Kontrolle nur mit entsprechenden Kenntnissen und einer umfassenden Geräteausstattung möglich.

Für zentrale Regentlastungsanlagen sind Messwerte über Füllstand, Entlastungshäufigkeit und Entlastungsdauer zu erfassen.

Als Betriebsdokumentation empfiehlt es sich, für jede Regentlastung/ -rückhaltung ein Stammdatenblatt gemäß Anlage 1 anzulegen und Prüfnachweise gemäß den Anlagen 2, 3a und 3b zu führen. Diese Dokumente sind der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

6.2 Bauzustandsprüfung

Die Bauzustandsprüfung ist jährlich von einem sachkundigen Beauftragten des Betreibers vorzunehmen. Als sachkundig können Personen mit einer erfolgreich abgeschlossenen Ausbildung als Ver- und Entsorger, Abwassermeister, Bautechniker oder Bauingenieur gelten.

Die Bauzustandsprüfung umfasst nach Anhang 2 Tabelle Erläuterung (5) die visuelle Kontrolle (Sichtprüfung) des Zustandes der Baukonstruktion und der Oberfläche; dazu gehört auch die Prüfung der Festigkeit von Einbauten (z. B. von Tauchwänden) und des Zustandes und der Dichtigkeit von Fugen. Durch die Bauzustandsprüfung soll sichergestellt werden, dass das Bauwerk in seinem Bestand in Ordnung ist, baulich den Regeln der Technik entspricht und seine Funktion vollständig erfüllen kann. Im Einzelnen sind einer Prüfung zu unterziehen:

- die Bausubstanz incl. Bauwerksfugen und Bewehrung (Korrosion durch mangelnde Betondeckung)
- betriebliche Einrichtungen wie Abdeckungen, Einstiege
- die Sicherheitseinrichtungen, Einstiegshilfen, Deckelarretierungen etc.
- Schieber, Grundablässe etc.
- ankommende und abgehende Leitungen sowie

- hydraulisch wichtige Bauelemente wie Tauch- und Leitwände, Überfallschwellen, Drosselblenden.

Die Bauzustandsprüfung ist einmal im Jahr durchzuführen, und die Ergebnisse sind in einem Betriebstagebuch zu dokumentieren. Nach Erläuterung Nr. 9 zur Tabelle des Anhangs 2 EKVO sind die maßgebenden Daten in einem Datenblatt zu jedem einzelnen Bauwerk zu vermerken. Hierfür sollte Anlage 2 verwendet werden. Sie ist der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

6.3 Betriebliche Prüfung

6.3.1 Allgemeines

Die betriebliche Prüfung besteht aus einer mindestens monatlichen Sichtprüfung und einer mindestens vierteljährlichen Funktionskontrolle. Sie ist von einem sachkundigen Beauftragten des Betreibers vorzunehmen. Als sachkundig können insbesondere Personen mit einer erfolgreich abgeschlossenen Ausbildung als Ver- und Entsorger, Abwassermeister oder Bautechniker gelten.

Die betriebliche Prüfung hat zum Ziel, nach jeder stärkeren Belastung des Systems zu kontrollieren, ob die betrieblichen Einrichtungen noch in Ordnung und funktionsfähig sind. Werden hierbei deutlich sichtbare Schäden an der Bausubstanz festgestellt, ist eine detaillierte Bauzustandsprüfung umgehend vorzunehmen.

6.3.2 Sichtprüfung

Die Sichtprüfung ist mindestens monatlich von einem sachkundigen Beauftragten vorzunehmen. Sie umfasst die Kontrolle der abwasserführenden Anlagenteile hinsichtlich der Beeinträchtigung der Funktion. Auf folgende Punkte ist besonders zu achten:

- Hindernisse in der Strömung
- Ablagerungen
- Verstopfungen
- Verschmutzung
- Rückstau aus dem weiterführenden Kanal sowie
- bei Entlastungsanlagen auch die Einleitstelle ins Gewässer

Darüber hinaus ist das Augenmerk zu richten auf:

- Verzopfungen,
- Verformungen an Einbauteilen und
- Durchgängigkeit von Be- und Entlüftungsöffnungen.

Die Ergebnisse der Sichtprüfung sind in einem Betriebstagebuch zu dokumentieren. Nach Erläuterung Nr. 9 zur Tabelle des Anhangs 2 EKVO sind die maßgebenden Daten in einem Datenblatt zu jedem einzelnen Bauwerk zu vermerken. Hierfür sollte Anlage 3a verwendet werden. Sie ist der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

6.3.3 Funktionstest

Der Funktionstest umfasst die Prüfung der Gängigkeit und Funktion von beweglichen Anlagenteilen. Er erstreckt sich auf die Prüfung mechanischer und elektromechanischer Stellorgane, der Beweglichkeit von Schiebern, der Funktion von Überfallklappen, von Siebmaschinen, von Reinigungseinrichtungen und von Drosselorganen. Er schließt auch die Kontrolle der Einstellung von Sollabflüssen an Drosselorganen und von Grenzsaltern sowie die Prüfung der Funktion von Sensoren und von Mess- und Datenerfassungsgeräten etc. ein.

Je nach Ausstattung der Anlage sind z.B. folgende Elemente in die Kontrolle einzubeziehen:

- Bewegliche Klappen und Reinigungseinrichtungen (z.B. Siebmaschinen) am Beckenein- und -überlauf
- Drosselorgane, Abflusssteuerungen, Abflussregler, Luftventile oder Klappen an luftgesteuerten Heberwehren, elektromechanische Stellorgane
- Reinigungseinrichtungen im Becken (die Funktion von Reinigungseinrichtungen kann auch anhand der Reinigungswirkung überwacht werden)
- Messeinrichtungen
- Datenaufzeichnungseinrichtungen; (bei Datenregistriereinrichtungen ist die aktuelle Funktion auch durch Überprüfung der jüngsten Messdaten nachweisbar).

Die Funktionskontrollen sind mindestens vierteljährlich vorzunehmen und in einem Betriebstagebuch zu dokumentieren. Für die Dokumentation sollte Anlage 3b verwendet werden. Diese ist der Wasserbehörde auf Verlangen vorzulegen.

6.4 Hydraulische Prüfung

6.4.1 Allgemeines

Alle fünf Jahre ist eine hydraulische Prüfung bei Regentlastungen (Regenüberlaufbecken und Regenüberläufen) durch eine Prüfstelle nach § 11 EKVO durchzuführen.

Die hydraulische Prüfung der Drosseleinrichtungen an Regentlastungsanlagen dient der Erhebung der Auslegungs- und Betriebsdaten der Anlage und der Dokumentation der maßgebenden Abflusskurve. Sie soll zeigen, inwieweit der Abfluss bei Regen mit dem zugelassenen Wert übereinstimmt und ob die zulässigen Abweichungen eingehalten sind.

Zum Untersuchungsumfang gehört die Beschaffung und Zusammenstellung von hydraulischen Auslegungsdaten und Bestandsdaten. Diese sind typenabhängig und in den nachfolgenden Abschnitten aufgeführt. Allgemein sind dazu folgende Unterlagen zusammenzustellen:

- Vorgaben aus dem aktuellen Entwässerungsplan (Sollwerte) inkl. aktuellem Ausbauzustand des Netzes
- Daten gemäß Stammdatenblatt (Anlage 1) in aktuell gültiger Fassung

- Unterlagen des Herstellers
- Technische Daten der Drosseleinrichtung
- Dokumentationen über bisher durchgeführte Prüfungen
- Daten und Aufnahmen der Kanalinspektion im Rahmen der Eigenkontrolle (Sichtprüfung und Funktionstest)
- Bestandsdaten für Querschnitte, Längen und Höhen
- Bauwerkszeichnungen, Grundriss und Längsschnitte

Die allgemeinen Prüfmaßnahmen an der Anlage (Drosseleinrichtung) umfassen:

- a) Prüfung und ggf. Nacherhebung der Bestandsdaten
- b) Bei Regenüberläufen sind Durchmesser, Länge und Gefälle der Drosselstrecke sowie die Höhenlage und Länge der Überlaufschwelle zu überprüfen.
- c) Kontrolle der Einhaltung der Einbaubedingungen der Drosseleinrichtung
- d) Prüfung auf Vollöffnung eines eventuell vorgelagerten Schiebers
- e) Kontrolle auf offensichtlichen Rückstau
- f) Kontrolle auf Verlegungen, Ablagerungen, Abflusshindernisse, Veränderung der hydraulischen Randbedingungen etc.
- g) Prüfung auf Strahlbildung mit Durchschießen von Querschnitten
- h) Aufnahme der maßgebenden Abflusskurve

Die hierfür zur Verfügung stehenden Prüfmethoden werden im Kapitel 6.5 vorgestellt.

Der Aufstau von Abwasser für die Prüfung erfolgt üblicherweise im Verantwortungsbereich des Auftraggebers. Das heißt, dass es dem Betreiber obliegt, den Aufstau so zu steuern und zu überwachen, dass keine Belastungen des Gewässers auftreten.

6.4.2 Maßgebende Einstaubereiche

6.4.2.1 Hauptschluss

Die zu betrachtenden Einstaubereiche werden gemäß Arbeitsblatt DWA-A 111 in vier verschiedene Bereiche unterschieden (Bild 11).

Bei Regenüberläufen werden nur die Abflüsse in Höhe der Entlastungsschwelle betrachtet, wobei hier die gleichen Abweichungen zulässig sind wie bei den Mittelwerten von Abflusskurven. Dies gilt ebenso für Becken im Nebenschluss, wobei hier die Schwelle des Trennbauwerks durch die Entlastungsschwelle zu ersetzen ist.

6.4.2.2 Nebenschluss

Bei Einrichtungen im Nebenschluss werden, wie bei Regenüberläufen, nur die Abflüsse in Höhe der Schwelle des Trennbauwerks betrachtet.

Solange keine Gefahr der Gewässerbelastung besteht, ist die maximale Wasserstandshöhe am Trennbauwerk durch geeignete Maßnahmen bei der Prüfung zu reali-

sieren. Dies kann beispielsweise durch das manuelle Einschalten von Beckenentleerungspumpen der Fall sein.

6.4.3 Zulässige Messfehler und Abweichungen

In Übereinstimmung mit dem Arbeitsblatt DWA-A 111 sind unter Bezug auf Bild 11 zwei Abweichungskriterien definiert:

Zur Beurteilung der hydraulischen Belastung der nachfolgenden Kanäle ist die Abflusskurve lokal zu betrachten. Für die Nutzung des Retentionsraumes ist jedoch eine mittlere Abweichung maßgebend. Deshalb sind zur Beurteilung gemäß Bild 11 folgende zwei Kriterien zu verwenden:

Lokale Abweichung:

Kein Punkt der Ist-Abflusskurve darf um mehr als das zulässige $\Delta Q(h)$ von der Soll-Abflusskurve bei gleicher Höhe h abweichen. Dabei müssen turbulente Schwankungen herausgemittelt sein.

$$\Delta Q(h) = |Q_{\text{Ist}}(h) - Q_{\text{Soll}}(h)| < \text{zul } \Delta Q(h) \quad (2)$$

mit $\text{zul } \Delta Q(h) = c_1 \times Q_{\text{Soll}}(h)$ (3)

In Hessen gilt $c_1 = 0,20$. Dies bedeutet, dass kein Punkt der Bestands-Abflusskurve bezüglich Abfluss um mehr als 20 Prozent vom Soll-Abfluss (Punkt der Soll-Abflusskurve bei gleicher Höhe) abweichen soll.

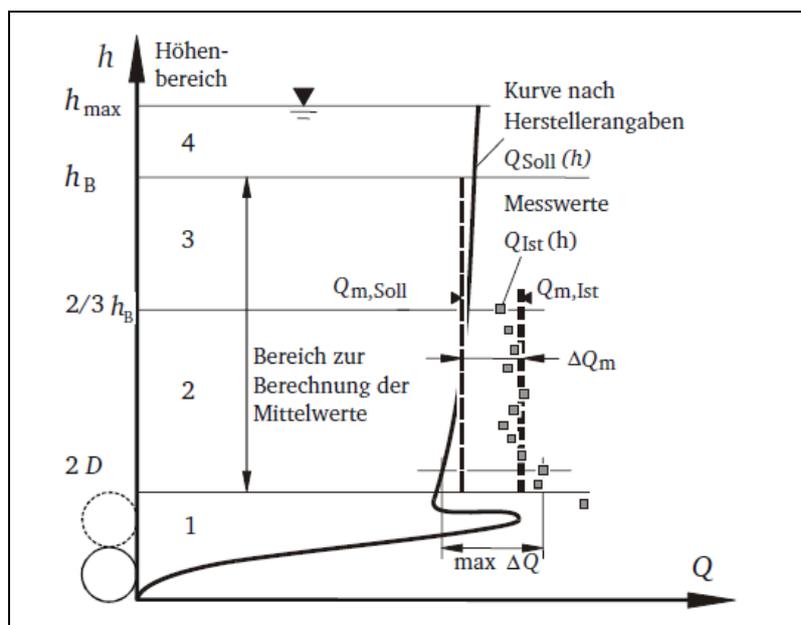


Bild 11: Beurteilung von Abflusskurven bei Drosselanlagen (Bild 12 aus DWA-A 111)

Mittelwert:

Der Mittelwert der Abweichungen zwischen den beiden Kurven darf nicht größer sein als eine zulässige mittlere Abweichung:

$$\Delta Q_m = |Q_{m, \text{Ist}}(h) - Q_{m, \text{Soll}}(h)| < \text{zul } \Delta Q_m \quad (4)$$

mit $\text{zul } \Delta Q_m = c_2 \times Q_{m, \text{Soll}} \quad (5)$

Die Mittelwerte werden gebildet für die Kurvenabschnitte zwischen dem zweifachen Drosseldurchmesser und der Höhe der tiefsten Überlaufschwelle.

In Hessen gilt $c_2 = 0,12$. Dies bedeutet, dass der Mittelwert des bei Prüfmessungen ermittelten Abflusskurvenabschnittes für einen Höhenbereich zwischen $2 \times d$ und h_B um nicht mehr als 12 Prozent vom konstanten Sollabfluss oder vom Mittelwert der Sollabflusskurve (gleicher Höhenbereich) abweichen darf.

Bei einer Abweichung um mehr als 12 Prozent sind erforderliche Maßnahmen zur Einhaltung der zulässigen Abweichung in Abstimmung mit der Prüfstelle und der Wasserbehörde durchzuführen.

In Arbeitsblatt DWA-A 111 sind weitere Details zur Bestimmung der Mittelwerte bei W-Q-Beziehungen zu finden.

6.5 Beschreibung der Prüfmethode für die hydraulische Prüfung

6.5.1 Einführung und Prüfstrategien

Zur Feststellung der maßgebenden Bestands-Abflusskurve und zur Prüfung der Gerätefunktion sind sehr unterschiedliche prinzipielle Vorgehensweisen und Methoden einsetzbar. Die zu wählende Prüfmethode ist von folgenden Drosseleigenschaften, Standortmerkmalen und betrieblichen Randbedingungen abhängig:

- **Wasserwirtschaftliche Relevanz des Speichervolumens:**
Bei Drosseleinrichtungen mit Speichervolumen beeinflusst die Abflusskurve die Nutzung des Retentionsraums. Damit ist die mittlere Abweichung des tatsächlichen Durchflusses vom Sollwert der Drossel von wesentlicher Bedeutung und Gegenstand der Prüfung.
Bei Drosselanlagen ohne zugeordnetes nennenswertes Speichervolumen (z.B. Regenüberläufe) ist lediglich der Abfluss während der Entlastungstätigkeit von Bedeutung. Deshalb kann sich hier die Prüfung auf die Kontrolle bei Stauhöhen in Schwellenhöhe beschränken.
- **Aufstaubarkeit für die Prüfung ausreichender Wassermengen:**
Ist ein Speichervolumen vorhanden, so kann durch künstlichen Einstau bei Trockenwetter oder durch künstliche Füllung ein Regenabflussereignis simuliert und die Abflusskurve durch Vergleichsmessung aufgenommen werden. Ohne dieses Speichervolumen ist die Simulation eines Regenwetterfalles nicht möglich, und es verbleiben nur bestimmte „trockene“ Kontrollmethoden oder Langzeitmessungen.

Bei den Nebenschlussbecken mit gepumpter Entleerung ist z.B. die Förderleistung der Entleerungspumpe von erheblicher Bedeutung für die Prüfung. Liegt diese über dem Sollabfluss, können mit Entleerung längerfristig Vergleichsmessungen durchgeführt werden. Anderenfalls reicht der Wasservorrat nur in Sonderfällen für eine zuverlässige Vergleichsmessung.

- Vorhandensein eines Absperrorgans oder Einsetzbarkeit einer Absperrblase
- Verfügbarkeit genauer Informationen über die Durchflusscharakteristik des Drosselorgans (Geometrie der Durchflussöffnung; Kontraktions- oder Durchflussbeiwerte)
- Genaue Erfassbarkeit der Stellung des Verschlusselements im Drosselorgan

Hinsichtlich der Frage, ob ein Abfluss benötigt wird und wie dieser genutzt wird, können die Prüfstrategien wie folgt gegliedert werden:

a) „Trockene“ Prüfmethode (ohne Wasseraufstau, ohne Abflussmessung)

- Kontrolle der Geometrie und Nachrechnung der Hydraulik
- Kontrolle der Einbau- und Betriebsbedingungen für typgeprüfte Drosselorgane (z. B. Wirbeldrosseln)
- Simulation von Aufstau und Prüfung der Gerätefunktion (z. B. bei mechanischen oder elektromechanischen Abfluss-Steuerungen)

b) „Nasse“ Prüfmethode

(mit Wasseraufstau oder natürlichem Wasseraufkommen, ohne oder mit Vergleichs-Abflussmessung)

- Volumetrische oder gravimetrische Methoden
- Funktionskontrolle von bestimmten Steuerungen oder Reglern bei der Entleerung (Nachmessung der Bewegung von Stellorganen und Nachrechnung des Durchflusses)
- Kurzzeit- oder Entleerungsmessung mit Vergleichsdurchflussmessgerät
- Langzeitmessung mit Vergleichsdurchflussmessgerät

Die in Abwasseranlagen anwendbaren Durchflussmessverfahren sind im Merkblatt DWA-M 181 näher beschrieben.

Da nur in Standardfällen und unter normalen betrieblichen Bedingungen den einzelnen Drosseltypen bestimmte Prüfmethode bevorzugt zugeordnet werden können, liegt die Wahl einer unter den jeweiligen Bedingungen geeigneten Prüfmethode in der Verantwortung der Prüfstelle.

Bei Drosselorganen ohne bewegliche Teile kann davon ausgegangen werden, dass bei Vorliegen aller betrieblichen und hydraulischen Voraussetzungen keine Fehler durch mechanisches Versagen entstehen können. Deshalb ist es bei diesen Anlagen ausreichend, die Prüfung auf diese funktionellen Randbedingungen zu beschränken.

Die für diesen Prüfumfang nötigen Methoden sind im Kap. 6.5.2.2 beschrieben. Nachfolgend werden die Prüfmethode eingehender erläutert.

6.5.2 Trockene Prüfmethode

6.5.2.1 Prinzip

Die „trockene Prüfung“ beinhaltet entweder eine hydraulische Nachrechnung der Abflussleistung als Funktion der Stauhöhe oder eine trockene Simulation von Wasserständen mit Überprüfung der Stellbewegung und der damit verbundenen Veränderung der Auslauföffnung in Abhängigkeit von einem simulierten Wasserstand. Ist die Abflusscharakteristik eines Drosselorgans, d.h. die Abhängigkeit des Abflusses von der Stauhöhe im Oberwasser und von der Spaltweite, bekannt, dann kann die Funktion dadurch überprüft werden, dass mehrere Oberwasserspiegel künstlich erzeugt und die zugehörigen Stellbewegungen des Verschlusses (Öffnungshöhe) nachgemessen werden. Bei bekannter Abhängigkeit der Durchflussfläche von der Schwimmerhöhe und bekanntem Ausflussbeiwert kann die Abflussleistung der Drossel damit ausreichend genau berechnet werden.

Voraussetzung für den Einsatz dieser Methode ist eine genaue Möglichkeit der Simulation des Wasserstandes sowie die Kenntnis der Geometrie der Ablauföffnung und der Ausflussbeiwerte.

Die Anwendung dieser Methode ist z.B. auch möglich bei mechanischen Abflusssteuerungen, bei denen ein Schwimmer dem Oberwasserstand folgt, wenn die Durchflussfläche zugänglich ist und vermessen werden kann. Zusätzlich muss die Schwimmtiefe abgeschätzt werden können. Bei der Prüfung wird der Schwimmer in eine bestimmte Höhe angehoben, und die Höhe der Schwimmerachse und die Stellung des Verschlussorgans bzw. die Durchflussfläche werden gemessen.

6.5.2.2 Kontrolle von Drosselanlagen ohne bewegliche Teile

a) Wirbeldrosseln und Wirbelventile

Diese Prüfung beinhaltet die Prüfung von Geometrie, Einbaubedingungen und hydrometrischen Randbedingungen anhand der Herstellerangaben.

Es wird davon ausgegangen, dass die Drossel ausreichend genau funktioniert, wenn

- sie für den richtigen Sollabfluss ausgewählt wurde,
- sie im Werk bauartkalibriert oder einzeln kalibriert ist,
- die Geometrie dem Auslieferungszustand entspricht,
- die betrieblichen Randbedingungen in Ordnung sind,
- keine Verstopfungen oder sonstigen Fehlereinflüsse vorliegen und
- die Belüftung dem normalen Zustand entspricht.

b) Hydraulische Nachrechnung von Rohrdrosseln

Die Rohrdrossel oder Drosselstrecken stellen den am häufigsten vorkommenden Typ der Drosseln ohne bewegliche Teile dar. Sie wurden in der Regel im Zuge der Detailplanung zum Entlastungsbauwerk vom planenden Ingenieurbüro hydraulisch bemessen. Im besten Fall liegt hierüber eine nachvollziehbare hydraulische Berechnung vor. Folgendes muss Gegenstand der Prüfung sein:

- (1) Übereinstimmung des Bestandes hinsichtlich Abmessungen, Sohlhöhen, Schwellenhöhe, Gefälle der Drosselstrecke mit der Planung
- (2) Hydraulische Berechnung der Drosselstrecke und Prüfung auf Übereinstimmung mit den Daten aus der Kanalnetzrechnung
- (3) Falls ein zusätzlicher Drosselschieber vorhanden ist, ist dieser in der hydraulischen Berechnung entsprechend zu berücksichtigen.

Die Prüfmethode ist nur anwendbar, wenn die im Arbeitsblatt DWA-A 111 (dortiges Kap. 6.1.5) dargestellten Voraussetzungen erfüllt sind.

c) Drosselblenden und Drosselschieber

Drosselblenden und Drosselschieber können trocken und ohne Vergleichsmessungen geprüft werden, wenn

- (1) die Geometrie der Auslauföffnung genau bekannt ist oder aufgenommen wird,
- (2) die Höhenverhältnisse im Längsschnitt erfasst sind,
- (3) im Betrieb kein Rückstau eintritt,
- (4) der austretende Strahl belüftet ist und
- (5) die Kontraktions- bzw. Durchflussbeiwerte der Blende oder des Schiebers bekannt oder genau genug abschätzbar sind.

Unter diesen Voraussetzungen ist eine ausreichend genaue Nachrechnung der Abflusskurve möglich. Andernfalls müssen Vergleichsmessungen, zumindest bei einer Beckenentleerung, vorgenommen werden.

Zusammenfassung:

Es sind bei Drosseln ohne bewegliche Teile alle Parameter zu erheben und Umstände zu erfassen, die Einfluss auf den Abfluss haben. Darauf wird eine Nachrechnung der Wasserstands-Abfluss-Beziehung aufgebaut. Es kann davon ausgegangen werden, dass die für eine Nachrechnung anzusetzenden Abflussgleichungen ausreichend bekannt sind. Für die darin benötigten empirischen Parameter (Durchflussbeiwerte, Rauheitsparameter; Reibungsbeiwerte, etc.) sind folgende Quellen denkbar:

- a) Entnahme aus der Fach-Literatur (meist möglich für Durchflussbeiwerte, Reibungsbeiwerte, Verlustbeiwerte bei Standardausführungen)
- b) Bereitstellung durch Hersteller

- c) Kalibrierung im hydraulischen Labor
- d) Nachmessung vor Ort mit aufgestautem Wasser oder über ein Langzeitmessung mit Mischwasserabfluss

Die Gewinnung der Beiwerte nach Buchstabe a) und b) ist - wenn irgend möglich - die Vorgehensweise der Wahl. Die aufwändigen Methoden nach Buchstabe c) und d) sind nur bei Fehlen von Informationen über die Q-h-Linie angezeigt.

6.5.2.3 Mechanische oder elektromechanische Abflusssteuerungen

Bei elektromechanischen Abflusssteuerungen mit Ultraschall- oder Radar-Wasserstandsmessgerät kann der Wasserstand mit einer Kalibrierplatte simuliert werden. Das System wird dann das Verschlussorgan in eine bestimmte Stellung fahren. Wenn das Drosselorgan hydraulisch und geometrisch genau dokumentiert ist, kann der fiktive Abfluss berechnet werden.

Bei anderen Methoden der Wasserstandsmessung (z.B. Drucksonde) ist die Simulation verschiedener Wasserstände so aufwändig, dass der Vorteil einer trockenen Direktprüfung nicht mehr zum Tragen kommt.

6.5.3 Nasse Prüfmethode

6.5.3.1 Volumetrische / gravimetrische Methoden

Bei den volumetrischen oder gravimetrischen Methoden wird der zu messende Wasserstrom für eine definierte Zeit in ein Messgefäß geleitet. Wird der Inhalt über das Volumen bestimmt (ausgelitertes Messgefäß), spricht man von einer volumetrischen Messung. Steht das Messgefäß auf einer Waage und wird das Volumen über Gewicht und Dichte bestimmt, dann handelt es sich um eine gravimetrische Kontrollmessung. Gravimetrische Methoden sind jedoch auf Kontrollmessungen im Labor beschränkt.

Voraussetzung zum Einsatz volumetrischer Methoden ist die genaue Kenntnis der Speicherinhaltslinie des Messgefäßes. Die Ermittlung der Speicherinhaltslinie von Becken und Stauräumen kann beim Einstau von einmündenden Kanälen Probleme bereiten. Über die zu messende Füllhöhe ergibt sich aus der Speicherinhaltslinie das aufgefangene Volumen.

Bei der gravimetrischen Methode wird das Messvolumen aus dem Gewicht über die temperaturabhängige Dichte berechnet.

6.5.3.2 Prüfung von Drosseln mit bekannter Abflusscharakteristik ohne Vergleichsmessung

Bestimmte Drosselformen (z.B. bestimmte hydraulisch-mechanische Abflussregler) ermöglichen eine Funktionsprüfung mit Wasser, aber ohne Durchflussmessung bei einer Entleerung oder im laufenden Betrieb. Voraussetzung ist, dass die Abflusscharakteristik, das heißt Durchflussbeiwerte und Öffnungsgeometrie, genau bekannt ist und die Stellung des Organs relativ genau gemessen werden kann. Der Abfluss wird

benötigt, um den hydraulisch angetriebenen Regelvorgang normal ablaufen zu lassen.

Hierzu ist die eingeregelterte Stellung des Verschlusses in Abhängigkeit vom Oberwasserstand anhand eines maßgebenden Punktes (z.B. Oberkante eines Verschlussorgans) zu messen. Aus den bekannten geometrischen Zusammenhängen kann die Durchflussfläche der Drossel ermittelt werden. Zusammen mit einem Ausflussbeiwert kann daraus der Durchfluss berechnet und mit dem Sollwert verglichen werden.

Diese Überprüfungsmethode hat für die genannten Typen Vorteile, da Vergleichsmessungen nicht nötig sind und die Beckenentleerung zwischen den einzelnen Messphasen mit eingeregelter Drossel beschleunigt werden kann. Es sind aber auch Langzeitmessungen nach diesem Prinzip denkbar, wenn die Stellung des Verschlussorgans und die Oberwasserstände aufgezeichnet werden.

6.5.3.3 Vergleichs-Abflussmessung bei Entleerung (nasse Prüfung)

Bei der Überprüfung einer Drosseleinrichtung mittels Vergleichsmessung wird unter Trockenwetterbedingungen ein Regenwetterfall durch künstlichen Einstau des Beckens oder vorgelagerten Kanals und anschließende Entleerung simuliert. Bei der Prüfung wird das Wasser durch die Drossel abgelassen und dabei Beckenwasserstand und Durchfluss gemessen. Als Vergleichsmessverfahren kommen alle Verfahren in Betracht, die für Rohabwasser geeignet sind.

Im Drosselschacht oder einem nachfolgenden Schacht kann je nach vorliegenden Voraussetzungen eine mobile Messvorrichtung nach folgenden hydrometrischen Verfahren eingebaut werden:

- Magnetisch-induktives Durchflussmessgerät zum Einbauen
- Ultraschall-Laufzeitgerät auf dem Drosselrohr oder zum Einbauen
- Geschwindigkeitsprofile erfassende Messverfahren mit kombinierten oder getrennten Sensoren für Wasserstand und Geschwindigkeit
- Tracermessung (schwallartiger oder stetige Tracerzugabe)
- andere für Rohabwasser geeignete Durchflussmessverfahren

Die Ganglinien des Wasserstandes ($h = f(t)$) und des Abflusses ($Q = f(t)$) sind während eines Teils des Entleerungsvorganges aufzuzeichnen. Durch Verschneiden der Ganglinien kann die Abflusskurve $Q=f(h)$ ermittelt werden. Wichtig ist dabei, dass die Drosselfunktion nicht durch Rückstau aus der Kontrollmessung beeinflusst wird.

Bei bestimmten Drosselformen, wie z.B. geregelten Schiebern mit MID, genügen ausgewählte Punkte aus der Abflusskurve, die möglichst die im Betrieb durchlaufene Höhenlamelle abdecken sollen.

6.5.3.4 Langzeit-Vergleichsmessung

Bei der Langzeitmessung kommen automatisierte Vergleichsmessverfahren zum Einsatz, die den Durchfluss über einen längeren Zeitraum aufzeichnen.

Statt eines künstlichen Einstaus werden natürliche Regenereignisse zur Beurteilung des Betriebsverhaltens der Drosseleinrichtung herangezogen. Zusätzlich wird das Verhalten des unterhalb liegenden Netzes auf den Drosselabfluss mit erfasst.

Die Langzeitmessung erfordert einen deutlich erhöhten Aufwand gegenüber den zuvor genannten Verfahren, da eine zuverlässige Gerätefunktion mit aussagekräftigen Ergebnissen nur mit regelmäßigen Kontrollen vor Ort erwartet werden kann.

Als Kontrollmessverfahren kommen auch hier alle Verfahren für Rohabwasser und den Einsatz im Kanal in Betracht (siehe 6.5.3.3).

6.6 Komponenten und Eigenschaften zur Erleichterung der hydraulischen Prüfung

6.6.1 Vorbemerkungen

Die nach Anhang 2 EKVO regelmäßig durchzuführenden Prüfungen von Drosselorganen können durch bestimmte Merkmale und Qualitäten der Drosselorgane sowie durch die Ausstattung der Drosselanlage unterstützt werden.

6.6.2 Hydraulisch definierte und dokumentierte Ausflussbeiwerte

Der Drosselhersteller sollte die Durch- oder Ausflussbeiwerte des verwendeten Verschlussorgans in der Dokumentation zur Drosseleinrichtung angeben. Mit diesen Informationen kann die Prüfstelle die weniger aufwendigen Methoden der trockenen oder nassen Überprüfung der Stellbewegung anwenden.

6.6.3 Exakte Dokumentation der Geometrie

Für die trockene Prüfung und die nasse Prüfung nach Kap. 6.5.3.2 ist es nötig, die Geometrie des Auslaufquerschnitts in Abhängigkeit von der Stellung des Verschlussorgans zu kennen. Da diese am eingebauten Gerät nicht mehr genau genug erhoben werden kann, hat der Hersteller die hydraulischen Kennwerte und die Geometrie der Auslauföffnung bereit zu stellen.

6.6.4 Messbarkeit der Stellbewegung

Die Stellbewegung des Drosselorgans ist in Folge des kleinen Arbeitsbereiches sehr genau zu messen (möglichst mit einer Unsicherheit < 1 mm). Hierzu kann ein Nivelliergerät eingesetzt werden, mit dem die vertikalen Bewegungen in der geforderten Genauigkeit gemessen werden können.

Hilfreich ist eine kleine Konsole zum Aufsetzen der Nivellierlatte; gegebenenfalls müssen Verkleidungen des Drosselorgans demontiert werden.

6.6.5 Örtliche Anzeigen

Falls der gewählte Drosstyp dies hergibt, sollten alle für den aktuellen Betriebszustand wichtigen Einstell- und Messgrößen leicht ablesbar sein. Dies sind:

- Aktueller Wasserstand
- Nullpunktabstand
- Aktueller Durchfluss
- Messbereiche für Wasserstand und Durchfluss
- Vorhandene Kennlinien (z.B. Abflusskurven beim Venturi-Kanal)

6.6.6 Anleitung zum Funktionstest

Der Hersteller sollte in der Dokumentation der Anlage die Vorgehensweise bei einem Funktionstest beschreiben.

6.6.7 Einbaumöglichkeit für mobile MID

Die Vergleichsmessung mit einem mobilen MID wird erleichtert, wenn ein geeigneter Schacht unterstrom des Drosselschachts vorhanden und zugänglich ist. Die Trockenwetterrinne sollte nicht schmaler sein als der Durchmesser des ankommenden Rohres und sich noch im Schacht über eine Länge von dem vierfachen Durchmesser (4 x D) geradlinig fortsetzen.

6.6.8 Künstliche Füllmöglichkeit

Es ist für die Prüfung mitunter von Vorteil, wenn die Füllung des Beckens zu Testzwecken aus dem Gewässer unterstützt und damit beschleunigt und kontrolliert werden kann. Dies wird erleichtert durch einen Zugang zum Gewässer sowie durch einen Drehstromanschluss. Die Wasserentnahme aus Gewässern unterliegt dabei gegebenenfalls der Zustimmung der zuständigen Behörde

6.7 Prüfberichte

Zur Dokumentation der Prüfung von Drosseleinrichtungen ist ein Prüfbericht zu erstellen. Dieser Bericht muss vollständig sein und alle notwendigen Angaben enthalten, so dass die Prüfung von einem sachkundigen Dritten ohne Einschränkung nachvollzogen werden kann. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollte ein Prüfbericht Angaben zu den nachstehenden Punkten und nachfolgend aufgeführte Unterlagen enthalten:

- Allgemeine Angaben
 - Inhaltsangabe des Prüfberichts
 - Bezeichnung, Typ und Lage der Drosseleinrichtung
 - Datum und Uhrzeit der Prüfung
 - Niederschlags- und Abflussverhältnisse zur Zeit der Prüfung
 - Namentliche Nennung der(s) Prüfer(s)
 - Nennung des Auftraggebers und des Auftragnehmers
 - Eventuell erforderliche Sicherheitsmaßnahmen

- Einzubeziehende Dokumentationen
 - Frühere Prüfberichte
 - Erlaubnisbescheide
 - Hersteller-Unterlagen, Bedienungsanleitungen und technische Daten
 - Wartungsprotokolle
 - Befragungen des Betreiberpersonals (zu Problemen, besonderen Vorkommnissen)

- Planunterlagen
 - Lageplan der Drosseleinrichtung
 - Drosseleinrichtung (Grundriss, Längsschnitt)
 - Vergleich Planunterlagen mit Bestandsdaten
 - Eigenes Aufmaß, bekannte Höhendaten, Höhenfestpunkte

- Angaben zur Drosseleinrichtung
 - Hersteller, Baujahr, Typbezeichnung, Seriennummer
 - Aufstellungsart (trocken, halbtrocken, nass)

Dokumentation der Prüfung und der Prüfergebnisse im Prüfbericht

- a) Optische Beurteilung (allgemein)
 - Optische Beurteilung (Zustand, Verschmutzung, Ablagerungen, Befestigungen)
 - Fotodokumentation (nur markante Bilder)

- b) Vergleich Soll- mit Ist-Abflusskurve
 - Hydraulische Nachrechnung (Rohrdrossel)
 - Trockene Überprüfung (Simulation eines Oberwasserstandes)
 - Prüfung nach Kap. 6.5.3.2
 - Nasse Überprüfung (Vergleichsmessung, Langzeitmessung)
 - Wahl des Vergleichsmessverfahrens (Begründung, Erläuterung)
 - Verwendete Prüfmittel (Seriennummern)
 - Fotodokumentation

- c) Lokale und mittlere Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Abflusskurve
 - Tabellarische und grafische Darstellung der Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Abflusskurve (Bild 11).

- d) Zusammenfassende Bewertung

- e) Empfehlungen an den Betreiber

- f) Erstellung einer Prüfbescheinigung

Als zusammenfassender Nachweis der hydraulischen Prüfung ist durch die Prüfstelle nach § 11 EKVO eine Prüfbescheinigung in mindestens dreifacher Ausfertigung zu erstellen. Als Formblatt nach der Erläuterung Nr. 8 zur Tabelle Anhang 2 EKVO ist die Anlage 5 zu verwenden.

Ein Exemplar der Prüfbescheinigung ist von der Prüfstelle gesammelt am Jahresende zur zentralen Datenerfassung an die Anerkennungsbehörde zu senden.

Der Auftraggeber erhält mindestens 2 Exemplare der Prüfbescheinigung, von denen eines dem Eigenkontrollbericht an die Wasserbehörde beizufügen ist.

7. Literaturverzeichnis

- ATV Durchflussmessung in Abwasseranlagen
ATV-Schriftenreihe Band 01, Hennef 1996
- Barczewski, B., Ermittlung der Abflussbeziehung von Venturi-Kanälen.
Juraschek, M.: Wasserwirtschaft, Jg. 73, 1983, S. 149 - 154
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft:
Anforderungen an Abwasser-Durchflussmessanlagen
Merkblatt Nr. II.7-21 vom 22.3.84, München, 1984
- Bollrich, Preissler: Technische Hydromechanik., Bde. 1 + 2,
Verlag f. Bauwesen, Berlin 1989 (Bd. 2) und 1992 (Bd. 1, 3. Aufl.)
- Bos, M.G.: Discharge Measurement Structures.
Int. Inst. f. Land Reclam. and Improvement (ILRI), Wageningen,
The Netherlands, 1976
- DIN 19559: Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegel-
leitungen Beuth-Verlag, Berlin 1983
Teil 1: Allgemeine Angaben
Teil 2: Venturi-Kanäle
- DIN EN ISO 6817: Durchflussmessung von leitfähigen Flüssigkeiten in geschlossenen
Leitungen - Verfahren mit magnetisch-induktiven Durchflußmeßgeräten
(ISO 6817:1992); Beuth-Verlag Berlin 1995
- DIN ISO 13359: Durchflussmessung von leitfähigen Flüssigkeiten in geschlossenen Lei-
tungen – Magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte mit Flanschen –
Einbaulängen
Beuth-Verlag, Berlin 1998
- DWA-A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserlei-
tungen und -kanälen
(korrigierte Fassung, Stand: März 2011), Hennef 2011
- DWA-A 111: Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von
Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in Entwässerungs-
systemen
Hennef, Dezember 2010
- DWA-A 128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsan-
lagen in Mischwasserkanälen
Hennef, April 1992
- DWA-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung -
Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung;
Hennef, November 2013
- DWA-M 181: Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen
Hennef, September 2011
- Franke, P.-G. Abriss der Hydraulik –
Band 3: Abfluss aus Öffnungen
Band 4: Abfluss über Wehre und Überfälle
Bauverlag Wiesbaden und Berlin, 1970

-
- Hassinger, R.: Induktive Durchflussmessung in Abwasseranlagen und Kontrolle von Durchflussmeseinrichtungen mit MID.
in: Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft (Hrsg.)
"Magnetisch-Induktive Durchflussmessung auf Kläranlagen",
Hirhammer Verlag, München 1993
- Hassinger, R.: Meßsystem für Regenentlastungskanäle: Der Rückstau-Venturi-Kanal
KA Korrespondenz Abwasser 1999, 46 (9), S. 1360 ff.
- Hessen Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO) vom 23. Juli 2010 (GVBl. I S. 257), zuletzt geändert durch Verordnung vom 3. November 2015 (GVBL. 392)
- Hessen Hessisches Ausführungsgesetz zum Abwasserabgabengesetz (HAbwAG) in der Fassung vom 1. Juni 2016 (GVBl. S. 71)
- HMULF Merkblatt zur Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO)
Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten;
Wiesbaden, März 2001 (nicht mehr gültig)
- ISO 4359: Liquid flow measurement in open channels - Rectangular, trapezoidal and U-shaped flumes.
Internat. Organization for Standardization (ISO), 1983
- Juraschek, M.
Topal-Gökceli, M.
Westrich, B.: Hydraulische Untersuchungen zur Auslegung von Messbauwerken in einem Abwasserableitungssystem
BMFT-FB-T 83-129, Juni 1984
- Knauss, Jost: Wirbelbildung an Einlaufbauwerken - Luft- und Dralleintrag
DVWK Schriften Nr. 63, Verlag Paul Parey, Hamburg/Berlin 1983
- Marchewka, W.: Magnetisch-induktive Durchflussmessung in der Abwassertechnik.
Schriftenreihe des Fachgebiets Siedlungswasserwirtschaft der
Universität-Gesamthochschule Kassel, Nr. 8, Kassel 1992
- Vaupel, M.: Untersuchung zur Verstopfungsanfälligkeit von Abflussdrosseln an Regenentlastungen
Diplomarbeit am Fachgebiet Geohydraulik und Ingenieurhydrologie,
FB Bauingenieurwesen, Universität Kassel, 1998
- VDI/VDE-Richtlinie 2641: Magnetisch-induktive Durchflussmessung
07/1985 (Status: zurückgezogen)
Blatt 2 08/1992 (Status: zurückgezogen)

Anlagen

Stammdatenblatt

Bezeichnung der Anlage: (vgl. SMUSI)		
Betreiber:		
Name des Gewässers:		
Genehmigungsbescheid	vom:	Az.:
Erlaubnisbescheid	vom:	Az.:
befristet bis:		
Einstellwert des Drosselorgans: (aus Entwurf bzw. Erlaubnis)		l/s
ggf. von EKVO abweichende Inspektionshäufigkeit:		

Anordnung im System: (Hauptschluss / Nebenschluss)	
Reinigungseinrichtungen: (Art und Anzahl)	
Beckeninhalt:	m ³
Art des Drosselorgans:	
Durchmesser der Ablauföffnung / Drossel:	mm
tatsächlich eingestellter Drosselabfluss:	l/s
maximale Stauhöhe:	m
rechnerischer Trockenwetterabfluss:	l/s
Bemessungsabfluss für Entlastung:	l/s
Sonstiges (z.B. letzte hydraulische / messtechnische Überprüfung des Drosselorgans gem. Anhang 2 EKVO)	

Bezeichnung der Anlage: _____
(vgl. SMUSI) _____

Jahr: _____

Bauzustandsprüfung (mindestens 1 mal pro Jahr durch sachkundigen Beauftragten des Betreibers)	
Datum	
Feststellungen	
erforderliche Maßnahmen	
Mängel beseitigt am	

Betriebliche Prüfung / Funktionstest

(mindestens 4 mal pro Jahr durch sachkundigen Beauftragten des Betreibers)

		Datum	Datum	Datum	Datum
Abfluss- drosselung	geprüft:				
	gewartet:				
Becken- reinigung	geprüft:				
	gewartet:				
Entlastungs- klappe	geprüft:				
	gewartet:				
Siebmaschine	geprüft:				
	gewartet:				
Entleerungs- pumpe	geprüft:				
	gewartet:				
Messeinrichtung	geprüft:				
	gewartet:				
Datenträger	geprüft:				
	gewartet:				
Sonstige Aggregate	geprüft:				
	gewartet:				

Beauftragte Prüfstelle nach § 11 EKVO:

Name: _____
Adresse: _____
Telefon / E-Mail: _____

Bezeichnung der Messstelle		
Betreiber:		
Messprinzip:		
Hersteller:		
Gerätetyp:		
Seriennummer:		
Messbereich [l/s]:		
Prüfverfahren:		
Datum der Prüfung		Erstprüfung: Folgeprüfung:
Festgestellte Abweichung:	bei 10 bis 30 % des Messbereichs:	%
	bei 30 bis 100 % des Messbereichs:	%
Gesamtbeurteilung:		
Erläuterung der erforderlichen Maßnahmen:		
Bemerkungen:		
Ort:	Datum: Unterschrift Leiter der Prüfstelle

Eine Ausfertigung dieser Prüfbescheinigung ist dem Eigenkontrollbericht beizufügen



HESSEN



Hessisches Landesamt
für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden