



Fachberichte LUA NRW 6/2003

Technische Informationen zur Drosselkalibrierung

Teil 1: Hydraulische Kalibrierung von
Drosseleinrichtungen
- *Abschlussbericht* -



Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Postfach 10 23 63 · 45023 Essen · Telefon (02 01) 79 95-0
Telefax (02 01) 79 95-14 48
E-Mail: poststelle@lua.nrw.de
Internet: www.landsumweltamt.nrw.de
Essen 2003

Impressum:

Herausgeber: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW)
Wallneyer Straße 6, D-45133 Essen
Telefon (0201) 7995-0, Telefax (0201) 7995-1448
E-Mail: poststelle@lua.nrw.de

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-westfalen (MUNLV)
D-40190 Düsseldorf
Telefon (0211) 4566-0, Telefax (0211) 4566-388
E-Mail: poststelle@munlv.nrw.de

Auftragnehmer:



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT **Fachbereich 13**
Bauingenieurwesen und Geodäsie
Fachgebiet Ingenieurhydrologie und
Wasserbewirtschaftung

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. M. Ostrowski

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Jan Koch

Projektbetreuung: Dipl.-Ing Hans-Josef Ruß (LUA NRW)

ISSN: **1613-0715** (Fachberichte LUA NRW)

Informationsdienste: Umweltdaten aus NRW (Aktuelle Luftqualität, Pegeldata online, Hochwassermeldungen, etc.) sowie Fachinformationen:

- Internet unter www.landesumweltamt.nrw.de

Aktuelle Luftqualitätswerte:

- Telefonansagedienst (0201) 1970 0
- WDR-Videotext, 3. Fernsehprogramm, Tafeln 177 bis 179

Bereitschaftsdienst: Nachrichtenbereitschaftszentrale des LUA NRW
(24-Std.-Dienst):
Telefon (0201) 714488

Vorwort

Drosseleinrichtungen bestehen aus dem Drosselbauwerk zur Aufnahme des Drosselorgans, dem Drossel-, Regel- oder Steuerorgan selbst sowie der dazugehörigen Mess-, Steuer- und Regeltechnik. An Regenüberläufen sowie an Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken sind Drosseleinrichtungen nach der „Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan)“ [NRW] regelmäßig zu inspizieren.

Ihre Funktionsfähigkeit und vorhandenen Einstellungen können in trockenem Zustand überprüft werden (sog. „Trockenprüfung“). Ziel der „Trockenprüfung“ ist die Sicherstellung des Fortbestandes der erforderlichen hydrometrischen Bedingungen und gerätetechnischen Funktionen der Drosseleinrichtung. Diese Überprüfung ist nach der SüwV Kan [NRW] mindestens jährlich durchzuführen und kann in aller Regel von dem Kanalbetrieb, der auf diese Anlagen eingewiesen ist, selbst erledigt werden.

Zusätzlich wird für Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle und Regenrückhaltebecken eine hydraulische Kalibrierung der Drosseleinrichtung gefordert [NRW].

Diese hydraulische Kalibrierung beinhaltet eine messtechnische Überprüfung der Drosselanlage unter realen Betriebszuständen. Hierbei wird mittels einer unabhängigen hydrometrischen Vergleichsmessung die Kennlinie der Drosselanlage vor Ort, d.h. unter Berücksichtigung der strömungstechnischen Bauwerkseinflüsse, aufgenommen.

Sie sollte immer Bestandteil eines Abnahmeversuchs für neu in Betrieb genommene oder baulich veränderte Drosselanlagen sein.

Wo dieser Abnahmeversuch noch nicht erfolgt ist, sollte die hydraulische Kalibrierung als Erstprüfung nachgeholt werden. Als Folgeprüfung ist sie gem. SüwV Kan alle 5 Jahre zu wiederholen.

Die hydraulische Kalibrierung einer Drosseleinrichtung erfordert von den ausführenden Personen ein erhebliches Maß an Fachwissen in der Hydrometrie. Diese Aufgabe kann in aller Regel nicht mehr vom Kanalbetrieb allein übernommen werden. Hierzu ist sachkundiges und erfahrenes Fachpersonal hinzuzuziehen.

Über die Vorgehensweisen und den Umfang der vorzunehmenden Arbeiten bei der hydraulischen Kalibrierung gibt der vorliegende Bericht (Teil 1) einen Überblick.

INHALTSVERZEICHNIS

1	ANFORDERUNGEN AN DIE DROSSELEINRICHTUNG	6
2	DEFINITION HYDRAULISCHE KALIBRIERUNG	7
3	VORAUSSETZUNGEN ZUR HYDRAULISCHEN KALIBRIERUNG	8
3.1	ANFORDERUNGEN AN DIE QUALIFIKATION DER AUSFÜHRENDEN PERSONEN	8
3.2	GERÄTETECHNISCHE AUSSTATTUNG	8
3.2.1	<i>Hydrometrische Geräte</i>	8
3.2.2	<i>Datenerfassungsgeräte</i>	8
3.2.3	<i>Hilfsmittel und Hilfsgeräte</i>	8
3.2.4	<i>Elektronische Mess- und Prüfgeräte</i>	9
3.2.5	<i>Geodätische Geräte</i>	9
3.2.6	<i>Einrichtungen zur Überwachung der Geräte im Labor</i>	9
3.2.7	<i>Computerprogramme</i>	9
3.3	SICHERHEITSVORKEHRUNGEN	9
4	UMFANG DER ÜBERPRÜFUNG	10
4.1	ERSTÜBERPRÜFUNG	10
4.2	FOLGEÜBERPRÜFUNGEN	11
5	AUFNAHME EINER ABFLUSSKURVE	12
5.1	DROSSELEINRICHTUNGEN IM HAUPTSCHLUSS	13
5.2	DROSSELEINRICHTUNGEN IM NEBENSCHLUSS	14
5.3	DROSSELEINRICHTUNGEN IM UNECHTEN NEBENSCHLUSS	15
5.4	MESSUNG DES VON DER DROSSEL ABGEBEBENEN DROSSELABFLUSSES	15
5.5	UNABHÄNGIGE DURCHFLUSSMESSUNGEN	16
5.5.1	<i>Hydraulische Verfahren</i>	16
5.5.2	<i>Fließgeschwindigkeitsmessverfahren</i>	16
5.5.3	<i>Verdünnungsmessung / Tracermessung</i>	16
5.6	ÜBERPRÜFUNGEN DER STELLBEWEGUNG	17
5.7	VOLUMETRISCHE METHODEN	17
5.8	BILANZIERUNG	17
6	AUSWERTUNG EINER ABFLUSSKURVE	18
6.1	DROSSELEINRICHTUNGEN MIT FESTEM SOLLABFLUSS	18
6.2	DROSSELEINRICHTUNGEN MIT ÜBER DEM EINSTAUBEREICH VERÄNDERLICHER KENNLINIE	18
7	PRÜFBERICHT	19
8	MÖGLICHE MAßNAHMEN BEI ABWEICHUNGEN VOM SOLLWERT	20
9	BESONDERHEITEN BEI REGENÜBERLÄUFEN UND REGENRÜCKHALTEBECKEN	21
10	VERGABE VON PRÜFAUFTRÄGEN	22
10.1	ALLGEMEINES	22
10.2	MUSTERAUSSCHREIBUNG	23
11	LITERATUR	26

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 Becken im Hauptschluss	13
Abbildung 2 Becken im Nebenschluss.....	14
Abbildung 3 Auswertungen der Abflusskurven	18

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 Überblick über die vorzunehmenden Überprüfungen an Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken.....	6
Tabelle 2 Durchzuführende Betriebs- und Unterhaltungsmaßnahmen [RdErl.]	20

1 Anforderungen an die Drosseleinrichtung

Die „Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem - Selbstüberwachungsverordnung Kanal - SüwV Kan vom 16. Januar 1995“ (SüwV Kan) fordert in der Anlage zu § 2 alle fünf Jahre als Prüfung eine hydraulische Kalibrierung der Drosseleinrichtung von Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken [NRW]. Als Ergebnis dieser Prüfung ist nach den „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen (RdErl. des MURL vom 3.1.1995 – IV B 6 – 031 002 0201)“ [RdErl.] festgelegt, dass bei festgestellten Abweichungen der Drosselwassermenge von mehr als 20% vom Sollwert eine Sanierung der Drosseleinrichtung innerhalb eines Jahres zu erfolgen hat. Bei den Anforderungen an die Güte eines Drosselorgans an Regenbecken wird in dem ATV-DVWK Arbeitsblatt A111 für die Trennschärfe ein Wert von +/- 5% gefordert [ATV 1994].

Dieser vom Hersteller unter Laborbedingungen geforderte Wert entspricht einem sogenannten Garantiefehler, den dieses Gerät bei einer Kalibrierung auf einem Prüfstand erreichen muss. Dieser Wert kann allerdings nicht als Maß für eine hydraulische Kalibrierung des Drosselorgans in seiner Einbaulage herangezogen werden, da hier andere Randbedingungen wie am Prüfstand auftreten. Aus diesem Grund wird in der SüwV Kan sinngemäß der Verkehrsfehler nach DIN 19559-2 für bauartkalibrierte Anlagen als Maß herangezogen. Dieser beträgt das Vierfache des Garantiefehlers [DIN 19559-2]. Als Sollwert ist der in der wasserrechtlichen Genehmigung festgelegte Drosselabfluss zugrunde zu legen.

Einen Überblick über die vorzunehmenden Überprüfungen an Drosseleinrichtungen gibt Tabelle 1. Dabei wird nach Erst- und Folgeprüfung, beziehungsweise Drosseln mit und ohne beweglichen Teilen unterschieden.

Tabelle 1 Überblick über die vorzunehmenden Überprüfungen an Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken

Erstprüfung	Folgeprüfung			
	Drosselanlagen ohne bewegliche Teile		Drosselanlagen mit beweglichen Teilen	
Alle Drosselanlagen	Inspektion der Drossel- und Messeinrichtung	Hydraulische Kalibrierung	Inspektion der Drossel- und Messeinrichtung	Hydraulische Kalibrierung
Erstmalig	Jährlich	-	Jährlich	alle 5 Jahre
Umfang nach Teil 1	nach SüwV Kan (Betriebsanweisung)	*)	nach SüwV Kan (Betriebsanweisung)	Umfang nach Teil 1
Dokumentation der Abflusskurve	Feststellung von Veränderungen	Nur bei relevanten Änderungen	Feststellung von Veränderungen	Feststellung der ordnungsgemäßen Funktion

*) : kann entfallen, wenn keine relevanten Veränderungen an der Drosselanlage vorliegen

Die hydraulische Kalibrierung als Folgeprüfung ist bei Drosselanlagen ohne bewegliche Teile nur dann sinnvoll, wenn sich die Strömungsverhältnisse im Bereich der Drosselanlage wesentlich verändert haben.

2 Definition Hydraulische Kalibrierung

Im Sinne dieses Berichtes (Teil 1) werden folgenden Begriffe verwendet:

Drosselorgan:	Das Drosselorgan selbst ist das den Abfluss begrenzende Bauteil, inklusive seiner Mess-, Steuer- und Regeltechnik.
Drosselbauwerk:	Das Bauwerk (z.B. Schacht), in dem das Drosselorgan eingebaut ist.
Drosselanlage:	Die Drosselanlage beinhaltet das Drosselorgan und das Drosselbauwerk.
Drosseleinrichtung:	Die Drosseleinrichtung umfasst das Drosselorgan, das Drosselbauwerk und die auf die Drossel einwirkende bauliche Umgebung.

Unter der hydraulischen Kalibrierung einer Drosseleinrichtung wird die Aufnahme und Dokumentation ihres Ist-Zustandes und ihrer Wirksamkeit verstanden. Darunter zählen die Bewertung der Drosseleinrichtung und die messtechnische Aufnahme einer Abflusskurve (Wasserstand-Abfluss-Beziehung) für das Drosselorgan, die das Betriebsverhalten der Drosseleinrichtung wiedergeben soll.

Die hierbei gewonnenen Daten sollen dann mit den Auslegungsdaten für die Drosseleinrichtung verglichen werden. So kann beurteilt werden, ob die Drosseleinrichtung auch unter realen Betriebsbedingungen dem in der wasserrechtlichen Genehmigung festgelegten Drosselabfluss gerecht werden kann.

Die Kalibrierung soll daher neben der messtechnischen Kontrolle, ob der Abfluss aus der Drossel bei Regen mit dem genehmigten Wert übereinstimmt, auch eine Gesamtbeurteilung der Drosseleinrichtung und ihrer Betriebsbedingungen beinhalten.

Die technischen Grundlagen für eine Kalibrierung, der Umfang (Kennlinienaufnahme bzw. Passpunkte), die technischen Konzeptionen und deren praktische Durchführung werden in diesem Bericht vom Grundsatz her behandelt. Eingehendere technische Gesichtspunkte und praktische Erfahrungen sind in der Anlage (Teil 2) enthalten.

3 Voraussetzungen zur hydraulischen Kalibrierung

Eine ordnungsgemäße hydraulische Kalibrierung von Drosseleinrichtungen muss unter weitgehender Berücksichtigung der Betriebsbedingungen am Einbauort erfolgen, damit das tatsächliche Betriebsverhalten der Drosseleinrichtung erfasst wird. Damit liegen immer erschwerte Prüfbedingungen vor.

3.1 Anforderungen an die Qualifikation der ausführenden Personen

Die hydraulische Kalibrierung von Drosseleinrichtungen ist eine sehr komplexe Tätigkeit, und erfordert von den durchführenden Personen vertiefte Kenntnisse und praktische Erfahrungen in den folgenden Bereichen [Hessen B]:

- Anwendung der Durchflussmesstechnik in Abwasseranlagen
- Einsatzgebiete und Funktionsweise der verschiedenen Drosselarten
- Metrologie und Fehlerfortpflanzung
- Messwerterfassung und –verarbeitung
- Hydrometrische Methoden zur Durchführung von Kalibriermessungen

3.2 Gerätetechnische Ausstattung

Für eine ordnungsgemäße Überprüfung ist in der Regel eine umfangreiche Geräteausstattung notwendig. Im wesentlichen umfasst diese [Hessen B]:

3.2.1 Hydrometrische Geräte

- Geräte zur Durchführung von Abflussmessungen als Vielpunktmessungen in Rohabwasser und gereinigtem Abwasser, z.B. induktives Geschwindigkeitsmessgerät und hydrometrischer Kleinflügel
- Gerät zur direkten Messung des Durchflusses, z.B. induktiver Durchflussmesser
- Gerät zur kontinuierlichen Messung der Wasserspiegellagen, z.B. Ultraschall-Niveaumesseinrichtung
- Gerät zur Durchführung von Kontrollmessungen für den momentanen Wasserstand, z.B. Stechpegel

3.2.2 Datenerfassungsgeräte

- Einrichtungen zur Vor-Ort-Erfassung der Messdaten, z.B. Computer mit Wandlerkarte oder Datenlogger

3.2.3 Hilfsmittel und Hilfsgeräte

Alle Hilfsmittel und Hilfsgeräte, welche erforderlich sind, um:

- Messsonden reproduzierbar zu positionieren
- Einen zeitweisen sicheren Einsatz zu gewährleisten
- Absperurmaßnahmen vorzunehmen, damit Durchflüsse „trocken“ simuliert werden können

Dies sind z.B.: Messbrücken, Stative, Kalibrierplatten, Pumpen mit Messeinrichtung, Rohr- und Schlauchleitungen, Dichtkissen, Notstromaggregate usw.

3.2.4 Elektronische Mess- und Prüfgeräte

Mess- und Prüfgeräte nur soweit, als sie für einfache Nachmessungen zum Anschluss und Aufbau der Prüfeinrichtungen erforderlich sind, z.B. Taschen- und Labor-Multimeter

3.2.5 Geodätische Geräte

Gerät zum Aufmaß der Abflussbauwerke, insbesondere auch ihrer Höhenlage, wenigstens mit Millimetergenauigkeit, z.B. Maßstäbe und Innenlehren mit Millimetereinteilung, Nivelliergerät mit planparalleler Platte und Invarlatte.

3.2.6 Einrichtungen zur Überwachung der Geräte im Labor

Einrichtungen zur Kalibrierung der eingesetzten Geschwindigkeits- und Durchflussmessgeräte, z.B. Schleppwagen, Gerinne mit stationärer Strömung, Wägetank.

Anstelle dieser Einrichtungen kann auch die Möglichkeit externer Kalibrierung nachgewiesen werden, z.B. bei Flügelherstellern, Eichämtern o. ä.

3.2.7 Computerprogramme

Steuer- und Auswertesoftware, soweit sie zur Erfüllung der Messaufgabe und zur Ausschaltung individueller Fehler erforderlich ist, z.B., Programm zur Datenerfassung, Auswerteprogramme für Vielpunktmessungen, Überfallmessungen, usw.

3.3 Sicherheitsvorkehrungen

Die Unfallverhütungsvorschriften für Abwassertechnische Anlagen sind bei allen Überprüfungen zu beachten. Sicherheit vor Absturz bei Arbeiten in Schächten, insbesondere bei Ein- und Ausstieg, muss gewährleistet sein. Gasblasen in den Schächten müssen frühzeitig erkannt, und das Personal umgehend zum Ausstieg aufgefordert werden.

So sollten bei Überprüfungsarbeiten in Schächten und Kanälen trittsichere Schuhe, Gaswarngeräte, Gurte zum Abseilen, Abrutschsicherungen sowie Sicherungsposten zur Verfügung stehen. Vor der Arbeit sind die Räume bzw. Schächte zu lüften und auf ihre Luftzusammensetzung zu überprüfen. Ausführliche Angaben sind der Unfallverhütungsvorschrift für abwassertechnische Anlagen (s. Dienstanweisung) zu entnehmen. Es wird dringend empfohlen, den jeweils zuständigen Kanalbetrieb hierbei zu beteiligen [Unfall].

4 Umfang der Überprüfung

4.1 Erstüberprüfung

Bei der Erstüberprüfung einer Drosseleinrichtung beginnt die Vorarbeit mit der Sichtung der vorhandenen Unterlagen zum jeweiligen Bauwerk und zum Drosselorgan.

Zu jedem dieser Bauwerke einschließlich Drosselanlage müssen nach den „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen“ [RdErl.] folgende Unterlagen vorhanden sein:

- Beschreibung der Funktionsweise der Anlage
- Bedienungsanweisung
- Wartungsanweisungen und –pläne (z.B. Schmierplan)
- Hinweise auf Lagerhaltung, wichtige Ersatzteile
- Vorkehrungen gegen Betriebsstörungen und außergewöhnliche Betriebszustände
- Anweisungen für die Beseitigung von Betriebsstörungen und für die Benachrichtigung der zuständigen Stellen
- Hinweise auf die jeweils gültigen Unfallverhütungsvorschriften
- Benennung der Verantwortlichen und gegebenenfalls deren Vertreter

In der Regel werden zusätzlich aktuelle Bestandspläne benötigt:

- Übersichts- und Lagepläne des weiteren Kanalverlaufs
- Bauwerkszeichnungen

Bei der Prüfung sind alle Unterlagen über das Bauwerk und das Drosselorgan zu sichten und hinsichtlich des Sollzustandes zu bewerten. Sind die Dokumentationen lückenhaft, sollten fehlende Unterlagen beschafft werden.

Anhand dieser Unterlagen kann dann in der Regel eine Vorgehensweise für die „vor-Ort-Überprüfung“ der Drosseleinrichtung ausgewählt werden.

Die hydraulische Kalibrierung einer Drosseleinrichtung soll folgende Punkte erfassen [Hessen A]:

Im Büro:

- Sichtung und Auswertung der Unterlagen zum Bauwerk, insbesondere zum Drosselorgan
- Beschreibung der Funktionsweise der Drosseleinrichtung

- Vorauswahl der für die Überprüfung des Bauwerks- und Drosselftyps geeigneten Messmethoden und erforderlichen Begleitmaßnahmen (Absperrungen, Einstaumöglichkeit usw.)

Vor Ort:

- Zustandsbeurteilung des Drosselorgans

Bei der Zustandsbeurteilung eines Drosselorgans ist darauf zu achten, ob die geltenden Vorschriften und Richtlinien für den Einbau eingehalten wurden. Oft ist es der Fall, dass der Drosselhersteller selbst keinen Einfluss mehr auf die Aufstellung seines Drosselorgans hat, und somit die maßgeblichen Empfehlungen des Herstellers für den Einbau nicht immer eingehalten werden.

- Kontrolle der maßgebenden Abmessungen durch Aufmaß
- Beurteilung der Betriebsbedingungen der Drosseleinrichtung (Kontrolle auf Anzeichen von Rückstau, Kontrolle der vorgeschriebenen Wartungsintervalle der Drosseleinrichtung)
- Messtechnische Aufnahme einer Abflusskurve über den Einstaubereich

Bei der Aufnahme der Abflusskurve sollte eine möglichst große Füllhöhe bei ausreichendem Freibord zum Überlauf angestrebt werden, um Aussagen zum Betriebsverhalten der Drosselanlage über den gesamten Einstaubereich zu bekommen. Als Empfehlung für Becken im Hauptschluss gilt eine Mindestfüllhöhe des Beckens von 2/3 der maximalen Höhe. Als untere Grenze des für die Berechnung der Abflusskurve herangezogenen Einstaubereichs wird in Anlehnung an [Hessen A] das Zweifache des ablaufenden Rohrdurchmessers der Drosselanlage festgelegt. In begründeten Fällen, zum Beispiel bei vom Druck unabhängigen Drosselorganen, kann die Abflusskurve auch mit geringeren Einstaugraden ermittelt werden.

Im Büro

- Berechnung / Darstellung der Abflusskurve Q/h
- Gesamtbeurteilung der Anlage (funktioneller und betrieblicher Zustand, Fehlerbetrachtung, Korrekturvorschläge)
- Prüfbericht

4.2 Folgeüberprüfungen

Folgeüberprüfungen haben zum Ziel maßgebende Veränderungen an der Drosseleinrichtung festzustellen. Die Drosseleinrichtung ist hinsichtlich des Ergebnisses der Erstüberprüfung zu bewerten. Sind keine die Funktionsweise der Drossel beeinträchtigenden Zustände feststellbar, so kann in Einzelfällen auf eine Aufnahme der Abflusskurve bei der Folgeprüfung verzichtet werden [Hessen A].

5 Aufnahme einer Abflusskurve

Bei der Aufnahme einer Abflusskurve soll das Verhalten der Drosseleinrichtung unter möglichst realen Betriebsbedingungen überprüft werden. Da man aber im seltensten Fall bei einer Überprüfung kurz vorher ein Regenereignis hat, welches zu einem natürlichen Einstauvorgang des Beckens führt und auch die Einrichtung der Messtechnik zur Aufnahme der Abflusskurve oft nicht bei Regenwetterbedingungen möglich ist, muss für eine Überprüfung in aller Regel ein Regenwetterfall simuliert werden.

Zur Simulation eines Regenwetterfalles wird ein Becken oder Kanal durch künstliches Abschiebern gefüllt.

Danach wird das Drosselsystem wieder auf Automatikbetrieb gestellt und über den Einstaubereich wird der von dem Drosselorgan abgegebene Drosselabfluss und zeitgleich der Wasserstand vor dem Drosselorgan aufgenommen.

Man erhält auf diese Weise einen Zusammenhang zwischen Einstauhöhe und abgegebenem Drosselabfluss. Dieser kann mit den in der wasserrechtlichen Genehmigung der Drosseleinrichtung gemachten Angaben verglichen werden.

Bei der Aufnahme der Abflusskurve müssen dementsprechend zeitgleich zwei voneinander unabhängige Messungen stattfinden:

- Messung des Wasserstands vor dem Drosselorgan
- Messung des von dem Drosselorgan abgegebenen Drosselabflusses

Da ein künstlicher Einstau aber einen erheblichen Eingriff in den Kanalbetrieb darstellt, ist hierfür unbedingt Trockenwetter notwendig. Auch müssen alle am Kanalbetrieb beteiligten Stellen über eine solche Maßnahme im Vorfeld informiert werden.

Ziel dieses künstlich simulierten Regenwetterfalls ist eine möglichst realistische Nachstellung der bei Regenwetter anzutreffenden Bedingungen. Dies ist allerdings im Trockenwetterfall nur zum Teil möglich.

Eventuell vorhandene Rückstauinflüsse aus dem unterhalb der Drosseleinrichtung liegenden Kanalsystem können in der Regel nicht erfasst werden.

5.1 Drossleinrichtungen im Hauptschluss

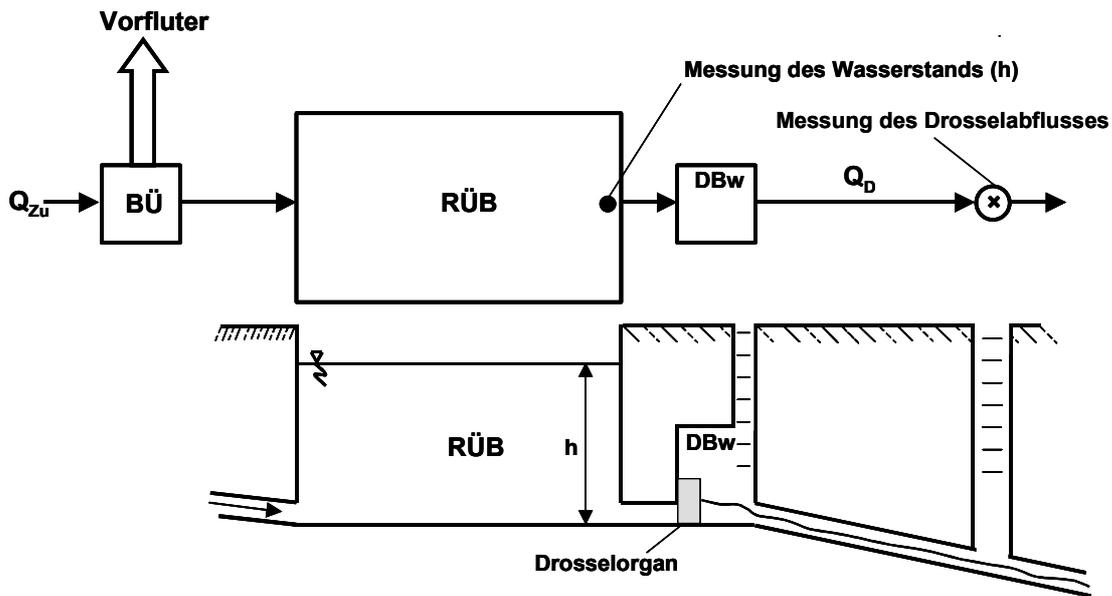


Abbildung 1 Becken im Hauptschluss

Bei einer Drossleinrichtung im Hauptschluss ist die künstliche Simulation eines Regenwetterfalls relativ einfach. Das Becken oder der Kanalstauraum wird durch Abschiebern gefüllt. Vereinfacht wird diese Maßnahme, wenn die Drossleinrichtung über einen Schieber verfügt. Ist dies nicht der Fall, so kann für das Einstauen auch ein Kanaldichtkissen verwendet werden.

Die Messung des Wasserstandes kann direkt im Becken oder Stauraum erfolgen. Bezogen werden die gemessenen Wasserstände auf die Sohlhöhe des Drosselorgans. Mit der zusätzlich eingemessenen Höhe der Entlastungsschwelle kann dann der Einstaugrad ermittelt werden.

Zusätzlich muss der Drosselabfluss gemessen werden. Je nach gewähltem Messverfahren muss eine geeignete Vergleichsmessstelle ausgesucht werden. Wichtig ist, dass zwischen Drosselbauwerk und Vergleichsmessstelle keine weiteren Zuflüsse vorhanden sind und die Vergleichsmessstelle für das gewählte Überprüfungsverfahren geeignete Randbedingungen aufweist. Diese Voraussetzung schränkt die Wahl an Vergleichsmessstellen und – messverfahren stark ein.

Nach Beckeneinstau wird der Schieber geöffnet oder das Kanaldichtkissen entfernt und der Wasserstand im Becken sowie der abgegebene Drosselabfluss zeitgleich registriert.

5.2 Drosseleinrichtungen im Nebenschluss

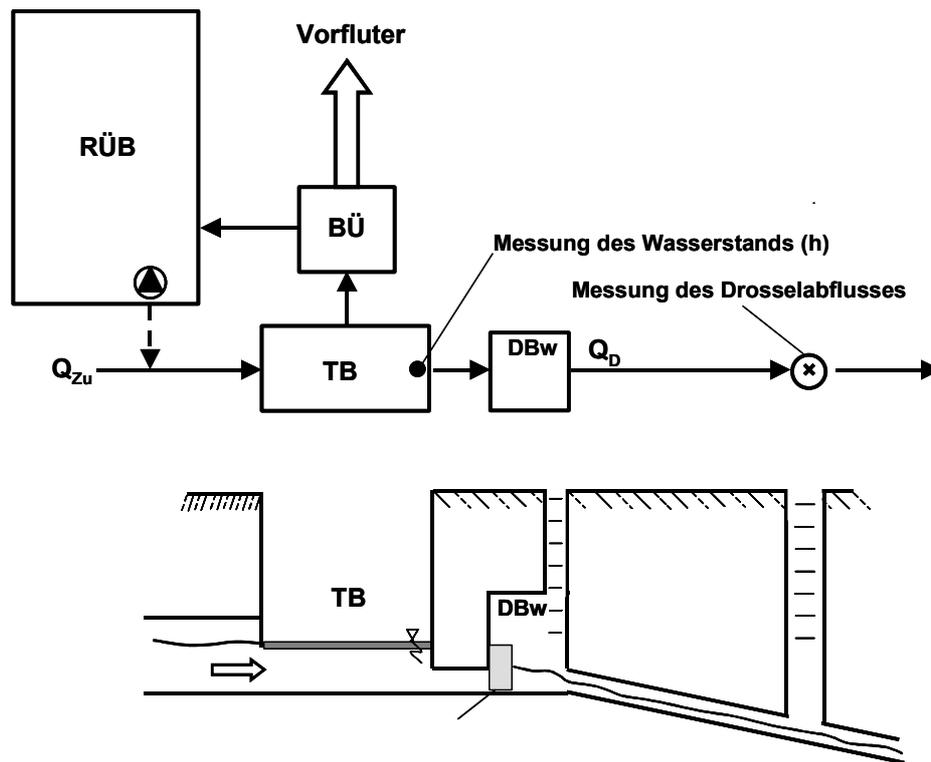


Abbildung 2 Becken im Nebenschluss

Bei der Simulation des Regenwetterfalls bei einem Becken im Nebenschluss ist im Gegensatz zu den Becken im Hauptschluss nicht der Wasserstand im Becken, sondern am Trennbauwerk entscheidend. Dadurch ist der zu überprüfende Einstaubereich relativ gering. Um bei solchen Beckenanordnungen einen Regenwetterfall zu simulieren ist folgende Vorgehensweise empfehlenswert.

Erfolgt die Entleerung des Beckens über Pumpen die oberhalb des Trennbauwerks wieder in den Kanal einleiten, ist das Befüllen des Beckens bis zu einem gewissen Grad sinnvoll, um für den Simulationsfall eine ausreichende Wassermenge vorzuhalten.

Soll die Aufnahme der Abflusskurve erfolgen, stellt man als erstes die Beckenentleerungspumpen auf Handbetrieb und schaltet sie ein. Auf diese Weise wird kurzzeitig Wasser im Kreis gepumpt: aus dem Becken in das Trennbauwerk und von dort fließt es wieder zurück in das Becken.

Stellt man danach die Drosseleinrichtung wieder auf Automatikbetrieb und lässt die Pumpen aber weiterhin auf Handbetrieb gestellt, so kann man auf längere Zeit den Wasserstand am Trennbauwerk hoch halten und besser einen Regenwetterfall simulieren.

Hierbei ist zu beachten, dass die Leistung der Beckenentleerungspumpen und der Drosselabfluss aufeinander abgestimmt sein müssen. Gegebenenfalls können bei mehreren Pumpen nur einzelne eingeschaltet werden.

5.3 Drosseleinrichtungen im unechten Nebenschluss

Ist bei dem Entleerungsvorgang des Beckens das Becken und der Kanal hydraulisch nicht vollkommen entkoppelt, so spricht man vom sogenannten unechten Nebenschluss [ATV 1999]. Bei der Simulation eines Regenwetterfalls sind alle spezifischen Besonderheiten des Bauwerks zu berücksichtigen, um so gut wie möglich das Betriebsverhalten der Drosseleinrichtung unter Regenwetterbedingungen nachzubilden.

5.4 Messung des von der Drossel abgegebenen Drosselabflusses

Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens zur Messung des Drosselabflusses bei einer Drosseleinrichtung verlangt von den ausführenden Personen neben den in 3.1 aufgeführten Qualifikationen vertiefte Kenntnisse der Anwendbarkeit des jeweilig gewählten Verfahrens und eine umfassende Ortskenntnis.

Vor der endgültigen Auswahl eines geeigneten Überprüfungsverfahrens ist eine Besichtigung der Drosseleinrichtung vor Ort notwendig.

Bei der Messung des Drosselabflusses können je nach Drosselform und Situation vor Ort sehr verschiedene Verfahren und unterschiedliche Prinzipien zur Anwendung kommen:

- Unabhängige Durchflussmessung
- Überprüfung der Stellbewegung des Drosselorgans
- Volumetrische Messung
- Bilanzierung

Es ist notwendig, dass bei allen durchgeführten Überprüfungen die erhobenen Messdaten gespeichert und archiviert werden, um diese gegebenenfalls einer weiteren Auswertung unterziehen zu können.

Als Archivierungsdauer dieser Messdaten wird der Zeitraum bis zur nächsten Überprüfung vorgeschlagen. Auf diese Weise können Veränderungen an der Drosselanlage bei der Folgeüberprüfung leicht identifiziert werden.

5.5 Unabhängige Durchflussmessungen

Unabhängige Durchflussmessungen zur Ermittlung der Genauigkeit vorhandener Drosseleinrichtungen unter Betriebsbedingungen erfordern ein an die örtlichen Verhältnisse angepasstes Vorgehen.

Da kein Durchflussmessverfahren universell einsetzbar ist, ist vor jeder Vergleichsmessung zu prüfen, mit welchem Messverfahren bei vertretbarem Aufwand die notwendige Messgenauigkeit erzielt werden kann.

Die Gruppe der Vergleichsmessverfahren lässt sich in folgende drei Kategorien unterteilen. Weitere Einzelheiten zu den Durchflussmessverfahren sind in der Anlage (Teil 2) zu diesem Bericht in Kap. 5 beschrieben.

5.5.1 Hydraulische Verfahren

Der Durchfluss wird aus der Messung einer Größe (Wasserstand, Druck) unter Verwendung einer bekannten Beziehung zwischen Messwert und Durchfluss bestimmt. Zu den hydraulischen Verfahren gehören alle Arten von „Venturikanälen“ und Messwehren [Krekel].

5.5.2 Fließgeschwindigkeitsmessverfahren

Die Fließgeschwindigkeit des Mediums wird in Profilen, Teilbereichen des Fließquerschnitts oder gemittelt über den Gesamtquerschnitt erfasst. Nach Integration über den Fließquerschnitt erhält man den Durchfluss. Es werden physikalische Gesetzmäßigkeiten genutzt, bei denen ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Messgröße besteht [Krekel].

5.5.3 Verdünnungsmessung / Tracermessung

Bei diesen Verfahren wird ein sogenannter Tracer in einer bestimmten Konzentration oder Menge an einer Stelle in den Kanal eingeleitet. An einer weiter entfernten Stelle wird dann der Konzentrationsverlauf dieses Tracers über die Zeit gemessen. Aus dem Verlauf der Konzentration/Verdünnung kann der Durchfluss errechnet werden.

Bei den Verdünnungsmessungen unterscheidet man Verfahren mit einmaliger und kontinuierlicher Tracerzugabe.

5.6 Überprüfungen der Stellbewegung

Bei bekannter Abflusscharakteristik eines Drosselorgans kann die Funktion einer solchen Einrichtung durch die Kontrolle/Simulation eines Oberwasserstands bei gleichzeitiger Kontrolle der Stellbewegung des Drosselorgans (Öffnungsweite) überprüft werden.

Dies lässt sich aber nur dann durchführen, wenn der Oberwasserstand ausreichend genau gemessen/simuliert werden kann und die Abflussbeiwerte des jeweiligen Drosselorgans bekannt sind [Hessen C]

5.7 Volumetrische Methoden

Ist die Speicherinhaltslinie eines Beckens und sein Zufluss bekannt, so kann aus der Veränderung der Wasserspiegellage im Becken auf den Abfluss geschlossen werden.

Die Geometrie des Beckens sollte auf jeden Fall vor Ort aufgemessen werden. Angaben aus Planunterlagen reichen in der Regel nicht aus.

Von Vorteil für die Genauigkeit dieser Überprüfung ist es, wenn der Zufluss zum Becken im gefülltem Zustand abgesperrt werden kann.

Dann lässt sich der Abfluss direkt aus dem Absinken des Wasserspiegels über der Zeit berechnen. Ist dies nicht möglich, so muss der Zufluss auf geeignete Weise während der Vergleichsmessung mit erfasst werden.

Entscheidend für die Genauigkeit dieses Verfahrens ist die Qualität der Speicherinhaltslinie und der Wasserstandsmessung [Hessen C].

5.8 Bilanzierung

Sind an der zu überprüfenden Drosseleinrichtung die Bedingungen für den Einbau einer Vergleichsmessung für den Drosselabfluss nicht gegeben, so kann gegebenenfalls auch im weiteren Kanalverlauf unterhalb gemessen werden.

Die zwischen Drosseleinrichtung und Vergleichsmessstelle liegenden Zuflüsse müssen dann durch weitere Durchflussmessstellen ($\sum Q_{\text{Zuflüsse}}$) separat erfasst werden. Der Abfluss aus der zu überprüfenden Drosseleinrichtung wird dann über die Bilanzierung aller gemessenen Abflüsse errechnet: $Q_{\text{Drossel}} = Q_{\text{Gemessen}} - \sum Q_{\text{Zuflüsse}}$

Wichtig bei diesen Verfahren ist die Kenntnis über die Genauigkeit der verwendeten Durchflussmessungen und die daraus abgeleiteten Fehlerfortpflanzungen in der Bilanzierung.

6 Auswertung einer Abflusskurve

Bei der Bewertung der Abflusskurve werden zwei Fälle unterschieden:

- Drosseleinrichtungen mit festem Sollabfluss
- Drosseleinrichtungen mit einer über dem Eintaubereich veränderlichen Kennlinie

Entscheidend ist hier nicht die Eigenschaft der Drosseleinrichtung, sondern die in der wasserrechtlichen Genehmigung der Einrichtung gemachten Angaben über den Drosselabfluss.

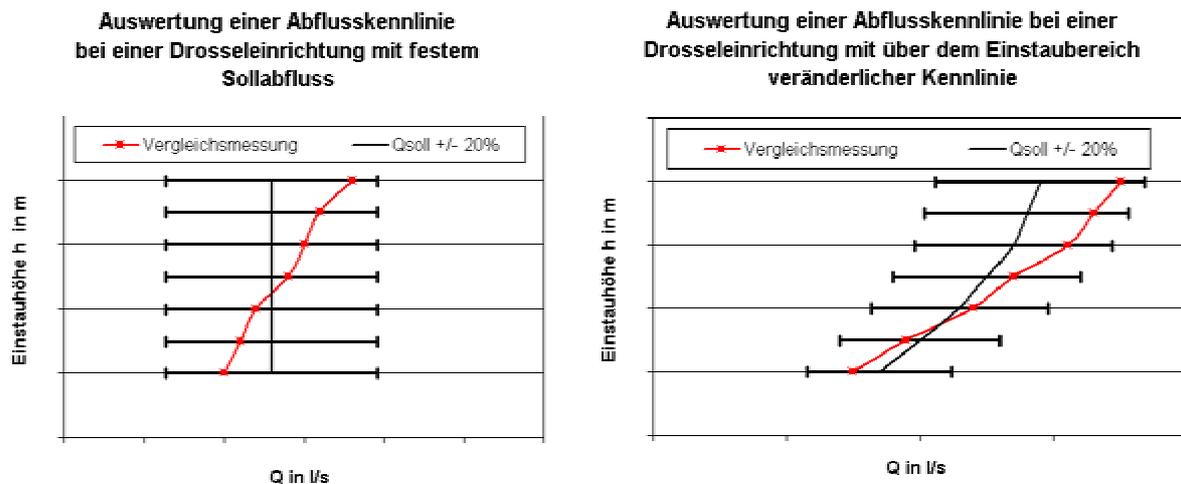


Abbildung 3 Auswertungen der Abflusskurven

6.1 Drosseleinrichtungen mit festem Sollabfluss

Innerhalb des betrachteten Eintaubereichs wird die aufgenommene Kennlinie der Drosseleinrichtung mit dem in der wasserrechtlichen Genehmigung der Drosseleinrichtung festgelegten Wert verglichen.

Die Anforderung an die Drosseleinrichtung kann als erfüllt angesehen werden, wenn die einzelnen Messwerte der aufgenommenen Kennlinie absolut nicht mehr als 20 % vom Sollwert abweichen.

6.2 Drosseleinrichtungen mit über dem Eintaubereich veränderlicher Kennlinie

Ist in der wasserrechtlichen Genehmigung für die Drosseleinrichtung eine Kennlinie für die Drosseleinrichtung angegeben, so sind die prozentualen Abweichungen zwischen gemessenen Wert und jeweiligem Sollwert zu ermitteln.

Betragen bei allen Messwerten die Abweichungen vom jeweiligen Sollwert absolut nicht mehr als 20%, so kann die Anforderung an die Drosseleinrichtung als erfüllt angesehen werden.

7 Prüfbericht

Die Angaben in dem Prüfbericht einer hydraulischen Kalibrierung müssen es einem sachkundigen Dritten ermöglichen, sich ein Bild über die Drosseleinrichtung und ihrer Funktionstüchtigkeit zu machen.

Die Funktionsweise der Drosselanlage, die gewählte Überprüfungsart und deren Ergebnisse müssen nachvollziehbar dokumentiert werden.

Im einzelnen muss ein Prüfbericht für die hydraulische Überprüfung folgende Punkte enthalten [Hessen A]:

- Bezeichnung und Lage der Drosseleinrichtung
- Genehmigungs- und Auslegungsdaten
- Aufmaß der Drosseleinrichtung mit den wichtigsten Abmessungen
- Datum und Uhrzeit der Prüfung
- Hydrometrische Beurteilung der Anlage
- Beschreibung der vorgenommenen Überprüfungsvariante (Art der Vergleichsmessung, Überprüfung der Stellbewegung, ...)
- Ggf. Ganglinie des Beckenwasserstands und des Abflusses
- Berechnung des gemessenen Drosselabflusses und der Abweichung vom Sollwert
- Abschließende Bewertung der Anlage und ggf. Vorschläge von Maßnahmen zur Erreichung des Sollzustandes (Ertüchtigung) der Drosselanlage

Ein Beispiel für einen Prüfbericht ist in der Anlage zu diesem Bericht enthalten.

8 Mögliche Maßnahmen bei Abweichungen vom Sollwert

In den „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen“ des MURL sind folgende Maßnahmen bei den Ergebnissen der Überprüfungen vorgesehen [RdErl.]:

Tabelle 2 Durchzuführende Betriebs- und Unterhaltungsmaßnahmen [RdErl.]

	Einrichtungen	Ergebnis der Prüfung nach § 2 SüwVKan	Maßnahmen	Durchführung
8.	Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle, Regenrückhaltebecken	Ablagerungen in einzelnen Teilbereichen von mehr als 20 cm Höhe (geschätzt)	Räumung	innerhalb von 1 Woche bei Trockenwetter
		Fehler in der Drossel-/Mengenregelung	Neueinstellung, Wartung, Instandsetzung	unverzüglich
		Fehler in der Funktion der maschinellen Anlage	Instandsetzung, Austausch	unverzüglich
		Fehler in der Funktion von mechanischen Einrichtungen wie Armaturen, Reinigungseinrichtungen usw.	Neueinstellung, Wartung, Instandsetzung	unverzüglich
		fehlerhafte Messeinrichtung	Kalibrierung, Neueinstellung	innerhalb von 1 Monat
		Abweichungen der Drosselwassermenge um mehr als 20% vom Sollwert	Sanierung der Drosseleinrichtung	Innerhalb eines Jahres

Je nach Art des Drosselorgans sind Veränderungen am Sollabfluss leicht, schwierig oder nur mit größeren baulichen Maßnahmen möglich.

Verfügt das Drosselorgan über eine Justier- und Einstellmöglichkeit (Verschieben von Regelgewichten, Programmierung eines neuen Sollwertes) können solche Einstellungen oft gleich vor Ort vorgenommen werden.

Bei nicht verstellbaren Drosselorganen müssen die geeignetsten Verfahren zur Sanierung der Drosselanlage mit der Aufsichtsbehörde und dem Betreiber abgesprochen werden.

Innerhalb des Prüfberichts sollen Hinweise auf die geeignetste Variante zur Ertüchtigung der Drosselanlage gegeben werden.

9 Besonderheiten bei Regenüberläufen und Regenrückhaltebecken

Explizit ist die hydraulische Kalibrierung von Drosseleinrichtungen an Regenüberläufen in [NRW] nicht gefordert. In Einzelfällen kann diese Überprüfung aber gefordert werden.

Die messtechnische Aufnahme einer Abflusskurve an Regenüberläufen ist im Gegensatz zu den Regenbecken oft deutlich schwieriger.

Bei den Becken wird durch den Einstau ein künstliches Regenereignis simuliert. Nach erfolgtem Einstau wird das System wieder auf Automatikbetrieb gestellt, und es wird während des Leerlaufens des Beckens der Wasserstand und der dazugehörige Drosselabfluss gemessen.

Eine analoge Vorgehensweise ist bei Regenüberläufen oft nicht möglich, da diese Bauwerke in der Regel kein oder nur ein geringes Stauraumvolumen aufweisen. Oft gelangen die für eine Überprüfung aufgestauten Wassermengen zu schnell zum Abfluss, um eine Vergleichsmessung durchführen zu können. Bei Regenüberläufen mit einem Springüberlauf ist in aller Regel ein künstlich simulierter Regenwetterfall ebenfalls nicht möglich.

Auch bei Regenrückhaltebecken ist ein künstlich simulierter Regenwetterfall oft nicht möglich. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Drosseleinrichtung zur Begrenzung des in den Vorfluter einzuleitenden Volumenstroms dient.

Will man an einem Bauwerk, an dem ein künstlich simulierter Regenwetterfall nicht ausreicht oder nicht durchführbar ist, einen Drosselabfluss messtechnisch erfassen, so kann in diesen Fällen eine sogenannte Langzeitmessung erfolgen.

Bei diesen Langzeitmessungen handelt es sich um Messungen über einen Zeitraum von mehreren Wochen oder Monaten. Innerhalb dieses Zeitraums ist ein natürliches Regenereignis abzuwarten, in dem dann die Drosselabflüsse unter realen Betriebsbedingungen aufgenommen werden können.

In der Regel werden solche Langzeitmessungen mit Hilfe von sohlgebundenen Fließgeschwindigkeitsmesssonden durchgeführt. Da dieses Messverfahren aber eine eigene Kalibrierung unter möglichst verschiedenen Betriebsbedingungen benötigt, kann der Aufwand für eine solche Überprüfung erheblich sein. Zur genaueren Erläuterung der Messmethode mit sohlgebundenen Fließgeschwindigkeitsmesssonden wird auf Kapitel 5 in der Anlage zu diesem Bericht verwiesen.

10 Vergabe von Prüfaufträgen

10.1 Allgemeines

Soll die hydraulische Kalibrierung einer Drosseleinrichtung als Auftrag vergeben werden, müssen verschiedene Informationen für die Unterbreitung eines Angebots bereitgehalten werden.

Da der Aufwand zur Überprüfung einer Drosseleinrichtung von vielen verschiedenen Faktoren abhängig ist und deshalb je nach Situation sehr unterschiedlich sein kann, werden zur Erstellung eines Angebotes vom Auftragnehmer in der Regel folgende Informationen für jede Drosseleinrichtung benötigt:

- Art des Bauwerks: RÜB, RÜ; RRB etc.
- Art des Drosselorgans: Waagedrossel, Strahldrossel, MID, etc.
- Größe des Drosselabflusses
- Beschreibung der Anordnung der Drosselanlage im Kanalsystem (Haupt- oder Nebenschluss)
- Einstaumöglichkeit des Bauwerks (z. B. Abschiebern)
- Dimension und kanalisationstechnische Situation des weiterführenden Kanals
- Stauraumvolumen
- Tatsächlicher Trockenwetterabfluss (nur grob, zur Ermittlung der Einstauzeit)
- Kopie aus dem Kanalplan (Bestandsplan), z.B. Grundriss od. Übersichtsplan mit Sohlhöhen, in welcher der weitere Kanalverlauf (zwei bis drei Haltungen dahinter) ersichtlich ist.

Vor der Auftragsvergabe ist zu klären, ob Sicherungsmaterial und Personal von Auftraggeberseite während der Messungen zur Verfügung gestellt werden soll.

Diese können für das Absperrern der Rückhalteeinrichtungen, Schließen und Öffnen der jeweiligen Schieber und Kanaleinstiege sowie zur Sicherung der Zugänglichkeit der jeweiligen Schächte benötigt werden.

Der jeweilige Anbieter sollte aufgefordert werden, ein Konzept für die Durchführung der Überprüfungen vorzulegen. Dieses Konzept sollte die Methodik der gewählten Überprüfungsvariante und den Gesamtumfang der vorzunehmenden Maßnahmen darlegen. Nur so ist ein Vergleich von verschiedenen Angeboten möglich.

10.2 Musterausschreibung

Die folgende Musterausschreibung soll eine Hilfestellung sowohl für den Auftraggeber als auch für den Auftragnehmer sein.

Oft ist es für den Auftragnehmer schwierig, ein seriöses Angebot abzugeben, da vom Auftraggeber keine ausreichenden Angaben über die zu überprüfende Einrichtung vorgelegt werden und diese Daten erst noch erhoben werden müssen.

Auf der anderen Seite kann der Auftraggeber erst dann verschiedene Angebote vergleichen, wenn deren Konzepte zur Überprüfung vorgelegt werden und ihr Arbeitsumfang vergleichbar ist.

Im Einzelfall können ergänzende Angaben und eine vorherige Besichtigung der Anlage sinnvoll sein.

Angaben des Auftraggebers:

Bezeichnung der Drosseleinrichtung:

Anordnung der Drosselanlage im Kanalsystem :

Art des Bauwerks:

Stauraumvolumen:

Maximale Einstauhöhe:

Trockenwetterabfluss:
(zur Berechnung der Einstauzeit)

Drosselorgan:

Hersteller:

Typ:

Sollwert des Drosselabflusses

Fester Wert:

Kennlinie:

Unterlagen zur Drosseleinrichtung vorhanden:

Besteht die Möglichkeit die Drossel abzuschiebern:

Ist die Zugänglichkeit zu der Drosselanlage gewährleistet:

Bauwerkszeichnung Drosselschacht:

Skizze aus dem Kanallageplan mit Durchmessern und Sohlhöhen:
Weiterer Verlauf nach der Drosseleinrichtung (ca. 3-5 Haltungen). Angaben sind
notwendig für die Auswahl eines Vergleichsmessverfahrens

Angaben des Auftragnehmers:

Der Auftragnehmer sollte dem Auftraggeber für jede Drosseleinrichtung ein geeignetes Konzept zur Durchführung der Überprüfung vorlegen. Für jede Drosseleinrichtung ist ein vorgesehenees Überprüfungsverfahren zu nennen. Bei der geplanten Überprüfung von mehreren Drosselorganen ist unter Umständen ein Zeitplan sinnvoll.

Bezeichnung der Drosseleinrichtung:

Art des Drosselorgans

Geplantes Vergleichsmessverfahren:

Soll Personal vom Auftraggeber gestellt werden?

Wenn ja, in welchem Umfang: Arbeitskräfte, Spülwagen;

Einstiegssicherungen, Dreibock, Gaswarngerät, etc.

Geplanter Überprüfungstermin:

Erstellung eines Prüfberichts gemäß Kap. 7

Kosten:

Zu Vergleichszwecken empfiehlt es sich, eine Liste mit Referenzen über ausgeführte hydraulische Drosselkalibrierungen des jeweiligen Anbieters anzufordern.

11 Literatur

- [ATV 1994]** ATV Regelwerk A 111 (1994): Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasserentlastungsanlagen in Abwässerkanälen und -leitungen
- [ATV 1999]** ATV Regelwerk A 166 (1999): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung [RdErl.] Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen; RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 3.1.1995 IV B 6 – 031 002 0201
- [DIN 19559-2]** DIN 19559-2, Ausgabe:1983-07 Durchflußmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen; Venturi-Kanäle
- [Hessen A]** Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten: Merkblatt zur Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO), März 2001
- [Hessen B]** Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie: Merkblatt zum Anerkennungsverfahren, Prüfstellen für Durchflussmessungen, D 1.00 Stand: Dezember 2001
- [Hessen C]** Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie: Merkblatt Durchflussmessenrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen; Gestaltungsgrundsätze Planungshinweise Prüfmethodik im Hinblick auf die EKVO Hessen; D 2.00; Stand Oktober 2001
- [Krekel]** Krekel, Dallwig; "Erfahrungen bei der Überprüfung von Durchflußmeßstellen auf Kläranlagen in Hessen"; Wasser und Boden 4/98
- [NRW]** Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung Kanal – SüwV Kan) vom 16. Januar 1995
- [RdErl.]** Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen; RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 3.1.1995 IV B 6 – 031 002 0201
- [Unfall]** Unfallverhütungsvorschrift Abwassertechnische Anlagen, Fassung 1997 mit Durchführungsanweisung von 1994