

Hinweisleitfaden für Bau und Betrieb von Drosselorganen

Entwickelt aus dem Vorhaben
Drosseleinrichtungen an Regenbecken:
Vergleichende Untersuchungen von
hydromechanischen Drosselorganen

(Kurzbericht)



Kurzbericht zum Forschungsprojekt:

Drosseleinrichtungen an Regenbecken: Vergleichende Untersuchungen von hydromechanischen Drosselorganen - IKT - Warentest „Drosselorgane“ (AZ: 54.7.10.06-5285/16).

Fördermittelgeber:



Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Projektantragsteller/Auftraggeber:



Erftverband
Am Erftverband 6
50126 Bergheim

Auftragnehmer:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Bearbeitung:

Wissenschaftliche Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Bert Bosseler
Projektleitung und -bearbeitung: Dipl.-Ing. Markus Gillar
Marcel Goerke, M.Sc.
Dipl.-Ing. (FH) Frank Bersuck
Dipl.-Ing. (FH) Serdar Ulutaş, MBA
Manuel Becker, B.Sc.
Luisa Brandl, M.Sc.
Stefan Bretz, B.Sc.
Matthias Koch, B.Sc.
Lukas Suer, B.Sc.
Marco Bartel
André Braun
Lukas Göbe

Danksagung:

Wir danken den kommunalen Netzbetreibern für die finanzielle Unterstützung sowie deren Vertretern wie auch den Mitarbeitern der nordrhein-westfälischen Landesbehörden für die fachliche Begleitung dieses Projektes im Lenkungsreis:

Institution

Vertreter

Bezirksregierung Düsseldorf

Frau Rombach
Frau Aschendorff
Herr Görgens

Emschergenossenschaft

Herr Petrak

Erftverband

Herr Baxpehler

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV)

Frau Brehm
Frau Wienert

Niersverband

Frau Quarda

Ruhrverband

Herr Theis

Stadt Rheda-Wiedenbrück,
Eigenbetrieb Abwasser

Herr Sudbrock

Technische Werke Burscheid AöR

Herr Grauvogel
Frau Hainke
Herr Stimbert

Wasserverband Eifel-Rur

Herr Johnen
Herr Pütz
Herr Wirtz

Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR

Herr Bittger
Frau Krogull

Wirtschaftsbetrieb Hagen – WBH (AöR)

Herr Kapust
Herr Sander

Wupperverband

Herr Gerlach
Herr Pütz

Darüber hinaus gilt unser Dank Prof. Dr.-Ing. André Niemann und Dr.-Ing. Sebastian Schmuck, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Duisburg-Essen sowie weiteren Netzbetreibern für den Informationsaustausch und die Leistungen im Partnerprojekt „Sonderfragen der Hydraulik“, die durch das geförderte Vorhaben nicht abgedeckt waren:

Stadtentwässerung Frankfurt am Main

Herr Tiszeker

Technische Betriebe Velbert AöR

Herr Klingenberg
Frau Sauerwein

Zweckverband Wasser und Abwasser Vogtland (ZWAV)

Herr Donath
Herr Dressel

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	EINFÜHRUNG.....	2
2	WASSERWIRTSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN	3
2.1	KLASSIFIKATION UND FUNKTIONSWEISEN VON DROSSELORGANEN	4
2.2	REGELWERKE FÜR BAU UND BETRIEB	9
2.2.1	<i>Drosselorgane.....</i>	<i>10</i>
2.2.2	<i>Funktionsprüfung und Probetrieb</i>	<i>11</i>
2.2.3	<i>MID-Schiebersysteme</i>	<i>12</i>
2.2.4	<i>Überwachung und Wartung</i>	<i>16</i>
2.2.5	<i>Verhinderung von Verlegungen und Ablagerungen.....</i>	<i>17</i>
2.3	RECHTLICHE RANDBEDINGUNGEN.....	19
2.3.1	<i>Nordrhein-Westfalen.....</i>	<i>19</i>
2.3.2	<i>Hessen.....</i>	<i>20</i>
2.3.3	<i>Bayern.....</i>	<i>22</i>
2.3.4	<i>Weitere Bundesländer.....</i>	<i>22</i>
3	HINWEISE FÜR PLANUNG, BAU UND BETRIEB.....	23
3.1	ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN VON HERSTELLERN UND NETZBETREIBERN	23
3.1.1	<i>Herstellervorgaben</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Anforderungen von Netzbetreibern.....</i>	<i>23</i>
3.2	PLANUNGS- UND MONTAGEHINWEISE FÜR HYDROMECHANISCHE DROSSELORGANE.....	27
3.2.1	<i>Planungshinweise</i>	<i>27</i>
3.2.2	<i>Montagehinweise</i>	<i>29</i>
3.2.3	<i>Ablaufdiagramm</i>	<i>29</i>
3.3	ERGÄNZENDE HINWEISE FÜR MID-SCHIEBERSYSTEME.....	31
3.3.1	<i>Planung von MID-Schiebersystemen</i>	<i>31</i>
3.3.2	<i>Bau von MID-Schiebersystemen</i>	<i>32</i>
3.3.3	<i>Wesentliche konstruktive Hinweise für unterschiedliche Bauformen der MID-Schiebersysteme</i>	<i>32</i>
3.3.4	<i>Betrieb von MID-Schiebersystemen.....</i>	<i>33</i>
4	CHECKLISTE FÜR DEN BETRIEB	35
4.1	GLIEDERUNG	35
4.2	INFORMATIONEN ZUM DROSSELORGAN	35
4.3	ZUGÄNGLICHKEIT UND BETRIEB.....	37
4.4	VERMEIDUNG VON VERLEGUNGEN.....	38
4.5	WARTUNG UND INSTANDHALTUNG	39
4.6	RANDBEDINGUNGEN FÜR DIE KALIBRIERUNG	39
5	UNTERSUCHUNGEN AN DROSSELORGANEN – WARENTESTERGEBNISSE	41
5.1	VERSUCHS- UND TESTERGEBNISSE	41
5.2	SCHWIMMER-SCHIEBER-DROSSEL SSD 200 TYP II (APA ABWASSTERTECHNIK GMBH).....	41
5.3	WAAGE-DROSSEL TYP II (BGU-UMWELTSCHUTZANLAGEN GMBH).....	45
5.4	STRAHL-DROSSEL TYP I (BGU-UMWELTSCHUTZANLAGEN GMBH).....	49
5.5	TURBO-WIRBELDROSSEL TUR 3,3 DN 200 (UFT UMWELT- UND FLUID-TECHNIK DR.H.BROMBACH GMBH)	53
5.6	ALPHEUS ABFLUSSBEGRENZER AUTOMATIK TYP AA (BIOGEST AG)	57
5.7	HYDROSLIDE AUTOMATIKREGLER GIEHLMATIC DR 200/150 (STEINHARDT GMBH WASSERTECHNIK)	61
5.8	TESTTABELLE IKT-WARENTEST „DROSSELORGANE“	65
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	68
7	FAZIT UND AUSBLICK	75
8	LITERATUR	77

1 Einführung

Drosseleinrichtungen sind ein wichtiger Bestandteil von Kanalnetzen bzw. Mischwasserbehandlungsanlagen und dienen dazu, insbesondere die aus Regenbecken und Stauraumkanälen zur Kläranlage weitergeleiteten Abflüsse zu begrenzen. Überprüfungen von Drosseleinrichtungen im Rahmen von Kalibrierprüfungen gemäß SÜwVO Abw [1] zeigten allerdings, dass insbesondere hydromechanische Drosselorgane mit beweglichen Teilen in halbtrockener Aufstellung oder in Nassaufstellung unplanmäßige und i.d.R. nicht genehmigte Drosselabflüsse weiter leiten können [2].

Wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens [3] war es, zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften von marktgängigen, hydromechanischen Drosseleinrichtungen zu liefern. Zentraler Aspekt war dabei die Eignung der Drosselorgane unter langfristigen Betriebsbedingungen. Aufbauend auf den Untersuchungsergebnissen lassen sich wichtige Hinweise für Planung, Einbau, Betrieb und Wartung von Drosselorganen sowie Maßnahmen zur Qualitätssicherung gewinnen.

Um diese Ergebnisse auch in die alltägliche Arbeit von Netzbetreibern einfließen zu lassen, wurde der vorliegende Kurzbericht als Hinweisleitfaden erstellt. Dieser beschreibt für hydromechanische Drosselorgane und MID-Schiebersysteme Grundlagen und Regelwerke zum Bau und Betrieb von Drosseleinrichtungen sowie Vorgaben für die Qualitätssicherung.

Ergebnisse einer Netzbetreiber-Befragung geben im Weiteren einen Überblick zu alltäglichen Problemen mit Drosselorganen. Aus dieser Befragung heraus wurde eine Checkliste entwickelt, die den Netzbetreibern als Hilfe im alltäglichen Betrieb dienen kann. Diese beinhaltet die wesentlichen Anforderungen an Drosselorgane und ermöglicht einen schnellen Überblick bzgl. der vorherrschenden Randbedingungen sowie des Zustands der entsprechenden Anlage.

Im Anschluss daran finden sich die wesentlichen Angaben zu den im IKT-Warentest untersuchten Drosselorganen, deren Testergebnisse aus dem Versuchsprogramm sowie die einzelnen Prüfzeugnisse. Detaillierte Informationen zum Warentest sind in dem Berichtsauszug der Langfassung enthalten, die von der IKT-Homepage (www.ikt.de/downloads/warentest-berichte/) oder der LANUV-Homepage (<https://lanuv.nrw.de/landesamt/forschungsvorhaben/>) kostenlos heruntergeladen werden kann. Detail- und Hintergrundinformationen zum gesamten Vorhaben sind in der Langfassung des Berichtes dargestellt. Auch dieser Bericht steht auf der o.g. Website zum Download zur Verfügung.

2 Wasserwirtschaftliche Grundlagen

Den wasserrechtlichen Rahmen bildet innerhalb der Europäischen Union (EU) die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) [4] vom 23. Oktober 2000. Die WRRL dient dazu, das Europäische Wasserrecht zu vereinheitlichen und formuliert verpflichtende Umweltziele für die Mitgliedsländer. Die Betrachtung der Gewässer orientiert sich dabei an Flussgebietseinheiten, sodass die Bewirtschaftung der Oberflächengewässer länderübergreifend erfolgen kann. Die Umsetzung der Ziele soll durch festgelegte Maßnahmenprogramme erfolgen. Die WRRL [4] bedarf einer Umsetzung durch nationale Gesetze. Dies erfolgte in Deutschland durch entsprechende Änderungen des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) [5]. Auf Landesebene ergänzen die jeweiligen Landeswassergesetze, wobei die Gesetze durch Verordnungen des Bundes und der Länder erweitert werden. [6]

Im WHG wird der Begriff „Abwasser“ definiert und eine Unterscheidung zwischen Schmutzwasser und Niederschlagswasser getroffen. Schmutzwasser ist demzufolge Wasser, das durch den Gebrauch im häuslichen, gewerblichen oder landwirtschaftlichen Bereich in seinen Eigenschaften verändert wurde. Wasser aus Niederschlägen, das gesammelt von befestigten Flächen abfließt, ist Niederschlagswasser. Es besteht die generelle Pflicht zur Abwasserbeseitigung (§56 WHG). Zur Abwasserbeseitigung gehört unter anderem das Sammeln, Fortleiten, Behandeln, Einleiten und Versickern von Abwasser. Das Sammeln und Fortleiten wird durch das Entwässerungsnetz übernommen.

Die Aufgabe des Entwässerungssystems wird in der DIN EN 752 [7] genauer beschrieben. Demzufolge ist ein Entwässerungssystem ein Teil des Abwasserentsorgungssystems. Das Entwässerungssystem hat die Funktion, Abwasser zu sammeln und abzuleiten. Ziel ist es dabei, die öffentliche Gesundheit und Hygiene zu schützen. Außerdem dient es zum Schutz vor Überflutungen im urbanen Bereich und spielt eine wichtige Rolle beim Umweltschutz.

Die Sammlung und Ableitung von Abwasser erfolgt in unterschiedlichen Systemen. Es wird zwischen zwei Grundkonzepten unterschieden, dem Mischsystem und dem Trennsystem. Die Systeme unterscheiden sich in Bezug auf die Ableitung des Niederschlagswassers. Im Mischsystem werden Schmutzwasser und Regenwasser gemeinsam abgeleitet. Dies ist historisch bedingt vor allem in älteren Siedlungen zu finden [8].

Wesentliche Informationen zu den beiden Grundkonzepten der Siedlungsentwässerung einschließlich der Funktionsweisen sind u.a. in [9], [10] und [11] dargestellt.

Die Notwendigkeit, Regenwasserabflüsse systematisch zu behandeln, wurde in Deutschland erst vor rund 40 Jahren bedeutsam, da ab diesem Zeitpunkt ein großer Anteil der Bevölkerung an die öffentliche Kanalisation angeschlossen war. Die erste deutsche Richtlinie zu diesem Thema erschien 1977, wurde mehrfach überarbeitet, aber ist bis heute in Kraft. [12]

Dabei handelt es sich um das Regelwerk ATV-A 128 [13]. Dieses gibt Richtlinien zur Bemessung und Gestaltung von Entlastungsbauwerken vor. Dem Regelwerk zufolge ist

das vorrangige Ziel, den Zufluss von Regenwasser in die Kanalisation zu vermeiden. Überall dort, wo dies möglich ist, sollten Maßnahmen ergriffen werden, um dieser Zielsetzung zu entsprechen. Für die Zuflüsse von Niederschlagswasser werden im Mischwasserkanal Entlastungsbauwerke angeordnet. Die Regenwasserbehandlung sorgt zum einen dafür, die Zuflüsse zur Kläranlage zu begrenzen und gleichzeitig die Umweltbelastung für Gewässer durch stoßweise Entlastung von Abwasser an Entlastungsbauwerken in vertretbaren Grenzen zu halten. [13] Zu den Entlastungsbauwerken zählen Regenüberläufe, Regenüberlaufbecken und Stauraumkanäle [13]. Zur Bemessung von Regenrückhalteräumen im Misch- und Trennsystem enthält das Arbeitsblatt DWA-A 117 [14] entsprechende Planungsgrundlagen.

Regenbecken sind Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. Detaillierte Informationen zu ihrer Anordnung im Netz, Funktionsweise und Klassifikation sind im Arbeitsblatt DWA-A 166 [15] enthalten. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Niederschlagswasserbehandlungsanlagen sind Drosselanlagen (vgl. Bild 1), jeweils bestehend aus Drosselbauwerk (DBw) und Drosselorgan (D).

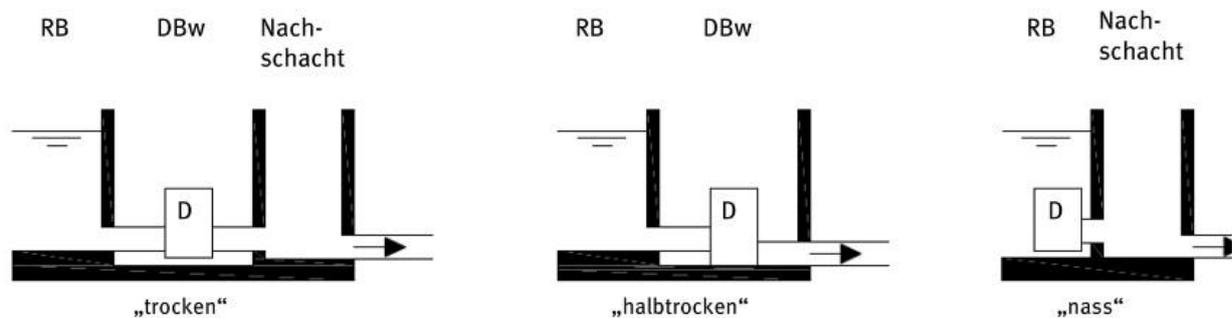


Bild 1 Beispielhafte, schematische Darstellung von unterschiedlich aufgestellten Drosselorganen, aus [15]

2.1 Klassifikation und Funktionsweisen von Drosselorganen

Das Regelwerk DWA-A 111 [17] nimmt eine Klassifizierung von Drosselorganen vor. Es wird unter anderem gemäß ihrer Funktionsweise unterschieden nach Steuerung oder Regelung. Weitere Unterkategorien bilden passive und aktive Drosselorgane. Zusätzlich spielt die Frage, ob das Drosselorgan bewegliche Teile besitzt oder nicht, eine Rolle bei der Klassifizierung. Des Weiteren wird betrachtet, ob der Betrieb mit oder ohne Fremdenergie erfolgt. In diesem Abschnitt folgen nach der Festlegung der Begrifflichkeiten, basierend auf den Informationen des DWA-A 111 [17], die Klassifikation von Drosselorganen (vgl. Bild 2) sowie die Erläuterung der drei möglichen Aufstellungsarten.

		Abfluss-Steuerungen	Abfluss-Regelungen		
Ohne Fremdenergie	passiv	<p>Drosselstrecke</p>	Kann es nicht geben	ohne bewegte Teile	
	aktiv	<p>Strömungsmechanisches Ventil</p>	Gibt es noch nicht		
	aktiv	<p>Oberwassergesteuertes Drosselorgan</p>	<p>Unterwassergeregeltes Drosselorgan</p>		
mit Fremdenergie	<p>Oberwassergesteuertes Drosselorgan mit Motorantrieb</p>	<p>Durchflussgeregeltes Drosselorgan mit Motorantrieb</p>			
		$Q_{Dr,min} > 25 \text{ l/s}$	$Q_{Dr,min} > 10 \text{ l/s}$		
Mindestabflüsse für Misch- und Schmutzwasser nach Arbeitsblatt DWA-A 111					

Bild 2 Klassifizierung von Drosselorganen (Regelfall), aus [15]

Begrifflichkeiten

Im Fachbericht „LUA NRW 6/2003 Technische Informationen zur Drosselkalibrierung Teil 1“ [16] werden vier Begriffe definiert, die auch in der vorliegenden Arbeit Verwendung finden. Die Abgrenzung der Begriffe Drosselorgan, Drosselbauwerk, Drosselanlage und Drosseleinrichtung wird in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Begriffsfestlegung nach Fachbericht LUA [16]

Begriffe	Erläuterung
<i>Drosselorgan</i>	Als Drosselorgan wird das abflussbegrenzende Bauteil und seine Mess-, Steuer- und Regeltechnik bezeichnet.
<i>Drosselbauwerk</i>	Das Bauwerk, in dem das Drosselorgan verbaut ist.
<i>Drosselanlage</i>	Der Begriff Drosselanlage bezeichnet das Drosselorgan und das Drosselbauwerk.
<i>Drosseleinrichtung</i>	Drosseleinrichtung umfasst das Drosselorgan, das Drosselbauwerk und die auf die Drossel einwirkende bauliche Umgebung.

Aufstellungsart

Die unterschiedlichen Aufstellungsarten für Drosseleinrichtungen sind im DWA-A 166 [15] festgehalten. Es werden drei Arten unterschieden (vgl. auch Bild 1):

Tabelle 2: Aufstellungsarten von Drosselorganen nach DWA-A 166 [15]

Aufstellung	Erläuterung
<i>nass</i>	Das Drosselorgan ist direkt im Regenbecken am Auslass eingebaut und wird beim Einstau überspült. Ein Drosselbauwerk ist demzufolge nicht vorhanden.
<i>halbtrocken</i>	Das Drosselorgan ist in einem Drosselbauwerk direkt am Regenbecken verbaut. Hinter dem Drosselorgan tritt der Abfluss frei in ein Gerinne aus.
<i>trocken</i>	Das Drosselorgan ist in einem Drosselbauwerk untergebracht. Sowohl der Zufluss als auch der Abfluss des Drosselorgans werden durch eine Rohrleitung geführt. Es ist ein geschlossenes System.

Passive Drosselorgane

Passive Drosselorgane besitzen keine beweglichen Teile und haben in etwa einen konstanten Durchflussbeiwert. Dies bedeutet, dass der Ausfluss aus der Drossel mit der Quadratwurzel des Oberwasserstandes anwächst (Torricelli-Gleichung). [17]

Aktive Drosselorgane

Aktive Drosselorgane zeichnen sich dadurch aus, dass der Abfluss nicht der Torricelli-Gleichung folgt. Dies erfolgt durch Größenänderung der Austrittsöffnung oder es wird mit Hilfe von Strömungseffekten der Fließwiderstand variiert. Aktive Drosselorgane

haben eine steile $Q(h)$ -Kennlinie, die nicht parabelförmig ist. Der Ausfluss aus dem Becken ist daher nur gering vom Oberwasserstand im Becken abhängig, sodass im Idealfall konstante Abflüsse möglich sind. [17]

Abfluss-Steuerung

Arbeitet das Drosselorgan nach dem Funktionsprinzip einer Steuerung, ist der Oberwasserstand die Eingangsgröße. Ein typisches Beispiel für eine Abflusssteuerung ist die Verbindung eines Stellschiebers mit einem Schwimmer. Der Schwimmer erfasst den Oberwasserstand und steuert über eine mechanische Übersetzung den Stellschieber. Der Stellschieber verändert in Abhängigkeit des Oberwasserstandes den Abflussquerschnitt. Abflusssteuerungen, die einen Höhenstandsensoren besitzen und deren Stellschieber mit einem Stellmotor betrieben wird, fallen auch in diese Kategorie. Niedriger Wasserstand im Becken stellt den Schieber auf eine größere Öffnungsweite. Steigender Wasserstand im Becken sorgt für ein progressives Schließen der Abflussöffnung. So wird dem sich erhöhenden Vordruck entgegengewirkt und es ist ein annähernd konstanter Abfluss unabhängig vom Oberwasserstand möglich. [17]

Abfluss-Regelung

Bei Abfluss-Regelungen besteht die Wirkungsrichtung entgegen der Fließrichtung. Die Abflussöffnung wird über den direkt oder indirekt gemessenen Durchfluss eingestellt. Das Verhalten im Falle von auftretenden Verlegungen ist hier günstiger. Verringert sich der Durchfluss aufgrund einer Verlegung, wird dies registriert und die Regelung wirkt dem Effekt entgegen. Zu geringer Durchfluss führt daher zu einem Öffnen des Auslassquerschnittes und die Verlegung kann auf diese Weise ausgespült werden. [17]

Drosseleinrichtungen an Regenbecken und Stauraumkanälen

Drosseleinrichtungen haben im Kanalnetz die Aufgabe, Abflüsse zu begrenzen und auf diese Weise hydraulische Überlastungen im Kanal, für Behandlungsanlagen oder das Gewässer zu verhindern [17]. Sie sind unter anderem an Regenbecken angeordnet, wo sie eine hohe Bedeutung in Bezug auf die ordnungsgemäße Funktion der Regenbecken haben. Zum einen sorgen sie dafür, dass die Retentionsspeicher planmäßig ausgenutzt werden können. Grundsätzlich besteht das Risiko einer Reduzierung der Reinigungsleistung von Abwasserreinigungseinrichtungen wie etwa Regenbecken und Kläranlagen bei unplanmäßig arbeitenden Drosseleinrichtungen mit zu hohem Drosselabfluss. Im Gegensatz dazu werden Speicherräume unplanmäßig aktiviert und ggf. Entlastungsereignisse an Regenbecken hervorgerufen, wenn beispielsweise die Drosseleinrichtung eine geringere Menge als den Soll-Drosselabfluss zur Kläranlage weiter leitet. Zum anderen stellen sie bei ordnungsgemäßem Betrieb sicher, dass die ggf. vorgesehene, mechanische Reinigungsfunktion der Regenbecken nicht beeinträchtigt wird. Eine erfolgreiche Regenwasserbehandlung ist daher eng mit der Funktion der Drosseleinrichtung verbunden. [15, 10]

Typische Drosselorgan-Typen sind:

Die **Rohrdrossel** als passives Drosselorgan kann den Abfluss begrenzen, wobei die Wirkungsweise auf der Rohrreibung des Abwassers in der Drosselstrecke sowie auf Einlaufverlusten beruht [18]. Feststehende Drosselschieber und -blenden drosseln

ebenfalls nur passiv, hier wird die Drosselwirkung durch den Abflussbeiwert des Schiebers erzeugt. Als grobe Näherung für einen Schieber wird in [17] ein Abflussbeiwert von $\mu=0,65$ und für eine scharfkantige Blende ein Wert von $\mu=0,62$ angegeben. Die genauen Werte liefert in der Regel der Hersteller.

Hydromechanische Drosselorgane haben den Vorteil, dass sie ohne Fremdenergie betrieben werden. Sie zählen zu den aktiven Drosselorganen, bei denen sich die $Q(h)$ -Kennlinie von der Torricelli-Gleichung [19]¹ löst. Aufgrund der Vielzahl verfügbarer hydromechanischer Drosselorgane von mehreren auf dem deutschen Markt vertretenen Herstellern wird mit Blick auf die im Rahmen dieses Projektes erstellten Marktübersicht (enthalten im Anhang zur Langfassung des Berichtes) auf eine Darstellung der unterschiedlichen Produkte bzw. Typen an dieser Stelle verzichtet. Die Schilderung der Funktionsweisen der für den Warentest Drosselorgane ausgewählten Produkte bzw. Typen hydromechanischer Drosselorgane findet sich zu Beginn im jeweiligen Abschnitt der Systemprüfungen in der Langfassung des Abschlussberichtes.

Zu den **Systemen mit Fremdenergie** gehören unter anderem Pumpen. Sie können als Drosselorgan eingesetzt werden. Auch hier muss jedoch der Zusammenhang $Q(h)$ berücksichtigt werden. Für konstante Abflüsse können frequenzgeregelte Pumpen sorgen. Diese können in Kombination mit einer Abflussmessung auf einen konstanten Abfluss, unabhängig vom Wasserstand, drosseln. [17]

Drosselorgane, die durch einen Schieber geregelt werden, wie z.B. magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID) oder höhenstandsgeregelte Schieber (Ultraschall, Radar), gehören ebenfalls in diese Kategorie. Hier wird in Abhängigkeit der Durchflussmessung des MIDs oder des vorhandenen Wasserstandes im Becken ein Stellschieber oder eine Klappe geregelt, sodass konstante Abflüsse realisiert werden können. [20] Beispiele für MID-Schiebersysteme sind in der Langfassung des Abschlussberichtes in Abschnitt 6.4 dargestellt.

Des Weiteren gibt es auch elektronische Steuerungen. Diese ermitteln als Eingangsgröße den Höhenstand im Becken mit einer geeigneten Messung. In Abhängigkeit dieser Messung wird dann wiederum ein Stellschieber angesteuert, der den Abflussquerschnitt in der daraus ermittelten Größe freigibt. [21, 22]

Verlegung

Im Zusammenhang mit Drosselorganen wird in der Literatur häufig der Begriff „Verlegung“ verwendet. Dieser bezeichnet – bezogen auf Drosselorgane – die Störung des Abflussquerschnittes und/oder der beweglichen Teile eines Drosselorgans (vgl. Bild 3) durch Feststoffe, die im Abwasser mitgeführt werden.

¹ Ausfluss-Gleichung nach Torricelli: $v = \sqrt{2g\Delta h}$. Sie besagt, dass die Ausströmgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Füllstandshöhe in einem Behälter mit der Quadratwurzel abnimmt.



Bild 3 Beispiel für eine Verlegung des Drosselorgan-Schwimmers mit Beeinträchtigung seiner Funktion

2.2 Regelwerke für Bau und Betrieb

Die wesentlichen Qualitätsanforderungen an Drossleinrichtungen sind in den Regelwerken DWA-A 111 [17] und DWA-A 166 [15] enthalten. Des Weiteren wird auf das DWA-M 176 [22] verwiesen, das sich jedoch in den meisten Aussagen zu Drossleinrichtungen auf die zwei eingangs genannten Regelwerke bezieht und daher nur wenig zusätzliche Informationen beinhaltet.

Wesentliche Anforderungen werden in diesem Abschnitt zusammengefasst und erläutert. Im Einzelnen handelt es sich um:

- Informationen zum Drosselorgan einschließlich seiner Genauigkeit (vgl. Abschnitt 2.2.1),
- Funktionsprüfung und Probetrieb (vgl. Abschnitt 2.2.2),
- Regelwerke für Messeinrichtungen und Bauwerke für MID-Schiebersysteme (vgl. Abschnitt 2.2.3),
- Überwachung und Wartung mit Informationen zu: Zugänglichkeit, Aufstellungsart und Mindestmaße von Drosselbauwerken (vgl. Abschnitt 2.2.4),
- Verhinderung von Verlegungen und Ablagerungen (vgl. Abschnitt 2.2.5) unter besonderer Berücksichtigung von Mindestabflüssen und -durchmessern von Leitungen und Drosselorganen, baulichen Maßnahmen sowie Rückstau.

Damit mindestens diese Informationen den für Planung, Bau und Betrieb zuständigen Personen im alltäglichen Betrieb präsent sind, wurden sie in Checklisten übersichtlich zusammengefasst (vgl. Abschnitt 4).

2.2.1 Drosselorgane

An Drosselorgane werden zahlreiche Anforderungen gestellt. Sie sollten verstellbar und nachrüstbar sein, um ggf. bei Änderungen der Anlage sowie des Abwasserbeseitigungskonzeptes Anpassungen vornehmen zu können. Die Austauschbarkeit fordert das DWA-A 166 [15]. Die Nutzungsdauer eines Drosselorgans sollte mindestens 15 Jahre betragen. Die Hersteller haben außerdem für ein gut lesbares Typenschild (möglichst graviert) an der Drossel zu sorgen, das in Anlehnung an [15] die folgenden Kenndaten mindestens enthalten soll:

- Hersteller,
- Baujahr,
- Hersteller-/Serien-Nummer,
- Typ,
- Bauart,
- Nennweite,
- Soll-Abfluss,
- Stauhöhe,
- Regel-/Steuerbereich.

Das Arbeitsblatt DWA-A 111 enthält Anforderungen an die Genauigkeit von Drosselorganen. Die Anforderungen werden an den Einbauzustand unter Betriebsbedingungen gestellt und beziehen sich auf den Ist-Abfluss des verbauten Drosselorgans. Die Ist-Abflusskurve muss durch eine unabhängige Vergleichsmessung ermittelt werden. Zur Beurteilung wird die $Q(h)$ -Kennlinie bewertet. Die $Q(h)$ -Kennlinie stellt den Abfluss in Abhängigkeit des Höhenstandes im Becken dar. Auf der Soll-Abflusskurve $Q(h)_{\text{Soll}}$ basiert die wasserrechtliche Genehmigung. Diese wird im Zuge der Bewertung mit der Ist-Abflusskurve der Vergleichsmessung $Q(h)_{\text{Ist}}$ verglichen. Das Arbeitsblatt unterscheidet bei der Beurteilung zwischen den Abweichungsfaktoren C1 und C2. Dabei bezieht sich C1 auf lokale Abweichungen. Der Abweichungsfaktor C2 hingegen bezieht sich auf die Abweichung der Mittelwerte zwischen $Q(h)_{\text{Ist}}$ und $Q(h)_{\text{Soll}}$. In Bezug auf die Höhe der Abweichungen verweist das Arbeitsblatt auf die entsprechenden Verordnungen der Länder. [17]

Sofern keine Vorgaben bestehen, fordert das DWA-A 166 für C1 einen Wert von 0,2 (entsprechend $\pm 20\%$ maximal zulässiger Abweichung), der nicht überschritten werden sollte. Für C2 wird keine Vorgabe getroffen. Für netzabschließende Drosselorgane können die Anforderungen allerdings auch deutlich strenger sein. [15]

Gemäß DWA-A 111 [17] ist die $Q(h)$ -Kennlinie zur Beurteilung in vier Bereiche aufzuteilen, die bei der Auswertung unterschiedliche Relevanz aufweisen. Die Höhenbereiche sind in Tabelle 3 definiert.

Tabelle 3: Höhenbereiche nach DWA-A 111 [17]

Bereich	Abgrenzung	Relevanz
Höhenbereich 1 (h_1)	$h_1 < 2D_{Dr}$	Üblicherweise keine Betrachtung.
Höhenbereich 2 (h_2)	$2D_{Dr} < h_2 < 2/3h_b$	Messtechnische Aufnahme von Höhenstand und Durchfluss.
Höhenbereich 3 (h_3)	$2/3h_b < h_3 < h_b$	Aufwendig, ggf. Abschätzung durch Extrapolation aus Bereich 2.
Höhenbereich 4 (h_4)	$h_b < h_4 < h_{max}$	Keine Betrachtung.

D_{Dr} = Nennweite Drossel, h_b = Bemessungswasserstand für Drosselorgan (i.d.R. Stauziel), h_{max} = maximale Höhe

Der erste Höhenbereich wird nicht berücksichtigt, da die meisten Drosselorgane im Bereich von $2D_{Dr}$ noch nicht den Abfluss regeln. Beispielsweise wird bei einem Drosselorgan, welches über einen Schwimmer eine Drosselblende ansteuert, in diesem untersten Höhenbereich die Mechanik noch nicht bewegt. Höhenbereich 4 liegt im Überlaufbereich, da das Abwasser bereits höher als die Überlaufschwelle steht. Dieser Bereich kann nicht eingestaut werden. [17]

Detaillierte Informationen zur Vorgehensweise für die messtechnische Überprüfung von Drosseleinrichtungen finden sich in den ergänzenden Veröffentlichungen der Länder. Das sind in NRW die Fachberichte LUA [16, 23] und in Hessen das Merkblatt D 2.10 [24], vgl. dazu Abschnitt 2.3.2.

Die Anforderungen an Rohrdrosseln werden in diesem Rahmen nicht behandelt, da diese für Neubauten nur noch in Sonderfällen Verwendung finden. Im DWA-A 111 [17] sind weiterführende Informationen und Anforderungen zu Drosselstrecken enthalten.

2.2.2 Funktionsprüfung und Probetrieb

Das DWA-A 166 [15] fordert bei neugebauten Anlagen zur zentralen Regenwasserbehandlung eine erste Funktionsprüfung sowie einen Probetrieb von drei bis sechs Monaten. Die Durchführung der Funktionsprüfung und des anschließenden Probetriebes sind bei der Planung des Bauwerks und seiner Komponenten zu berücksichtigen. Die Erstellung des Ablaufplans erfolgt durch den Planer. Dabei sollte die Planung eng mit dem Betreiber diskutiert und die Pläne frühzeitig mit dem Betriebspersonal durchgesprochen werden.

Funktionsprüfung

Die Funktionsprüfung umfasst die gesamte Anlage und ihre Ausrüstungselemente. In einer ersten „trockenen“ Überprüfung werden alle maschinellen und elektrotechnischen Komponenten betätigt und ihre ordnungsgemäße Funktion überprüft. Der Trockenprüfung folgend, empfiehlt das DWA-A 166 eine „nasse“ Überprüfung unter realen Bedingungen (Erstkalibrierung). Insbesondere die Funktion der Abflussteuerung lässt sich nur während einer hydraulischen Funktionsprüfung beobachten. Dabei wird

das Becken eingestaut, bis sich ein ausreichender Wasserstand im Becken eingestellt hat. Eine Entlastung, verursacht durch die hydraulische Funktionsprüfung, muss ausgeschlossen werden. Im Zentrum der hydraulischen Funktionsprüfung steht die Funktion des Drosselorgans. Wie in den Anforderungen an die Genauigkeit von Drosselorganen beschrieben, wird das Drosselorgan mit einer unabhängigen Vergleichsmessung überprüft. Dazu wird in der Regel Messtechnik im weiterführenden Kanal eingebracht. Die Abnahme des Bauwerks erfolgt dem DWA-A 166 zufolge erst nach erfolgreicher Funktionsprüfung. [15] Erst danach beginnt die Gewährleistungsfrist.

Probetrieb

Der Probetrieb beginnt im Anschluss an die Funktionsprüfung und der formellen Abnahme des Bauwerks. Der für das Becken verantwortliche Betreiber hat den Probetrieb zu organisieren. Er sollte Maßnahmen treffen, die sicherstellen, dass die Beschickung des Beckens im Zeitraum der hydraulischen Überprüfung möglich ist. Der Probetrieb dient weiterhin dazu, das Betriebspersonal mit der Anlage vertraut zu machen. Die Einweisung des Betriebspersonals sollte mit der Abnahme oder bei Inbetriebnahme vor Beginn des Probetriebs erfolgen. Als Dauer für den Probetrieb sieht das Arbeitsblatt drei bis sechs Monate vor. Während dieser Zeitspanne sind mindestens drei Einstauereignisse mit einer Beckenfüllung über 50 % gefordert. Sollten im Verlauf des Probetriebes schwerwiegende Mängel registriert werden, wird der Probetrieb verlängert, bis die Mängel behoben sind. Ebenfalls sollten in dieser Zeit die Reinigungseinrichtungen und ggf. die Verlegebeseitigung auf ihre Wirksamkeit hin geprüft werden.

Im Abschnitt „Probetrieb“ des DWA-A 166 wird darauf hingewiesen, dass insbesondere bei sehr großen Speicherkapazitäten und hohen Drosselabflusswerten ein Einstau durch natürliche Ereignisse sehr selten ist und ein künstlicher Einstau häufig nicht erfolgen kann. In diesen Fällen sind Wirtschaftlichkeit und wasserrechtliche Notwendigkeit gegenüberzustellen und im Einzelfall abzuwägen. [15]

Für jedes Bauwerk muss bei Inbetriebnahme der Anlage eine Betriebsanweisung vorliegen. Diese ist so zu gestalten, dass eine spätere Fortschreibung möglich ist. Ebenfalls sind u.a. auch die wasserrechtlichen Genehmigungsbescheide beizufügen. Am Ende der Probetriebsphase ist i.d.R. vom Planer die Betriebsanweisung auf den neuesten Stand zu bringen. Diese sind darüber hinaus hilfreich für die Pflichten gemäß SüwVO Abw, §§ 4 und 5 (Anweisungen für die Selbstüberwachung und Überwachungsbericht) [1].

2.2.3 MID-Schiebersysteme

Die vorab dargelegten Anforderungen und Hinweise gelten ebenso für MID-Schiebersysteme. Aufgrund der Komplexität der Anlagen insbesondere mit Blick auf die Messtechnik werden nachfolgend die wesentlichen Normen und Regelwerke, die sich zusätzlich mit den Messeinrichtungen bzw. messtechnischen Anforderungen und den erforderlichen Bauwerken befassen, aufgelistet. Die erste Zusammenstellung der Regelwerke ist bereits im Jahr 2001 erfolgt im Rahmen des Projektes „Durchflussmesseinrichtungen an Regenentlastungsbauwerken“ [25]. Eine

Überarbeitung mit Blick auf die Gültigkeit der seinerzeit zitierten Regelwerke und Ergänzung um neue Regelwerke fand im Jahr 2017 im Rahmen des Vorhabens statt.

In Bild 4 sind die wesentlichen Regelwerke mit Blick auf „Messeinrichtung“ und „Bauwerk“ aufgeführt (aktualisiert aus [25]).

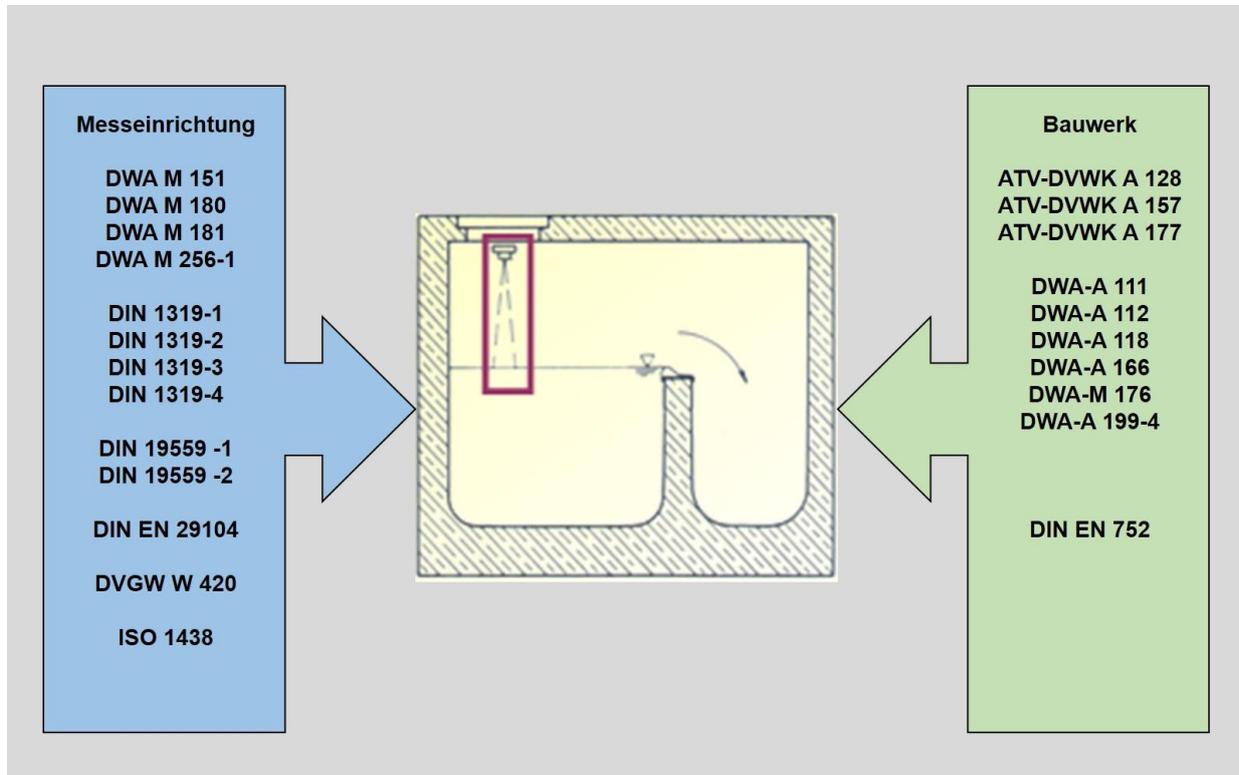


Bild 4 Übersicht der Normen und Regelwerke zu MID-Schiebersystemen, aktualisiert aus [25]

Eine detaillierte Beschreibung der aufgeführten Regelwerke ist hier nicht vorgesehen, allerdings sind in den nachfolgend aufgeführten Tabellen wesentliche Kapitel und Inhalte des jeweils vorgestellten Regelwerks aufgeführt, beginnend mit den Anforderungen an die Messtechnik gefolgt von den Anforderungen an die Bauwerke.

Tabelle 4: Normensammlung zu Anforderungen an Messtechnik, aktualisiert aus [25]

Anforderungen an die Messtechnik			
Norm	Bezeichnung	Kapitel	Stand
DWA M 151	Messdatenmanagementsysteme (MDMS) in Entwässerungssystemen	allgemein	August 2014
DWA M 180	Handlungsrahmen zur Planung der Abflusssteuerung in Kanalnetzen	Anhang C	Dezember 2005
DWA M 181	Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen	7 Messverfahren 7.2.3 Methoden mit Geschwindigkeitsmessung im gesamten Querschnitt 7.2.3.2 MID mit vollgefüllten Rohrquerschnitt 7.2.3.3 MID mit Teilfüllung 7.2.4.6 MID Sonde 7.2.5.2 MID Eintauchsonde 9 Planung, Bau und Installation 9.4 Anordnung und Einbau der Sensoren 9.4.2 Sensoranordnung im Längsschnitt 10 Messbetrieb 10.4 Betriebs- und Funktionskontrollen	September 2011
DWA M 256-1	Prozessmesstechnik auf Kläranlagen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen	allgemein	Juni 2011
DWA M 256-6	Prozessmesstechnik auf Kläranlagen Teil 6: Messeinrichtungen zur Bestimmung des Füll- und Grenzstandes	allgemein	Juni 2014
DIN 1319-1	Grundlagen der Messtechnik - Teil 1: Grundbegriffe	allgemein	Januar 1995
DIN 1319-2	Grundlagen der Messtechnik - Teil 2: Begriffe für Messmittel	allgemein	Oktober 2005
DIN 1319-3	Grundlagen der Messtechnik - Teil 3: Auswertung von Messungen einer einzelnen Messgröße, Messunsicherheit	allgemein	Mai 1995
DIN 1319-4	Grundlagen der Messtechnik - Teil 4: Auswertung von Messungen; Messunsicherheit	allgemein	Februar 1999
DIN 19559-1	Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen: Allgemeine Angaben	3. Ausführung der Durchflussmessung 3.3 Messwertaufnehmer 3.3.2 Fließgeschwindigkeit 3.3.2.3. Magnetisch-Induktive Durchflussmessgeräte	Juli 1983
DIN 19559-2	Durchflussmessung von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen: Venturi Kanäle	2. Grundlagen 4. Entwurfskriterien 4.2 Konstruktive Durchbildung 4.2.1 Einlaufstrecke 4.2.2 Verziehung und Drosselstrecke 4.3 Lage Messwertaufnehmer 7. Genauigkeitsanforderungen 8. Kontrollmaßnahmen und Kontrolleinrichtung	Juli 1983
DIN EN 29104	Durchflussmessung von Fluiden in geschlossenen Leitungen; Verfahren zur Beurteilung des Betriebsverhaltens von magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten für Flüssigkeiten	4. Allgemeine Untersuchungsverfahren 4.1 Allgemeine Anforderungen	August 1983
DVGW W 420	Magnetisch-Induktive Durchflussmessgeräte (MID-Geräte) - Anforderungen und Prüfungen	3. Bauformen, Maße und Bezeichnungen 4. Anwendung und Einbau 5. Anforderungen 6. Prüfungen 7. Kennzeichnung	März 2001
ISO 1438	Hydrometrie - Durchflussmessung in offenen Gerinnen mittels Dünnplatten-Wehren	allgemein	April 2017

Tabelle 5: Normensammlung bzgl. Anforderungen an Bauwerke, aktualisiert aus [25]

Anforderungen an die Bauwerke			
Norm	Bezeichnung	Kapitel	Stand
ATV-DVWK A 128	Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen	allgemein	April 1992
DWA A 111	Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in Entwässerungssystemen	allgemein	Dezember 2010
DWA A 112	Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und -kanälen	allgemein	August 2007
DWA A 118	Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen	allgemein	September 2011
DWA A 166	Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung	8. Bauwerkskomponenten 8.2 Drosselbauwerke (DBw) 10. Elektrotechnische Ausrüstung 10.1 Messtechnik 10.1.2 Arten und Aufgaben von Messungen	November 2013
DWA M 176	Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung	6. Ausrüstung von Regenbecken 6.2 Anlagen zur Abflussbegrenzung 6.2.3 Steuerungen und Regelungen mit Fremdenergie 6.2.3.3 Durchfluss geregelte Drosselorgane mit Fremdenergie 6.9 Pumpen in Regenbecken 6.9.1 Allgemeines zu Pumpen in Regenbecken	November 2013
DWA A 199-2	Dienst- und Betriebsanweisung für das Personal von Abwasseranlagen, Teil 2: Betriebsanweisung für das Personal von Kanalnetzen und Regenwasserbehandlungsanlagen	3. Anlagen und Funktionsbeschreibung 3.2 Anlagen- und Funktionsbeschreibung Regenwasserbehandlungsanlagen 3.2.1 Anlagen- und Funktionsbeschreibung RÜB Hauptstraße 5. Instandhaltung 5.3 Wartung 5.3.2. Wartung Regenwasserbehandlungsanlagen 5.3.2.1. Wartung RÜB Hauptstraße	Juli 2007
DWA A 199-4	Dienst- und Betriebsanweisung für das Personal von Abwasseranlagen - Teil 4: Betriebsanweisung für das Personal von Kläranlagen	7. Betriebsüberwachung 7.3 Prüfungen, Messungen und Analysen Wartung und Reinigung Kalibrierung	August 2006
DIN EN 752	Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden - Kanalmanagement	allgemein	Juli 2017

2.2.4 Überwachung und Wartung

Drossleinrichtungen müssen intensiv überwacht werden. Aus diesem Grund werden im DWA-A 166 [15] Anforderungen formuliert, die sicherstellen sollen, dass Überwachung, Wartung und Inspektion gewährleistet sind. Auch für die Durchführung der Drosselkalibrierung, die in einigen Bundesländern Pflicht ist, sind diese Anforderungen von Bedeutung. Folgende Kriterien sind von Belang:

Zugänglichkeit und Wartung

Zur Überwachung und Wartung muss das Drosselbauwerk eine gut begehbare, direkte Zugangsmöglichkeit besitzen, die auch erforderliche Absicherungsmaßnahmen, wie etwa Absturzsicherung mittels Dreibaum o.ä., zulässt. Dazu sollte sich der Einstieg außerhalb des fließenden Verkehrs befinden und Kontrollöffnungen müssen von Einzelpersonen ohne zusätzliche Geräte zu öffnen sein. Montageöffnungen werden in der Regel zum Ein- und Ausbringen von Aggregaten, deren größtes Bauteil maßgeblich die Öffnungsgröße bedingt, und Arbeitsmaterial sowie zur Entnahme von eingetragendem Sperrgut (Steine, Äste usw.) benötigt. Sie sollten außerhalb von Verkehrsflächen liegen und jederzeit zugänglich sein. Ist in der Montageöffnung ein Einstieg vorgesehen, sollte in der Abdeckung, sofern diese nicht leicht zu öffnen ist, eine separate Einstiegsöffnung integriert werden. Zum gefahrlosen Betreten der Bauwerke ist für gesicherte Be- und Entlüftung zu sorgen. Bei Stauraumkanälen ist als Zugang für Inspektion und Wartung ein Vorschacht vorzusehen, welcher zusätzlich zur Belichtung und Belüftung dient. Außerdem ist es wichtig, dass Drossel einlauf und -auslauf gut einsehbar sind und ebenfalls zugänglich ausgeführt werden. [22]

Mit Blick auf die Wartung von Drosselorganen kann ein Informationsaustausch mit anderen Behörden (Straßenbetrieb, Bauamt etc.) bzgl. Veränderungen im Einzugsgebiet, z.B. durch Baustellen, hilfreich sein. Hierdurch verursachte Änderungen der Abwasserzusammensetzung mit in der Folge erhöhtem Wartungsaufwand für Drosselorgane, lassen sich auf diese Weise bereits frühzeitig erkennen und berücksichtigen.

Aufstellungsart und Bedienung der Notentleerung

Nach Möglichkeit sollte das Drosselorgan trocken oder halbtrocken aufgestellt werden. Bei diesen Aufstellungsarten ist das Drosselorgan auch bei eingestautem Becken zugänglich und eine Überwachung dadurch begünstigt. Speziell bei Regenüberlaufbecken sollte die nasse Aufstellung aufgrund des Betriebsrisikos vermieden werden. Damit auftretende Verlegungen vom Betriebspersonal leicht beseitigt werden können, sollten bei nass und halbtrocken aufgestellten Drosselorganen sowohl die Schieber des Drosselorgans als auch der Notentleerung (vgl. auch Abschnitt 2.2.5), die vorzusehen ist, von einem sicheren Standort des Bauwerks bedienbar sein. Dazu müssen die Spindeln der Schieber entsprechend verlängert werden. [22]

Mindestmaße des Drosselbauwerks

Der Einbau des Drosselorgans muss eine möglichst einfache Funktionsprüfung sowie regelmäßige Folgeprüfung ohne großen Aufwand ermöglichen. Die unkomplizierte und sichere Zugänglichkeit ist dafür unverzichtbar. Weitere Faktoren sind zusätzlich zu

berücksichtigen, wie die durch das DWA-A 166 [15] vorgegebenen Mindestmaße des Drosselbauwerks. Der Grundriss sollte mindestens 2 x 3 Meter betragen. Dies stellt eine leichte Demontage und einen problemlosen Austausch des Drosselorgans sicher sowie ausreichende Platzverhältnisse für Kalibrierprüfungen etc. Am Drosselorgan sollte zusätzlich ein Schieber vorhanden sein, der unter anderem den leichten Ausbau des Drosselorgans bei halbtrockener und trockener Aufstellung ermöglicht und bei der Drosselkalibrierung hilfreich ist. [22]

2.2.5 Verhinderung von Verlegungen und Ablagerungen

Ein wichtiges Thema bei der baulichen Gestaltung und der Auswahl des Drosselorgans ist die Anfälligkeit für Verlegungen (vgl. Bild 3), die einen ordnungsgemäßen Betrieb der Drosseleinrichtungen zeitweise stark einschränken können. Grundsätzlich ist Regenwasser weniger problematisch als der Betrieb im Mischwasser, bedingt durch die mitgeschwemmten Feststoffe. Diese Unterscheidung ist daher grundsätzlich rund um das Thema Verlegungsgefahr zu beachten. [17]

Mindestabflüsse und -durchmesser im Mischwasser

Im Arbeitsblatt DWA-A 111 [17] werden unterschiedliche Grenzwerte festgelegt, je nachdem ob die Drosseleinrichtung im Regenwasser oder im Mischwasser betrieben wird. Für Mischwasser sollte demzufolge der Mindestdurchmesser des Drosselorgans $DN_{Dr} = 200$ mm betragen. Zusätzlich werden die minimalen Drosselabflüsse eingeschränkt. Für Drosselorgane im Mischwasser, die als Steuerung klassifiziert sind, liegt der geforderte Mindestabfluss bei $Q_{Dr,B,min} = 25$ l/s. Diese Festlegung wird getroffen, da Steuerungen im Falle einer Verlegung das Ausspülen dieser erschweren oder verhindern. Ursächlich dafür ist, dass die Einganggröße bei Steuerungen in der Regel der Oberwasserstand ist. Durch Bildung einer Verlegung wird der Ablauf verstopft und der Oberwasserstand steigt weiter an. Steigender Oberwasserstand wird durch die Steuerung in ein weiteres Schließen der Auslassöffnung umgesetzt und damit das Loslösen der Verlegung stark erschwert. [17]

Für Abfluss-Regelungen sind Abflüsse bis minimal 10 l/s möglich. Dieser Grenzwert gilt auch für Abfluss-Steuerungen, wenn diese zusätzlich mit einer Verlegungserkennung ausgestattet sind. Die Regelung hat den Vorteil, dass sie Verlegungen erkennt, da sie den Durchfluss des Drosselorgans erfasst. Ist der Auslass aufgrund einer Verlegung verstopft, erkennt die Regelung den verminderten Durchfluss und setzt diese Information in ein Öffnen der Auslassöffnung um. Dies wiederum erleichtert die Beseitigung der Verlegung durch Ausspülen. Für Regelungen sind in Einzelfällen auch kleinere Abflüsse möglich, was jedoch mit einem hohen betrieblichen Aufwand verbunden ist, da diese Anlagen besonders verlegungsgefährdet sind. [17]

Die Hinweise auf die Mindestdurchflüsse und Mindestdurchmesser finden sich ebenfalls im Arbeitsblatt DWA-A 166. Zusätzlich findet sich der Hinweis, dass für Regenwasser Mindestabflüsse von $Q_{Dr,B,min} = 5$ l/s realisierbar sind, vorausgesetzt die Randbedingungen der Drosseleinrichtung sind gut. Die Mindestnennweite für die Notentleerungsleitung beträgt ebenfalls DN 200. Über die Notentleerung kann im Falle einer Verlegung Abwasser abgelassen werden. Für die Mindestnennweite des

Ablaufkanals wird unabhängig von der Art des Entwässerungssystems empfohlen, diese nicht kleiner als DN 300 auszuführen, um den zur Kläranlage weitergeleiteten Abfluss rückstaufrei abführen zu können. Des Weiteren sollen für Funktionsprüfungen und Vergleichsmessungen zur Überprüfung von Drosselorganen hydraulisch geeignete Messstellen im Ablaufkanal vorgesehen werden. [22]

Bauliche Maßnahmen

Außerdem werden in [15] bauliche Maßnahmen zum Umgang mit Verlegungen und zur vorbeugenden Verhinderung dieser aufgeführt. Mit besonderer Sorgfalt sollte demnach der Einlauf zum Drosselorgan ausgebildet werden, um ein Blockieren der Einlauföffnung zu vermeiden. Mitgeschwemmte Hölzer oder Äste stellen in diesem Zusammenhang besondere Verlegungsgefahr dar. Da dies häufiger bei Regenbecken auftritt, sollte der Leitungsquerschnitt auch vor dem Drosselorgan nicht geringer als die Nennweite des Drosselorgans sein. Zusätzlich sollte im Drosselbauwerk zur Verhinderung von Ablagerungen zulaufseitig ein Sohlversatz oder die Ausformung einer Trockenwetterrinne mit Berme vorgesehen werden. Darüber hinaus erfordern Drosselorgane i.d.R. auch ablaufseitig einen Sohlversatz.

Da Drosselorgane infolge einer Verlegung blockiert sein können, muss eine Notentleerungsleitung verbaut sein. Diese sollte parallel zum Drosselorgan und etwas höher angeordnet liegen, um im Verstopfungsfall das Abwasser im Freigefälle aus dem Becken ablassen zu können. [15]

Rückstau

Gemäß DWA-A 166 ist ein rückstaufreier Abfluss durch das Drosselorgan in Höhe des 1,2-fachen, maximalen Trockenwetterabflusses ($Q_{t,h,max}$) zu gewährleisten. Dies ist wichtig, um Ablagerungen vor dem Drosselorgan zu verhindern. [15]

Auch Rückstau im weiterführenden Kanal ist nach DWA-A 111 zu berücksichtigen. Hinter dem Drosselorgan muss im anschließenden Kanal der Drosselabfluss rückstaufrei abgeleitet werden. Andernfalls muss das Drosselorgan für den Betrieb unter Rückstau ausgelegt werden. [17]

2.3 Rechtliche Randbedingungen

2.3.1 Nordrhein-Westfalen

In der „Selbstüberwachungsverordnung von Abwasseranlagen“ (SüwVO Abw) [1] wurden in Nordrhein-Westfalen die Anforderungen u.a. an Drosseleinrichtungen definiert. In Anlage 1 der SüwVO Abw [1] sind Umfang, Art und Häufigkeit der Überwachung der Einrichtungen aufgeführt. Der entsprechende Ausschnitt aus Anlage 1 ist in Tabelle 6 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6: Ausschnitt aus Anlage 1 der SüwVO Abw [1], reduziert auf Drosseleinrichtungen

Bauwerk	Prüfung	Art der Prüfung	Häufigkeit
<i>RÜ</i>	Inspektion der Drossel- und der Messeinrichtung, beweglichen Wehre, Heber	Überprüfung der Systemeinstellung nach Angaben des Herstellers	Herstellerangaben, sonst jährlich
<i>RKB, RÜB, SK, RRB</i>	Funktionsfähigkeit von Drosselorganen, beweglichen Wehren, Hebern	Funktionskontrolle gem. Herstellerangaben	Herstellerangaben, sonst monatlich
	Inspektion der Drossel- und der Messeinrichtungen	Überprüfung der Systemeinstellung nach Angaben des Herstellers	Herstellerangaben, sonst jährlich
	hydraulische Kalibrierung der Drosseleinrichtungen	Kennlinienüberprüfung nach Angaben des Herstellers	alle 5 Jahre bzw. nur einmal bei Drosselorganen ohne bewegliche Teile

An Regenüberläufen ist folglich lediglich eine jährliche Inspektion des Drosselorgans notwendig. An Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken sind zusätzlich zur jährlichen Inspektion eine monatliche Funktionskontrolle sowie eine hydraulische Kalibrierung im Zyklus von fünf Jahren vorgegeben. Dabei muss eine Kennlinienüberprüfung nach Angaben des Herstellers erfolgen. Detaillierte Angaben zur Drosselkalibrierung und weiterführende Informationen sind in den Fachberichten LUA NRW 6/2003 [16, 23] festgehalten. Grenzwerte für die Anforderungen an die Genauigkeit der Drossel beinhaltet der Runderlass „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen“ [26]. Diesem ist zu entnehmen, dass für Drosseleinrichtungen an Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen und Regenrückhaltebecken eine Abweichung jedes Messwertes $\leq 20\%$ vom Sollwert gefordert ist. Bei Abweichungen um mehr als 20 % ist eine Sanierung der Drosseleinrichtung innerhalb eines Jahres vorgeschrieben.

Bei der hydraulischen Kalibrierung wird eine unabhängige Vergleichsmessung durchgeführt und die Ist-Kennlinie des Drosselorgans aufgenommen. Diese Aufgabe ist von sachkundigem Fachpersonal auszuführen. Die Kalibrierung muss alle fünf Jahre

erfolgen, bei Drosselorganen ohne bewegliche Teile ist lediglich eine Erstprüfung erforderlich. [1]

2.3.2 Hessen

In Hessen legt die Abwasserkontrollverordnung (EKVO, [27]) fest, welche Anlagen in welchem Umfang und welcher Häufigkeit überprüft werden müssen und wer zur Überprüfung berechtigt ist. Über die Dokumentation der Überprüfungen sowie die zur Überprüfung zugelassenen Prüfstellen gibt die Verordnung ebenfalls Auskunft. Mit Blick auf Drosselorgane an Regenbecken werden diese Informationen im Anhang 2 der EKVO tabellarisch zusammengestellt (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Ausschnitt aus Anhang 2 der EKVO Hessen [27]

	Regen-entlastungen (RÜ/RÜB)	Regenentlastungen und Regenrückhaltebecken (RÜ/RÜB/RRB)	
	<i>Drosselorgan</i>	<i>Bauwerk</i>	<i>Abwasserführende Anlagenteile inkl. Betriebsorgane</i>
Art der Kontrolle	Hydraulische Prüfung	Bauzustandsprüfung	Betriebliche Prüfung Sichtprüfung Funktionstest
Prüfberechtigt	Prüfstellen gemäß § 11 EKVO	Unternehmerinnen oder Unternehmer der Abwasseranlage	Unternehmerinnen oder Unternehmer der Abwasseranlage
Prüfintervall	Alle 5 Jahre	jährlich	Sichtprüfung min. monatlich Funktionstest min. vierteljährlich
Dokumentation	Prüfbericht und Prüfbescheinigung	Betriebstagebuch	Betriebstagebuch

Aus der Zusammenstellung in Tabelle 7 ist ersichtlich, dass nur für Regenüberläufe und Regenüberlaufbecken eine hydraulische Überprüfung der Drosseleinrichtung vorgeschrieben ist. An Regenrückhaltebecken wird lediglich eine Kontrolle des Bauwerks sowie eine Sicht- und Funktionsprüfung der Betriebsorgane gefordert, wobei das Drosselorgan zu den Betriebsorganen zählt. Die Sichtprüfung ist monatlich durchzuführen und die Funktionsprüfung vierteljährlich. Die Überprüfung kann von den Betreibern der Abwasseranlage selbst durchgeführt werden. Zur hydraulischen Prüfung sind hingegen nur anerkannte Prüfstellen nach §11 der EKVO berechtigt. Für die hydraulische Überprüfung ist ein Intervall von fünf Jahren vorgegeben. [27]

Das Merkblatt D 2.10 [24] gibt detaillierte Hinweise, wie die Durchführung zu überprüfender Anlagen vorzunehmen ist. Mit Blick auf Drosseleinrichtungen wird dort

vorgegeben, welche Drosselorgane einer regelmäßigen Kalibrierung unterzogen werden müssen und welche Prüfmethode möglich sind.

Die im Merkblatt D 2.10 [24] aufgelisteten Anforderungen an Drossleinrichtungen sind weitgehend den Anforderungen der Arbeitsblätter DWA-A 111 [17] und DWA-A 166 [15] entnommen. In [22] wird eine trockene oder halbtrockene Aufstellung des Drosselorgans empfohlen. Das Merkblatt D 2.10 [24] weist insbesondere auf die Vorteile der halbtrockenen Aufstellung hin. Begründet wird die Favorisierung dieser Aufstellungsart mit folgenden Argumenten:

1. Der Absperrschieber zum Versperren des Drosselorgans ist leicht anzubringen.
2. Der Strömungsausstritt aus dem Drosselorgan ist sichtbar und zugänglich.
3. Da das Drosselorgan nicht direkt im Abwasser aufgestellt ist, treten keine so starken Verschmutzungen der äußeren Bauteile auf. Dies erleichtert die Kontrolle und Wartung.
4. Das Drosselorgan ist auch während des Betriebes einsehbar. Eine Messung z.B. der Öffnungsweiten kann im Betrieb durchgeführt werden.
5. Der Schacht von trocken aufgestellten Drosselorganen muss durch Pumpen entleert werden in dem Fall, dass z.B. Tagwasser in das Bauwerk eingedrungen ist. Diese zusätzliche Entleerung entfällt bei Drosselorganen in halbtrockener Aufstellung, da hier eingedrungenes Tagwasser über den Ablauf abgeführt werden kann.
6. Die Schmutzränder im Drosselschacht können Aufschluss über mögliche Rückstauerscheinungen geben.
7. Leichte Erkennung und Entfernung von Verlegungen.

Des Weiteren werden zur Überprüfbarkeit nach § 2 Abs. 2 EKVO weitere vorteilhafte Randbedingungen genannt. Da die genauen hydraulischen Eigenschaften des Drosselorgans von hoher Bedeutung sind, sollte vom Hersteller eine ausführliche Dokumentation des Drosselorgans zur Verfügung gestellt werden. Bei beweglichen Drosselorganen ist es sinnvoll, dass die Bewegung beim Entleerungsvorgang messbar ist und das Drosselorgan einfach justiert werden kann. Ebenfalls ist es wichtig, die Drosselreaktion in Abhängigkeit des Oberwasserstandes simulieren zu können. Im Hinblick auf zukünftige Fortschritte zur Steuerung von Kanalisationsnetzen, bietet es Vorteile, wenn das Drosselorgan an ein Fernwirkssystem angeschlossen werden kann. [24]

Die Anforderungen an die Genauigkeit des Drosselorgans sind im Merkblatt D 2.10 [24] zu finden. Die in Abschnitt 0 beschriebenen Abweichungsfaktoren C_1 und C_2 werden für den Höhenbereich $2DN_{Dr}$ bis h_B überprüft und sind [24] zufolge für Hessen auf die folgenden Werte festgelegt:

- Lokale Abweichung: Abweichungsfaktor $C_1=0,2$ (entsprechend 20 %)
- Mittlere Abweichung: Abweichungsfaktor $C_2=0,12$ (entsprechend 12 %)

2.3.3 Bayern

In Bayern wird die Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen durch die Eigenüberwachungsverordnung (EÜV) [28] geregelt. Sie fordert alle fünf Jahre eine Überprüfung der Einstellung des Drosselabflusses. Der Eigenüberwachungspflichtige hat für die Durchführung der Prüfungen in ausreichender Zahl Personal zu beschäftigen, das über eine entsprechende Ausbildung und Fachkunde verfügt oder aber private Sachverständige zu beauftragen, die in der Wasserwirtschaft anerkannt sind. Das Ergebnis ist dem tatsächlichen Anschlussgrad im Einzugsgebiet gegenüber zu stellen.

2.3.4 Weitere Bundesländer

In den meisten anderen Bundesländern bestehen Eigenüberwachungsverordnungen, die die Betreiber zur regelmäßigen Überprüfung ihrer abwassertechnischen Anlagen verpflichten. Drosselkalibrierungen sind nur in den drei vorab genannten Bundesländern vorgeschrieben. In Bezug auf die Drosseleinrichtung sind in weiteren Bundesländern zum Teil Funktions- und Sichtkontrollen vorgeschrieben. Dies ist bspw. in Baden-Württemberg und Schleswig-Holstein der Fall. Es lässt sich festhalten, dass Art und Umfang der Kontrollen sowie die zu überprüfenden Anlagenteile in den Verordnungen der Länder unterschiedlich geregelt sind.

3 Hinweise für Planung, Bau und Betrieb

3.1 Allgemeine Anforderungen von Herstellern und Netzbetreibern

Nachfolgend werden Hinweise zum Bau und Betrieb von Drosselorganen bzw. -einrichtungen gegeben. Berücksichtigt werden zum einen Herstellervorgaben und Anforderungen von Netzbetreibern, die im Rahmen einer Befragung in Erfahrung gebracht worden sind. Zum anderen werden Erkenntnisse aus den Untersuchungen im Rahmen des Vorhabens zusammenfassend dargestellt, mit Blick auf Hinweise für Planung, Bau und Betrieb von hydromechanischen Drosselorganen sowie MID-Schiebersystemen. Darüber hinaus wurden Checklisten entwickelt (vgl. Kapitel 4), die Netzbetreibern eine Hilfestellung für den Betrieb von Drosseleinrichtungen sein soll.

3.1.1 Herstellervorgaben

In den Arbeitsblättern DWA-A 111 [17] und DWA-A-166 [15] sind umfangreiche, grundsätzliche Anforderungen an den Bau und Betrieb von Drosseleinrichtungen beschrieben. Jedoch besitzt nahezu jedes Drosselorgan „eigene“ Anforderungen, die bei Bau und Betrieb der Anlagen zu berücksichtigen sind. Hier sei beispielhaft für eine Waage-Drossel erwähnt, dass diese zwingend einen den Vorgaben entsprechenden Sohl sprung (Höhenversatz zwischen Zu- und Ablauf) benötigt, der für ihre beweglichen Teile den erforderlichen Spielraum sicher stellt (vgl. Tabelle 15 in Abschnitt 5.3). Im Rahmen der Produktrecherche können bei nahezu sämtlichen Herstellern in den Produktinformationen oder auf deren Internetseiten Informationen zum Bau der Schächte (Mindestabmessungen, um Ein-/ Ausbau zu ermöglichen und Funktionsfähigkeit zu gewährleisten), hydraulischen Randbedingungen (Grundvoraussetzung, dass das Organ ordnungsgemäß betrieben werden kann) etc. gesichtet werden. Darüber hinaus sind für die im Rahmen des Projektes angefragten und recherchierten Drosselorgane Betriebsanleitungen und Wartungs- sowie Montagehinweise verfügbar. Diese gilt es zu berücksichtigen, um einen wartungsarmen und sicheren Betrieb der Drosselorgane zu ermöglichen. Hersteller berichten des Weiteren, dass sie über eigene Labore verfügen, in denen die Drosselorgane werkskalibriert werden gemäß den Anforderungen der Eigenkontrollverordnungen. Dies konnte anhand der verfügbaren Q(h)-Kennlinien für die zu untersuchenden Drosselorgane bestätigt werden. Die Prüfungen bzw. Tests werden hier allerdings mit Klarwasser durchgeführt. Weiterhin berichten Hersteller, dass die einschlägigen Regelwerke bei der Produktentwicklung Berücksichtigung finden.

3.1.2 Anforderungen von Netzbetreibern

Netzbetreiber-Befragung

Netzbetreiber können ihre Drosseleinrichtungen im täglichen Betrieb beobachten und sind dementsprechend über die Arbeitsweise dieser Anlagen informiert. Ergebnisse der Überwachungen können z.B. in den Betriebstagebüchern der Anlagen oder in EDV-gestützten Betriebsführungssystemen abgelegt sein (gemäß den Anforderungen der SÜwVO Abw §4 und §5 [1]). Somit können sie Anforderungen an die Anlagen formulieren, die aus ihrer Sicht ein ggf. verbessertes Betriebsverhalten ermöglichen.

Ergänzend zu den übergeordneten rechtlichen Anforderungen und den Herstellerinformationen sollen daher auch deren Erkenntnisse insbesondere zu Qualitätsanforderungen an Drossleinrichtungen aufgenommen werden. Aus diesem Grund wurde eine E-Mail-Befragung der projektbeteiligten Netzbetreiber vorgenommen. Im nachfolgenden Abschnitt sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Ergebnisse der Befragung

Frage 1: Typische Probleme mit Drossleinrichtungen

Probleme im Zusammenhang mit der Kalibrierung

Es bestehen, gemäß Befragung, unter anderem Probleme im Zusammenhang mit der Erstkalibrierung von Drosselorganen. Zurückzuführen ist dies darauf, dass bei der Planung der Anlagen die erforderliche Erstkalibrierung nicht berücksichtigt wurde. Die Einbausituation sorgt daher oftmals für erschwerte Bedingungen bei der Kalibrierung. Die Durchführung ist entweder gar nicht möglich oder nur mit großem Aufwand umzusetzen.

An RRB treten Schwierigkeiten bei der Kalibrierung auf, da ein Einstau zur hydraulischen Überprüfung nicht möglich ist. Zusätzlich sorgen falsche Einbaubedingungen für Probleme. In einem Verbandsgebiet gibt es zum Teil Probleme mit Wirbelventilen im Zulauf von RKB. Aufgrund der baulichen Situation und einer nicht durchgeführten Erstkalibrierung kommt es zu erhöhten Abflüssen. Diese können zu Kurzschlussströmungen im Becken führen und es besteht die Gefahr des Austrags von rückzuhaltenden Stoffen.

Die Befragung liefert ergänzend wertvolle Anmerkungen dazu, wie an den Drosselbauwerken selbst durch bauliche Anforderungen eine gut durchzuführende Kalibrierung sichergestellt werden kann (z.B. ausreichende Platzverhältnisse und geeignetes Gefälle der Ablaufleitung, das keine Turbulenzen mit Lufteintrag erzeugt). Da die Kalibrierung in der Regel entweder durch eine Messung direkt am bzw. im Rohr oder im nachfolgenden Schacht vorgenommen wird, ist hier entsprechend für ausreichenden Platz zu sorgen, um die Messtechnik verbauen zu können. Außerdem darf kein Lufteintrag im Rohr vorhanden sein, da dieser die Messung verfälscht. Für die Messung im nachfolgenden Schacht mit einer Kanalmaus (umgangssprachlich für einen sohlgebundenen Sensor, der Fließgeschwindigkeit und Höhenstand im Rohr misst, wobei die Fließgeschwindigkeit über Ultraschall erfasst wird und der Höhenstand in der Regel per Drucksonde) ist es wichtig, dass der Ablaufanal kein zu großes Gefälle aufweist und ein guter Zugang zum Schacht verfügbar ist.

Versagensursachen und Wartung

Des Weiteren werden Probleme hinsichtlich der Mechanik von Drosselorganen geschildert. Eine nicht den gesetzlichen Anforderungen entsprechend durchgeführte Funktionsprüfung führt dazu, dass sich die beweglichen Teile mechanischer Drosselorgane festhängen können und die Funktion dadurch beeinträchtigt wird. Ursächlich sind hier An- und Ablagerungen. Insbesondere bei nasser Aufstellung wird als eine häufige Versagensursache starke Verschmutzung des Drosselorgans genannt. Zusätzlich kommt es bei mechanischen Drosselorganen, die schon lange in Betrieb

sind, zum Versagen einzelner Bauteile. Bei Wirbelventilen gibt es beispielsweise Ausfälle aufgrund von beschädigten Auslaufblenden. Des Weiteren konnten Verschleißerscheinungen, wie z.B. das Abreißen von Schläuchen, beobachtet werden.

Zur Verhinderung von Verschleiß ist eine Wartung nach Herstellervorgaben, z.B. durch Einfetten, wichtig. Sonne, Witterung und Feuchtigkeit werden als begünstigende Faktoren für Verschleiß genannt. Um eine gewisse Langlebigkeit aller Bauwerkskomponenten sicherzustellen, sollte übermäßige Feuchtigkeit oder Wassereindrang insbesondere in Drosselbauwerke, z. B. für Organe in trockener Aufstellung, nach Möglichkeit verhindert werden. Eine gute Abdichtung von Rohrdurchführungen und genaue Ausführung von Arbeitsfugen beim Bau sind diesbezüglich zielführend. Außerdem sollte für gute Be- und Entlüftung gesorgt und bevorzugt Edelstahl oder Polyethylen (PE) verwendet werden.

Betriebsaufwand

Die Rückmeldungen auf den Fragebogen enthalten auch Hinweise zur Thematik eines erhöhten Betriebsaufwandes. Der erforderliche Betriebsaufwand steht dabei in Verbindung mit dem angeschlossenen Einzugsgebiet. Ein Einzugsgebiet, in dem große Mengen an Schotter im Abwasser mittransportiert werden, erfordert beispielsweise einen deutlich höheren Betriebsaufwand. Abgesehen davon kann der Betriebsaufwand auch am Bauwerk selbst beeinflusst werden: Ein Faktor ist die Einstiegssituation zum Bauwerk. Gute Bedingungen können den Betriebsaufwand verringern, wie zum Beispiel eine leicht zu öffnende Schachtabdeckung mit einer ausreichend großen Öffnung oder geeignete Platzverhältnisse zum Aufstellen eines Dreibaums zur Absturzsicherung.

Frage 2: Gewichtung der Anforderungen

Die nachstehend aufgeführten Anforderungen wurden durch die befragten Netzbetreiber beantwortet und gewichtet. Die u.a. Rangfolge zeigt an erster Stelle das wichtigste Kriterium und an letzter Stelle dasjenige mit geringster Bedeutung für die Netzbetreiber:

1. Geringer Wartungsaufwand

Ein geringer Wartungsaufwand ist demnach äußerst wünschenswert. Aufgrund des kritischen Mediums Abwasser ist ein gewisses Maß an Wartung jedoch immer notwendig. Ein komplexer Wartungsaufwand, der zusätzliche Geräte, Werkzeuge etc. erfordert, sollte allerdings vermieden werden.

2. Einfache Überprüfung und Kalibrierung

Eine sorgfältige Betrachtung der Drosseleinrichtung ist wichtig, ggf. aber nicht immer ausreichend. In Abhängigkeit der hydraulischen Bedingungen muss zusätzlich auch das weitere Umfeld der Drosseleinrichtung in die Planung mit einbezogen werden, um die Ergebnisse einer Überprüfung oder Kalibrierung abschließend bewerten zu können.

3. Lange Nutzungsdauer

Außerdem wird die Bedeutung der Nutzungsdauer hervorgehoben, da die getätigte Investition langfristig und nachhaltig sein soll.

4. Möglichkeit des Anschlusses an ein Fernwirkssystem

Im Zusammenhang mit der zweiten Anforderung wird auf § 3 der SÜwVO Abw verwiesen. [Zur Erläuterung: Der § 3 regelt die Überwachung der Einleitung von Abwasser aus Entlastungsbauwerken. Dort werden kontinuierlich aufzeichnende Wasserstands-messgeräte im Entlastungsbauwerk gefordert, um so Überlaufmenge, -häufigkeit, -dauer sowie bei Bedarf den zur Kläranlage weitergeleiteten Abwasserstrom zu überwachen. [1]]

Eine Plausibilitätskontrolle zur Überprüfung von Einstau und Drosselabfluss ist prinzipiell sinnvoll. Drosselorgane mit Anschluss an ein Fernwirkssystem bieten somit Vorteile.

5. Betrieb ohne Fremdenergie

Bei Anlagen ohne Energieversorgung ist ggf. zu berücksichtigen, dass für eine messtechnische Ausstattung bzw. Nachrüstung der Strombedarf gedeckt werden muss. Grundsätzlich lassen sich fremdenergiefreie Drosselorgane durch Messtechnik, die solar- oder batteriebetrieben ist, ergänzen. Somit ist in der Folge auch ein Betrieb ohne Stromanschluss möglich.

6. Hohe Genauigkeit des Drosselabflusses

Zur Genauigkeit der Abflussbegrenzung von Drosselorganen wird angemerkt, dass die Anforderung an die Genauigkeit des Drosselorgans von der tatsächlich benötigten Genauigkeit abhängt. Diese ist in jedem einzelnen Anwendungsfall zu betrachten. Hilfreich für diese Betrachtung wäre es, einen Toleranzbereich für die unterschiedlichen Systeme zu definieren. Erschwert wird diese Festlegung jedoch dadurch, dass die Genauigkeit der einzelnen Systeme maßgeblich durch die örtlichen Gegebenheiten beeinflusst wird. Als Beispiel wird ein DN 400 MID-Schieber genannt, der einen Sollwert von 20 l/s nicht mehr konstant regeln kann, da bei großen Stauhöhen der Regelschieber die erforderlichen sehr kleinen Öffnungsmaße nicht präzise einstellen kann.

7. Möglichkeit der Anpassung der Abflussmenge

Die Anpassung der Abflussmenge sollte in einem überschaubaren Rahmen möglich sein. Grundsätzlich sollte das Drosselorgan aber für die zum Zeitpunkt der Beschaffung bestehenden Randbedingungen optimal ausgelegt sein. Das Kriterium der Nachjustierbarkeit sollte daher nicht zu einer ungünstigen Wahl in Bezug auf die zum Zeitpunkt der Planung festgelegte Abflussmenge führen, da eine möglicherweise erforderliche Veränderung zu einem späteren Zeitpunkt schwer zu prognostizieren ist.

8. Einfache Montage und Demontage des Drosselorgans

Zur ersten Anforderung wird angefügt, dass die einfache Montage und Demontage nicht nur durch das Drosselorgan bestimmt wird, sondern ein weiterer wichtiger Faktor das Bauwerk selbst ist. Insofern ist es von Bedeutung, dass das Bauwerk so geplant und gebaut wird, dass der Ein- und Ausbau des Drosselorgans ohne zusätzliche Zerlegung des Drosselorgans möglich ist. Ausreichende Platzverhältnisse sind daher notwendig, da diese ebenfalls sicherstellen, dass ein Wechsel des Drosselorgans zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann.

3.2 Planungs- und Montagehinweise für hydromechanische Drosselorgane

Die im Rahmen dieses Abschnitts vorgestellten Planungs- und Montagehinweise für hydromechanische Drosselorgane dienen der Qualitätssicherung. Ergänzende Hinweise zum Betrieb der Drosselorgane bzw. -einrichtungen schließen sich an. Darüber hinaus wird der Fokus auf die Ergebnisse des Warentests Drosselorgane gelegt (vgl. Abschnitt 5 der Langfassung des Abschlussberichtes), der die Stärken und Schwächen der einzelnen Testobjekte beschreibt. Die nachstehenden Schritte in den Planungs- und Montagehinweisen stellen eine Reihenfolge vor, die entsprechende allgemeine Abhängigkeiten von Drosselorgan und Bauwerk enthalten. Somit wird deutlich, an welchen Stellen grundlegende Fehler begangen werden können, die sich in der Folge nachteilig auf den Betrieb des Drosselorgans und ggf. der gesamten Drosseleinrichtung auswirken.

Aufgrund der Vielzahl von auf dem Markt verfügbaren Drosselorganen (ca. 100 von diversen Herstellern, vgl. Marktübersicht im Anhang zur Langfassung des Berichtes) werden an dieser Stelle keine Drosselorgane detailliert betrachtet. Ist hingegen bekannt, welches Drosselorgan verwendet werden wird, ist das Einholen von weitergehenden Informationen und Anforderungen angezeigt. Kenntnisse über die baulichen und hydraulischen Randbedingungen sind darüber hinaus in jeder Phase der Planung und Ausführung hilfreich.

3.2.1 Planungshinweise

Zunächst werden allgemeine Planungshinweise in den Punkten 1 bis 8 dargestellt, einschließlich weitergehender Erläuterungen. Diese berücksichtigen wesentliche Anforderungen aus Regelwerken sowie von Netzbetreibern und Drosselherstellern. Dabei sind grundlegende Informationen, wie z.B. der Drosselabfluss, die Art des Entwässerungssystems (Misch- oder Trennsystem), Betrieb des Drosselorgans mit oder ohne Fremdenergie, Anschluss der Anlage an Fernwirkssystem etc., an dieser Stelle vorausgesetzt.

1. Bauliche und hydraulische Randbedingungen und deren Wechselwirkungen berücksichtigen (Bauwerk ↔ Drosselorgan).

Mit Blick auf die baulichen Randbedingungen ist mit Blick auf die Auswahl eines Drosselorgans folgendes zu berücksichtigen:

- Platzbedarf für zusätzliches Drosselbauwerk vorhanden? In diesem Fall können auch halbtrocken und trocken aufgestellte Drosselorgane Verwendung finden. Andernfalls ist nur der Einbau von nass aufgestellten Produkten möglich.
- Hydraulische Randbedingungen z.B. keine nennenswerten Höhenunterschiede zw. Zu- und Ablauf! Hier ist z.B. der Einbau einer Waage-Drossel, die einen bestimmten Sohlprung/-versatz erfordert, nicht möglich.
- Bauliche Vorgaben sollen insbesondere auch den Betrieb der Anlage bzw. des Drosselorgans berücksichtigen mit Blick auf ausreichende Platzverhältnisse für Wartung und Kalibrierung. Dabei ist auch die korrekte

Ausführung der Ablaufleitung einschließlich vorzusehender Messstellen mit einzubeziehen, um die ordnungsgemäße Durchführung von Kalibrierprüfungen sicher zu stellen.

2. Regelwerke berücksichtigen bzgl. Drosselbauwerk und -organ
=> vgl. Abschnitt 2.2; der Planer hat die entsprechenden Unterlagen zu berücksichtigen.
Ggf. sollte an dieser Stelle schon der Nachweis ggü. dem Auftraggeber erbracht werden, dass wesentliche Vorgaben erfüllt sind (vgl. auch Checkliste, Beweis durch Zitieren der entsprechenden Stellen im Regelwerk, auch wenn das zusätzliche Kosten bedeutet. Zumindest aber bei Erstauftrag eines neuen Planungsbüros).
3. Auftraggeber hat klare Vorgaben zu treffen für den Planer (Pflichtenheft und Lastenheft).
Der Auftraggeber muss hydraulische und bauliche Vorgaben für die Drosseleinrichtung (Abmessungen Baukörper, Drosselabfluss, Art des Drosselorgans etc.) darlegen, die der Planer zu berücksichtigen hat. Diese Vorgaben sind auf Plausibilität zu prüfen und umzusetzen. Sich daraus ergebene Änderungen sind wiederum zu prüfen und ggf. anzupassen.
4. Vorauswahl des Drosselorgans treffen.
Zusätzlich zu den Kosten für das Drosselorgan einschließlich Montage, Prüfung (erste Kalibrierprüfung) und ggf. anfallenden Nacharbeiten für die korrekte Einstellung sind die Fragen der Aufstellart, Arbeitsweise, Kennlinie des Drosselorgans zu beantworten. Ebenfalls ist abzuklären, ob das gewünschte Drosselorgan den geforderten Drosselabfluss (vgl. wasserrechtlicher Bescheid) einschließlich der zulässigen Toleranzen in der geforderten Nennweite bedienen kann.
5. Hersteller kontaktieren für Konfektionierung des gewünschten Drosselorgans.
Gespräche mit Drosselherstellern werden die Auswahl eines Objektes anhand der Randbedingungen erleichtern.
6. Erforderliche Anforderungen des Organs mit Planvorgaben abgleichen; wenn es passt, weiter planen; wenn nicht, alternatives Drosselorgan wählen und Schleife erneut durchlaufen.
Hier sind beispielsweise bauliche Vorgaben zu berücksichtigen; erlauben die Abmessungen des Regenbeckens einen störungsfreien Betrieb des ausgewählten Drosselorgans (m.a.W.: Ist ausreichend Bewegungsfreiheit für einen Schwimmer vorhanden oder stößt er an der Beckenwand an? Ist das Beckenvolumen ausreichend groß, um die zeitlichen Prüfungsanforderungen des Drosselorgans bei einer Kalibrierprüfung zu erfüllen?). Werden die Vorgaben nicht erfüllt, ist ein anderes Drosselorgan auszuwählen und erneut zu prüfen, ob die Vorgaben mit diesem Organ eingehalten werden können.
7. Bei **Neubau** entsprechende Bauüberwachung einrichten, damit das Ergebnis auch den Planunterlagen entspricht.

Erfahrungen der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen und die Netzbetreiber-Befragung zeigten, dass beispielsweise Abweichungen vom Plan bei der Bauwerksherstellung ursächlich für ein deutlich größeres Beckenvolumen waren (Beckenhöhe größer als geplant). In einem anderen Fall wurde das Drosselbauwerk zu klein ausgeführt, so dass Schwierigkeiten bei der Montage des Drosselorgans auftraten und insbesondere die anschließend vorgesehene Erstkalibrierprüfung nicht möglich war.

Bei **Bestandsbau**: Kontrolle der Bauwerksgeometrie, ob Drosselorgan gemäß Herstellervorgaben eingebaut werden kann. Erfüllt der Bestandsbau nicht die Anforderungen des für den Einbau vorgesehenen Drosselorgans, sind entweder Änderungen am Bauwerk vorzunehmen oder aber ein alternatives Drosselorgan auszuwählen. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass sich bauliche Unzulänglichkeiten negativ auf die Funktion des Drosselorgans auswirken.

8. Ist das Drosselbauwerk gemäß Regelwerk/Herstellervorgaben gebaut, folgt der Einbau des Drosselorgans.
Nach dem Einbau erfolgt die Funktionsprüfung, Erstkalibrierung und der Probetrieb. Um das Betriebspersonal mit der Anlage vertraut zu machen, bietet es sich an, dieses in die o.g. Prozesse einzubeziehen.

3.2.2 Montagehinweise

1. Bei Lieferung des Drosselorgans überprüfen, ob geliefertes Objekt auch den Vorgaben der Bestellung/Planung entspricht, z.B. durch Typschild-Abgleich
2. Während der Montage durch den Hersteller oder Dienstleister prüfen, ob Probleme auftreten, die ggf. begründet sind durch Abweichungen im Plan (Bauwerk oder Drosselorgan); Einbau unterbrechen, Lösungen suchen, die die Anforderungen des Drosselorgans dennoch berücksichtigen
3. Können die Anforderungen nicht erfüllt werden, Fehler finden, beseitigen oder neues Organ anfordern (in Abhängigkeit der Verantwortlichkeit)
4. Nach Einbau des Drosselorgans folgt die Erstkalibrierung gem. SüwVO Abw [1]
5. Erst nach bestandenen Testlauf (Probetrieb und Funktionsprüfung) gemäß rechtlichen Ländervorgaben Abnahme des Gewerks
6. Wartungshinweise berücksichtigen, ggf. Dienst- und Betriebsanweisungen erstellen und das Betriebspersonal mit der Anlage vertraut machen für einen zuverlässigen Betrieb der Drosseleinrichtung

3.2.3 Ablaufdiagramm

Mit diesem Katalog ist eine Vorgehensweise für die Montage von Drosselorganen beschrieben, die bei entsprechender Umsetzung einen erfolgreichen Betrieb der Drosseleinrichtung unterstützen kann.

Zur Verdeutlichung ist in Bild 5 die Textfassung in ein Ablaufdiagramm überführt worden. Dabei wird empfohlen, die Checkliste (vgl. Abschnitt 4) zur Erfassung und Kontrolle der Bestandsdaten anzuwenden.

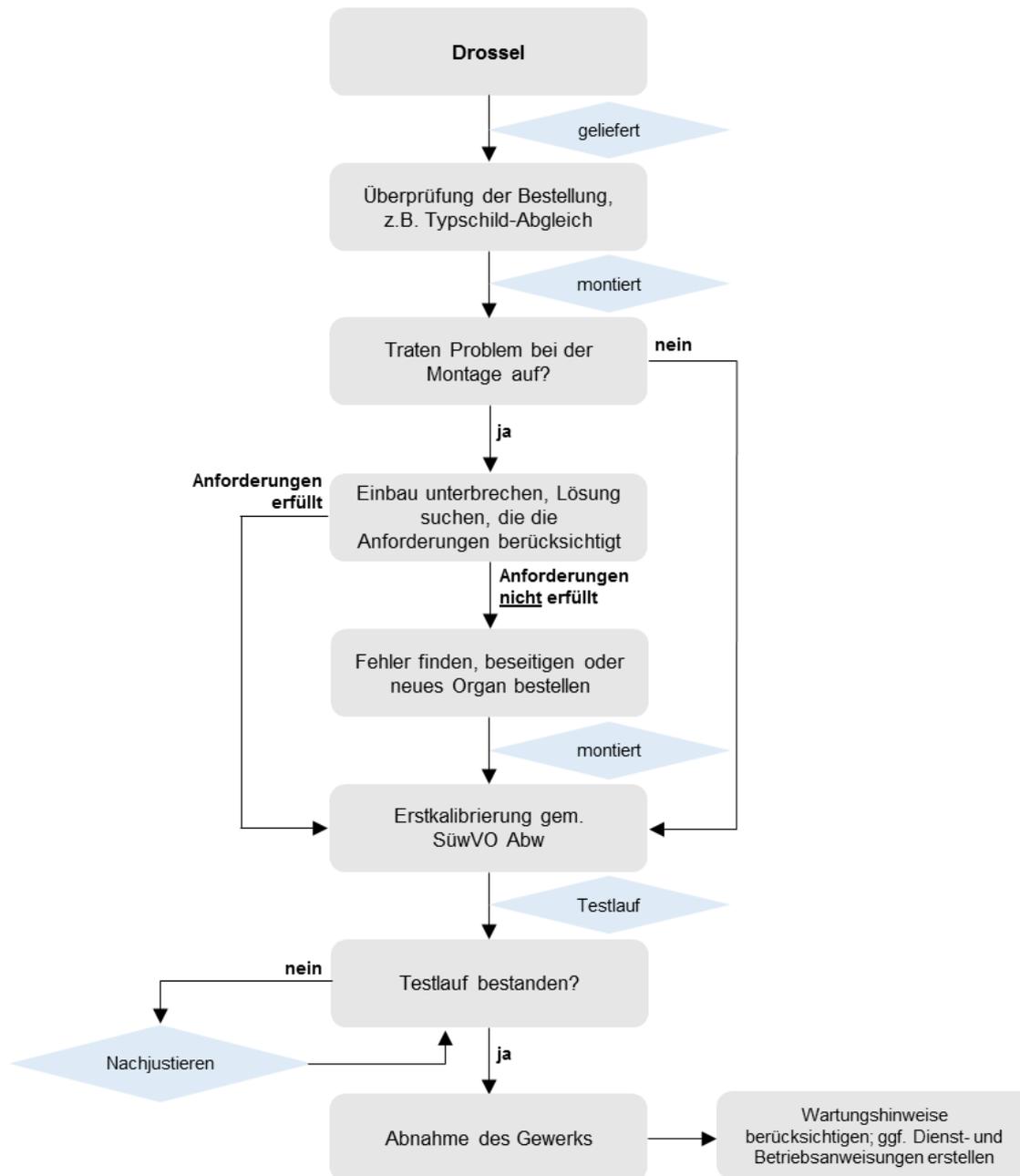


Bild 5 Ablaufdiagramm: Montagehinweise für den Einbau von Drosselorganen

In jedem Fall ist es hilfreich, wenn nicht nur Auftraggeber und Planer über ein großes Wissen bzgl. Drosseleinrichtungen verfügen, sondern auch die Mitarbeiter der Netzbetreiber. Eine enge Abstimmung zwischen Auftraggeber, Planer und Betreiber ist erforderlich. Schulungsangebote von Herstellern – mindestens aber die Einweisung vor Ort – oder aber Lehrgänge von entsprechenden Anbietern können dazu beitragen, Fehler bei Planung, Bau oder Betrieb der Einrichtungen zu minimieren, im besten Falle auch zu vermeiden.

3.3 Ergänzende Hinweise für MID-Schiebersysteme

Vollgefüllte MID-Schiebersysteme als Drosselorgane gelten im Allgemeinen als zuverlässig und bedingt durch ihre exakte Steuerung des Schiebers zu halbtrocken oder nass aufgestellten (hydromechanischen oder passiven) Drosselorganen. Ein störungsfreier Betrieb ist allerdings nicht systemimmanent, sondern Ergebnis solider Planung, fehlerfreier Bauausführung und kontinuierlicher Überwachung. Es sind daher umfangreiche Anforderungen zu berücksichtigen.

Die vorliegenden Hinweise beinhalten Ergebnisse umfangreicher Recherchetätigkeiten bzgl. einschlägiger Literatur (vgl. Abschnitt 2.2.3) und einer Bestandsaufnahme sowie Analyse von sechs in Betrieb befindlichen Anlagen mit MID-Schiebersystemen. Die dafür erforderlichen Begehungen von Anlagen sind in Abschnitt 6.4 der Langfassung des Berichtes dargestellt. Nachfolgend finden sich Hinweise für

1. Planung,
2. Bau und
3. Betrieb

von MID-Schiebersystemen.

3.3.1 Planung von MID-Schiebersystemen

Bei der Planung von MID-Schiebersystemen gilt es im Wesentlichen, zwei unterschiedliche Situationen zu berücksichtigen. Zum einen ist dies der Neubau einer Anlage, zum anderen der Umbau einer Bestandsanlage. In letzterem Fall sind bauliche Randbedingungen bereits vorhanden und zu berücksichtigen bei der Wahl des MID-Schiebersystems. Mindestens einen weiteren Iterationsschritt erfordert der Neubau einer Drosseleinrichtung mit MID-Schiebersystem. Hier ist es bereits in der Planungsphase erforderlich, das Drosselorgan auf die hydraulischen und baulichen Randbedingungen hin auszulegen und entsprechende Wechselwirkungen der Anlage zum Kanalnetz zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 2.2, Regelwerke bzgl. Bau von Drosselorganen und zur Messtechnik).

Weiterhin wird die Durchführung von detaillierten, hydraulischen Berechnungen mit einem Wasserspiegellinien-Berechnungsprogramm für Niederschlagswasserbehandlungsanlagen bereits in der Planungsphase empfohlen (prinzipiell für alle Drosseleinrichtungen). Für die Mess- und Drosselstrecken sowie die vorgelagerten Kanäle interessieren insbesondere die Fließgeschwindigkeiten, die Schleppspannungen, das Auftreten von Rückstau und ggf. das Auftreten von Fließwechseln. Diese Berechnungen ermöglichen, Mess- und Drosselstrecken hydraulisch bestmöglich zu planen. Darüber hinaus empfiehlt sich ggf. eine Bemessung der MID-Anlage durch den Hersteller. Planungs- und/oder Ausschreibungsunterlagen sind durch auf dem Markt vertretene Hersteller verfügbar und sollten berücksichtigt werden. Mit diesen Informationen ist eine gezielte Auswahl des MID-Schiebersystems möglich.

3.3.2 Bau von MID-Schiebersystemen

Wie bereits im voranstehenden Abschnitt dargestellt, gilt es die Ertüchtigung einer Bestandsanlage sowie einen vollständigen Neubau einer Drossleinrichtung mit einem MID-Schiebersystem zu unterscheiden. Ist die Planung abgeschlossen, sind die korrekten Planungsvorgaben in situ umzusetzen. Erlauben die Randbedingungen vor Ort den Bau der Anlage, ist hier insbesondere die Bauüberwachung zu fokussieren, um Abweichungen zum Plan erkennen und ggf. verhindern zu können im Sinne einer optimalen Betriebsweise des Organs bzw. Bauwerks.

Auch wenn Begehungen von Bestandsanlagen zeigten (vgl. Langfassung des Abschlussberichtes, Abschnitt 6.4), dass in denjenigen Fällen mit unzureichend arbeitenden MID-Schiebersystemen störanfällige Messtechnik ursächlich war, soll dennoch die Wichtigkeit einer fehlerlosen Planung und Bauleistung als Grundbedingung für einen sicheren Betrieb hervorgehoben werden. Allerdings bedarf es ebenso der Berücksichtigung nachstehender Hinweise, die einen Betrieb von MID-Schiebersystemen positiv beeinflussen können.

3.3.3 Wesentliche konstruktive Hinweise für unterschiedliche Bauformen der MID-Schiebersysteme

1. Allgemeines

In der Regel ist es zur Vermeidung von Rückstau im Zulaufkanal erforderlich, eine ausreichende Höhendifferenz von etwa 15 bis 20 Zentimeter zwischen diesem und der Drosselstrecke einzuplanen. Eine Wasserspiegellagen-Berechnung liefert entsprechende Ergebnisse.

Eine Bypass-Leitung sollte stets angeordnet werden, um einen sicheren Notumlauf der Anlage zu ermöglichen.

2. Gedückerte MID-Mess- und Drosselstrecken

Es wird empfohlen, gedückerte MID-Schiebersysteme nur einzubauen und zu betreiben, wenn die baulichen Randbedingungen keine Alternative zulassen. Ist ein gedückertes System vorgesehen, sollten folgende Hinweise berücksichtigt werden:

- Kein Absturz im Zulauf, zur Vermeidung von Lufteintrag mit einhergehender Verfälschung des Messergebnisses
- Ausreichende Mindestüberdeckung einplanen, zur Vermeidung luftziehender Wirbel
- Anordnung eines Steigrohrs hinter dem MID hilfreich, um mögliche Verlegungen des Dükers zu erschweren
- Die Sohlhöhe des Drosselauslaufs sollte stets über der Sohlhöhe des nachfolgenden Ablaufkanals liegen, um kleine Steine mit höheren Schleppspannungen im Steigrohr bis über dessen Ablaufkante zu transportieren; somit rollen sie nicht in den Düker zurück
- Ermittlung der Schleppspannungen im Düker, ggf. Spülhilfen vorsehen

- Nach Bedarf Ableitung von Schwimmstoffen, die sich im Oberwasser-Schacht sammeln, über die Bypass-Leitung (ggf. auch automatisch, in diesem Fall ist ein Motorschieber erforderlich)

3. Ungedückerte MID-Mess- und Drosselstrecken

Grundsätzlich sind bei ungedückerten MID-Mess- und Drosselstrecken die hydraulischen Verhältnisse im Zulauf sorgfältig zu planen. Fließwechsel sollten vermieden werden, eine einheitliche Gefällesituation sowie gleiche Querschnitte sind anzuordnen. Liegen Randbedingungen im Zulaufbereich vor, die diesen Empfehlungen nicht entsprechen, wird der Einsatz gedückter MID-Mess- und Drosselstrecken empfohlen. Werden ungedückerte MID-Mess- und Drosselstrecken geplant, sollten nachstehende Hinweise berücksichtigt werden:

- Höhenversatz zwischen Zulaufkanal und MID-Mess- und Drosselstrecke möglichst weit entfernt vom MID vorsehen, danach gleiches Gefälle und gleichen Querschnitt (z.B. Trockenwetterrinne) einplanen
- MID-Mess- und Drosselstrecke mit rd. 3‰ Gefälle planen mit dem Ziel eines stabilen, strömenden Abflusses bei unterschiedlichen Zuflüssen

Ein wesentlicher Vorteil ungedückter Systeme besteht in dem vergleichsweise geringen Verlegungsrisiko. Hier werden Schwimmstoffe über die Rohrleitung abgeleitet und sammeln sich nicht im oberwasserseitigen Schacht an.

3.3.4 Betrieb von MID-Schiebersystemen

Treten Probleme im Betrieb von MID-Schiebersystemen auf, können diese vielfältige Ursachen haben. Abseits von Fehlern aus Planung und Bau der Einrichtung, die hier nicht weiter diskutiert werden, sind nachfolgend Erfahrungen aus den Netzen der projektbeteiligten Betreiber zusammengefasst.

Probleme im Betrieb

Als Problemfelder konnten für Anlagen im Bestand im Wesentlichen Technik, die nicht mehr dem aktuellen Stand entspricht und Leistungsdefizite aufweist, und Falschmessungen der Anlagen aufgrund von Ablagerungen sowohl im Rohr-/Messquerschnitt als auch an Elektroden identifiziert werden. Auch können Fehl-Programmierungen eine Ursache für unsicheren Betrieb sein. Auch Fehlmessungen bedingt durch Lufteintrag sind möglich. Im Ergebnis werden dadurch falsche Geschwindigkeiten und somit falsche Drosselabflüsse für den Betrieb der Anlage ermittelt.

Betrieboptimierung

Mit Blick auf die Optimierung des Betriebs von MID-Schiebersystemen im Bestand liegt der Fokus auf der vorhandenen und ggf. zu ersetzenden Messtechnik. Hierzu sind in möglichst hoher Anzahl Informationen über die Anlage sowie Parameter der Steuerung zu erheben (im Rahmen der Möglichkeiten).

Im Wesentlichen wird das Zusammenspiel von MID und motorangetriebenem Schieber betrachtet. Dies betrifft insbesondere den Regelkreis sowie die Regelhysterese, in welcher der Schieber im Verhältnis zu den gemessenen Durchflüssen angesteuert wird.

Für den Fall, dass entweder die vorhandene Messtechnik keine ausreichende Regelung ermöglicht oder aber dass das MID-Schiebersystem bzgl. der Nennweite zu groß gewählt worden ist, sollte auch der Austausch dieser einschließlich Anpassung der MID-Nennweite auf den Drosselabfluss in Betracht gezogen werden.

Mit Blick auf die Überprüfung von MID-Schiebersystemen mittels mobiler Durchfluss-Messtechnik wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass zwar die Genauigkeit der für die Vergleichsprüfung herangezogenen Messtechnik schlechter sein kann als die der zu prüfenden Anlage, jedoch ein Check auf Plausibilität und Betriebsverhalten möglich und sinnvoll ist.

Vorschlag für eine Vorgehensweise zur Kalibrierung bei nicht vorliegenden Informationen über die zu überprüfende Anlage:

Die nachfolgend aufgeführte Vorgehensweise stellt eine Möglichkeit dar, MID-Schiebersysteme zu prüfen, ohne bereits vorab über detaillierte Informationen bzgl. des Bauwerks sowie der vorhandenen Messtechnik zu verfügen.

Vorbereitende Maßnahmen:

- 1) Aufnahme und Dokumentation der vorhandenen Anlagenbauteile (Typenschilder erfassen)
- 2) Recherche entsprechender Betriebsanleitungen (soweit möglich und Hersteller zweifelsfrei identifizierbar)
- 3) Reinigung der Leitungen und Referenzmessstelle
- 4) Herstellen der Zugänglichkeit zum Schacht (ggf. Abpumpen von Wasser für sicheren Einstieg)
- 5) Angeschlossenes Regenbecken auf 2/3 der maximal möglichen Höhe einstauen für die Prüfung

Vorgehensweise am Tag der Prüfung:

- 1) Überprüfung der Funktion der Regelung
- 2) Vorgabe von festen Höhenständen zum Prüfen in mehreren Stufen
- 3) Überprüfen, ob sich der gewünschte Durchfluss einstellt:
Im Erfolgsfall arbeitet das MID-Schiebersystem einwandfrei, falls nicht, fortfahren mit 4)
- 4) Abgleich von Referenzmessgerät und MID bei offenem Schieber: Bei Abweichungen kann das MID als defekt angesehen werden, bei plausiblen Messwerten des MID hingegen sollte der Schieber auf Funktionsfähigkeit überprüft werden

4 Checkliste für den Betrieb

4.1 Gliederung

Um die Vielzahl von Informationen aus der Literatur sowie den aus In-situ-Untersuchungen gewonnenen Erkenntnissen auch für den Arbeitsalltag von Betriebsmitarbeitern nutzbar zu machen, werden diese in fünf Kategorien bzw. (Teil-)Checklisten zur Anwendung eingeteilt:

- Informationen zum Drosselorgan
- Zugänglichkeit und Betrieb
- Vermeidung von Verlegungen
- Wartung und Instandhaltung
- Randbedingungen für die Kalibrierung

Alle zu überprüfenden Anforderungen lassen sich einer der fünf Kategorien zuordnen und konnten bereits in situ angewendet werden. Ergänzt werden die Checklisten durch einen allgemeinen Abschnitt am Anfang jeder Liste bzgl. des Datums der Begehung, der Anlagenbezeichnung und des Namens der prüfenden Person.

4.2 Informationen zum Drosselorgan

Zunächst werden die Kenndaten des Drosselorgans aufgenommen, die ggf. auch mit den Vorgaben aus dem der Anlage beiliegenden Genehmigungsbescheid abgeglichen werden können. Die für den Drosselabfluss vorgeschriebenen Mindestwerte (vgl. Abschnitt 2.2.6) werden überprüft und eingetragen. Der Hersteller sollte für die Anbringung eines Typenschildes sorgen, das alle relevanten Informationen beinhaltet. Des Weiteren wird das Drosselorgan auf seine Eigenschaften überprüft (verstellbar, nachrüstbar und austauschbar) und ob die Anbindung an ein Fernwirksystem möglich ist (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Checkliste: Drosselorgan

Anlagenbezeichnung:			
Drosselorgan:			
Name des Prüfers:		Datum:	
Hersteller			
Klassifikation	Fremdenergie:	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja	
	Aufstellung:	<input type="checkbox"/> halbtrocken <input type="checkbox"/> trocken <input type="checkbox"/> nass	
	<i>aktiv</i>	<i>passiv</i>	
	Steuerung	Regelung	Steuerung
Funktionsprinzip	<input type="checkbox"/> Schwimmer/Schieber <input type="checkbox"/> elektr. Schieber <input type="checkbox"/> Wirbelventil <input type="checkbox"/> Schlauchdrossel <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Waagedrossel <input type="checkbox"/> Strahldrossel <input type="checkbox"/> MID-Schieber <input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Rohrdrossel Material: _____ Gefälle: _____ Länge: _____ <input type="checkbox"/> Wirbeldrossel <input type="checkbox"/> Schieber/Blende <input type="checkbox"/> _____
Typenbezeichnung			
Seriennummer			
Drosselabfluss	Anforderung: Mischwasser Steuerung min 25 l/s , Mischwasser Regelung oder Verlegungserkennung min 10 l/s <input type="checkbox"/> erfüllt <input type="checkbox"/> nicht erfüllt		
	Fester Wert: _____ l/s		<input type="checkbox"/> Variabel
Typenschild	<input type="checkbox"/> vollständig <input type="checkbox"/> unvollständig <input type="checkbox"/> nicht vorhanden		
Eigenschaften	<input type="checkbox"/> verstellbar <input type="checkbox"/> nachrüstbar <input type="checkbox"/> austauschbar		
Fernwirksystem	<input type="checkbox"/> Anschluss vorhanden <input type="checkbox"/> Anschluss möglich <input type="checkbox"/> Anschluss nicht möglich		

4.3 Zugänglichkeit und Betrieb

Die gute Zugänglichkeit des Drosselbauwerks und des Drosselorgans ist eine wesentliche Anforderung, die in den Regelwerken der DWA deutlich herausgestellt wird.

Zum einen ist es für den zuverlässigen Betrieb der Drosseleinrichtung unverzichtbar, dass das Drosselbauwerk zur Kontrolle, Reinigung und Wartung ohne großen Aufwand betreten werden kann. Zum anderen kann eine gute Zugangsmöglichkeit den Betriebsaufwand verringern. Hat sich eine Verlegung gebildet, muss diese beseitigt werden können. Dazu ist es wichtig, dass die Absperrung und Notentleerung bis zum sicheren Stand verlängert ist und von außerhalb des Bauwerks bedient werden kann. Die Anforderungen zum Thema Zugänglichkeit und Betrieb werden mit der Checkliste überprüft (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9: Checkliste: Zugänglichkeit und Betrieb

Anlagenbezeichnung:			
Drosselorgan:			
Name des Prüfers:		Datum:	
Zugänglichkeit und Betrieb	Ja	teils	Nein
Zugang Drosselbauwerk außerhalb des Verkehrsraums?			
Zugang leicht zu öffnen?			
Ausreichend Platz für Absturzsicherung (Dreibaum)?			
Ausreichend große Einstiegsöffnung?			
Einlauf des Drosselorgans einsehbar?			
Drosselorgan einsehbar?			
Ablauf des Drosselorgans einsehbar?			
Gute Be- und Entlüftung?			
Belichtung ausreichend?			
Bedienung der Absperrung und Notentleerung verlängert bis zum sicheren Stand?			
Einwandfreier Drosselbetrieb möglich?			
Mindestmaße eingehalten? Grundriss min. 2 x 3 m			
Bemerkung:			

4.4 Vermeidung von Verlegungen

Die Qualitätsanforderungen zur Vermeidung von Verlegungen sind vielschichtig und betreffen nicht nur das Drosselorgan, sondern ebenso die bauliche Gestaltung des Drosselbauwerks. Zusätzlich muss es im Falle einer Verlegung dem Betriebspersonal möglich sein, die Verlegung zu lösen. Dazu ist eine Notentleerungsleitung erforderlich.

Entsprechende Informationen können in der zugehörigen Checkliste (vgl. Tabelle 10) eingetragen werden.

Tabelle 10: Checkliste: Vermeidung von Verlegungen

Anlagenbezeichnung:				
Drosselorgan:				
Name des Prüfers:		Datum:		
Vermeidung von Verlegungen				
<i>Mindestmaße</i>		Ja	Nein	
$D_{Dr} =$	_____ mm			
Anforderung erfüllt?				
Minstdurchmesser $D_{Dr} = 200$ mm				
DN Notentleerung =	_____ mm			
Anforderung erfüllt?				
Minstdurchmesser DN 200 mm				
Bauliche Gestaltung		Ja	Teils	Nein
Einlauf des Drosselorgans hydraulisch günstig ausgebildet?				
Keine Einengung des Leitungsquerschnittes am Einlauf?				
Keine Hinweise auf Rückstau?				
Keine Ablagerungen vorhanden?				
Notentleerungsleitung vorhanden?				
Notentleerungsleitung höherliegend?				
Einbaubedingungen des Herstellers eingehalten?				

4.5 **Wartung und Instandhaltung**

Wartungsaufwand ist ein wichtiges Kriterium für die Auswahl von Drosselorganen und den Betrieb von Drosseleinrichtungen. Um diesen einschätzen zu können, wird in der Checkliste zum einen der Ist-Zustand überprüft und zusätzlich die durch den Betrieb durchgeführten Pflege und Wartungsarbeiten erfragt. Das Zusammenführen beider Informationen gibt Aufschluss darüber, wieviel betrieblicher Aufwand nötig ist, um die Drosseleinrichtung zu betreiben. Da der Ist-Zustand eng mit der durchgeführten Pflege der Einrichtung verbunden ist, ist die Erhebung beider Positionen in diesem Zusammenhang sinnvoll (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Checkliste: Wartung und Instandhaltung

Anlagenbezeichnung:			
Drosselorgan:			
Name des Prüfers:		Datum:	
Wartung und Instandhaltung			
<i>Ist-Zustand bei der Überprüfung</i>	Ja	Teils	Nein
Mechanik leichtgängig?			
Drosselorgan unbeschädigt?			
Bauwerk unbeschädigt?			
Sauber ausgeführte Arbeitsfugen?			
Gut abgedichtete Rohrdurchführungen?			
Messtechnik funktionsfähig?			
Keine Verschmutzung im Bauwerk?			
Guter Materialzustand?			
<i>Vom Betreiber zu erfragen</i>	Häufigkeit		
Reinigung			
Wartung			
Sichtprüfung			
Funktionsprüfung			
Bemerkung:			

4.6 **Randbedingungen für die Kalibrierung**

Um die hydraulische Kalibrierung an einer Drosseleinrichtung durchführen zu können, sind Informationen zu den Randbedingungen wichtig (vgl. Tabelle 12). Eine gute Zugänglichkeit ist auch hier wesentlich, aber zusätzlich sind spezielle Anforderungen zu

stellen. Diese Anforderungen betreffen einerseits die Messtechnik. Ein sicherer Einbau dieser muss an geeigneter Stelle möglich sein. Neben einer Höhenstandsmessung im Regenbecken wird der Durchfluss hinter dem Drosselorgan gemessen. Dazu wird in der Regel der Nachschacht verwendet. Des Weiteren sind Fragen bzgl. des Einstaus des Regenbeckens (bei RKB vor dem Drosselorgan) zu klären. Auch die technischen Eigenschaften des Drosselorgans sind wichtig. Dazu ist eine Dokumentation des Herstellers sehr hilfreich.

Tabelle 12: Checkliste: Randbedingungen für die Kalibrierung

Anlagenbezeichnung:		
Drosselorgan:		
Name des Prüfers:	Datum:	
Randbedingungen für die Kalibrierung	Ja	Nein
Einstau vor dem Drosselorgan grundsätzlich möglich?		
Drosselorgan mit Absperrschieber?		
Dokumentation des Drosselorgans vorhanden?		
Nachschacht für Messung vorhanden?		
Nachschacht geeignet? (keine Zuläufe im Zwischenbereich, Einbau Messtechnik möglich, Beruhigungsstrecke für Messgerät vorhanden?)		
Messung am Rohr: Lufteintrag ausgeschlossen? Ausreichende Platzverhältnisse?		
	Anmerkungen	
Volumen des Regenbeckens:		
Gefälle im Nachlauf:		
Abschätzung der Leerlaufzeit:		
Maximales Stauziel	$h_b = \underline{\hspace{2cm}}$	
Zu überprüfender Höhenbereich: ($2 \times D_{Dr}$ bis $2/3 h_b$)	$2/3 h_b = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m},$ $2 \times D_{Dr} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$	
Bemerkung:		

Abschließend sei der Hinweis gegeben, dass diese Checklisten an die individuellen Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden können.

5 Untersuchungen an Drosselorganen – Warentestergebnisse

5.1 Versuchs- und Testergebnisse

In den nachstehenden Abschnitten werden die Versuchs- und Testergebnisse der sechs untersuchten Drosselorgane zusammengefasst. Dabei sind zunächst **allgemeine Informationen** zum Drosselorgan tabellarisch aufgeführt, gefolgt von den **Testergebnissen** der 27 Einzeluntersuchungen sowie den im Warentest ausgestellten **Prüfzeugnissen**. Abschließend gibt die vollständige Warentest-Tabelle einen Überblick zum Gesamtergebnis. Weitergehende Informationen zum Warentest sowie zum gesamten Vorhaben finden sich in der Langfassung des Berichtes [3].

5.2 Schwimmer-Schieber-Drossel SSD 200 Typ II (APA Abwassertechnik GmbH)

Allgemeines

In Tabelle 13 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise SSD 200 gewählt.

Tabelle 13: Informationen zum Drosselorgan SSD 200

APA Abwassertechnik GmbH (Hersteller)	SSD 200 Typ II (Bezeichnung)	Schwimmer-Schieber (Typ)	
Abflussbereich:	10-50 l/s		
Funktionsweise:	unterwassergeregelt	Aufstellung:	halbtrocken, trocken
Abmessungen L x B x H:	ca. 1,7 x 0,9 x 1,4 m	Gewicht:	ca. 430 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl
Skizze	Bild	Q(h)-Kennlinie	
Von Website des Herstellers [29]	Angelieferte Drossel für das Projekt	Von Website des Herstellers [29]	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 14 sind die Testergebnisse für die SSD 200 dargestellt.

Tabelle 14: Testergebnisse für die SSD 200

Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
2	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung > ± 7% vom Mittelwert gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,83 l/s Q _{max.} = 26,76 l/s Q _{min.} = 23,83 l/s Abweichungen: +3,3 % +7,0 % -4,7 % (Ohne Nachjustierung)
3	Prüfung auf Betriebs-tauglichkeit I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 23,97 l/s Q _{max.} = 26,10 l/s Q _{min.} = 21,02 l/s Abweichungen: -4,1 % +4,4 % -15,9 %
4	Prüfung nach SÜwVO II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 24,21 l/s Q _{max.} = 26,32 l/s Q _{min.} = 21,91 l/s Abweichungen: -3,2 % +5,3 % -12,4 %
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
6	Prüfung auf Betriebs-tauglichkeit II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 23,42 l/s Q _{max.} = 26,72 l/s Q _{min.} = 22,12 l/s Abweichungen: -6,3 % +6,9 % -11,5 %
7	Betriebs-beanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,39 l/s Q _{max.} = 27,13 l/s Q _{min.} = 22,62 l/s Abweichungen: +1,6 % +8,5 % -9,5 %
9	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 24,43 l/s Q _{max.} = 28,08 l/s Q _{min.} = 21,40 l/s Abweichungen: -2,3 % +12,3 % -14,4 %
10	Betriebssimulation	Umstellung der Drosselwassermenge Q _{Dr} von 25 auf 10 l/s	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
11	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
12	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,33 l/s Q _{max.} = 10,91 l/s Q _{min.} = 8,04 l/s Abweichungen: - 6,7 % +9,1 % -19,6 % (Mit Nachjustierung))

13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 8,98 l/s Q _{max.} = 12,38 l/s Q _{min.} = 8,11 l/s	Abweichungen: -10,2 % +23,9 % -18,9 %
14	Prüfung nach SüwVO II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,15 l/s Q _{max.} = 13,48 l/s Q _{min.} = 10,09 l/s	Abweichungen: +11,5 % +34,8 % +0,9 %
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
15b		Durchfluss mit SKS, anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,06 l/s Q _{max.} = 12,22 l/s Q _{min.} = 7,99 l/s	Abweichungen: - 9,4 % +22,2 % -20,1 %
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,15 l/s Q _{max.} = 12,82 l/s Q _{min.} = 8,99 l/s	Abweichungen: +11,5 % +28,2 % -10,1 %
19	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,86 l/s Q _{max.} = 11,53 l/s Q _{min.} = 8,80 l/s	Abweichungen: -1,4 % +15,3 % -12,0 %
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der VerlegebeseitigungsEinrichtung	Verlegebeseitigungseinrichtung funktioniert; Spüldüse erzeugt Kratzer am Schieberblech.	
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
22	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,36 l/s Q _{max.} = 11,96 l/s Q _{min.} = 9,41 l/s	Abweichungen: +3,6 % +19,6% -5,9 %
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	Ohne Auffälligkeiten: Schrauben gelöst und mit Kran aus Schacht heraus gehoben.	
24	Inspektion	Aufnahme IST/Ausbau-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten	
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff	Keine unerwarteten Auffälligkeiten	
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit, Dokumentation	Beständigkeit der Materialien vorhanden, Herstellerangaben eingehalten	
27	Inspektion	Inaugenscheinnahme zur Bewertung des Allgemeinzustandes durch LK-Mitglieder (Bewertungskreis)	Gebrauchsspuren ohne Korrosionsrisiken	

Prüfzeugnis für die APA-SSD 200 Typ II

Warentest – Prüfzeugnis „Drosselorgane“
APA-SSD 200 Typ II
APA Abwassertechnik GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: Befriedigend (3,3)	
Systemprüfungen (85 %):	3,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35 %):	1,9
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	2,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	2,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	1,5
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	1,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35 %):	5,4
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	5,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	2,0
Verlegesicherheit (20 %):	4,0
Gesamtzustand nach Nutzungsdauer (10%)	2,0
Qualitätssicherung (15%)	2,0



Gesamteindruck

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase I mit 25 l/s** erzielt die Drossel ein gutes Ergebnis (Note 1,9). Die einzelnen Prüfkriterien wurden mit Noten zwischen 1,5 und 2,0 bewertet.

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase II mit 10 l/s** erzielt die Drossel ein mangelhaftes Ergebnis (Note 5,4). Bis auf die SÜwVO I-Prüfung (Note 2,0) werden alle anderen Prüfungen mit Noten zwischen 5,0 und 6,0 bewertet.

Die **Verlegesicherheit** der Drossel wurde mit der Note 4,0 bewertet. Steinzeugscherben und Hygieneartikel (bis 2x, nacheinander und zusammen) wurden ohne Risiko beseitigt. Hygieneartikel (ab 3x, nacheinander und zusammen), Halbklinker und Bohrkern wurden erkannt und ohne verbleibendes Risiko beseitigt. Bei den Holzstäben kam es zu einer bleibenden Verlegung mit Betriebsrisiken.

Mit Blick auf den **Gesamtzustand nach Nutzungsende** wird das System mit der Note 2,0 bewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 2,0 vergeben. Der Anbieter konnte sieben von neun Kriterien nachweisen (Drossel-Kenndaten, Garantiebereich, Betriebs, Wartungs- u. Einbauanleitung (teilweise) Qualifikationsnachweise Eigenüberwachung, Fremdüberwachung und Ex-Schutz).

Zusatzinformationen

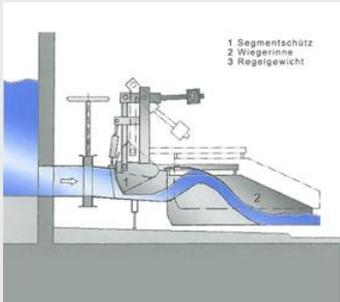
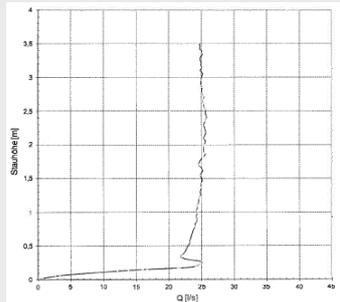
- Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ): keine Auffälligkeiten
- Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie: ja / nein
- Aufstellungsart: halbtrocken
- Gewicht der Drossel [kg] / Abmessungen der Drossel L x B x H [m]: ca. 430 / 1,7 x 0,9 x 1,4
- Zeitaufwand für Ein- / Um- / Ausbau [min]: 95 / 240 / 20
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer / Abflussspitze: ja / 30 / 13
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer / Abflusshöhe: ja / 90 / 13
- Kosten (netto) – Drossel / Montage / Umbau [EUR]: 7.550 / 1.450 / 1.450

5.3 Waage-Drossel Typ II (bgu-Umweltschutzanlagen GmbH)

Allgemeines

In Tabelle 15 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Waage-Drossel gewählt.

Tabelle 15: Informationen zur Waage-Drossel

bgu-Umweltschutzanlagen GmbH (Hersteller)	Waage-Drossel Typ II (Bezeichnung)	Waage-Drossel (Typ)	
Abflussbereich:	5-50 l/s		
Funktionsweise:	unterwassergeregelt	Aufstellung:	halbtrocken
Abmessungen L x B x H:	ca. 1,6 x 0,5 x 1,0 m	Gewicht:	ca. 170 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl
Skizze	Bild	Q(h)-Kennlinie	
 <p>1 Segmentschütz 2 Wiegerinne 3 Rogelgewicht</p> <p>Via Email zur Verfügung gestellt</p>	 <p>Angelieferte Drossel für das Projekt</p>	 <p>Vom Hersteller beim Einbau übergeben</p>	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 16 sind die Testergebnisse für die Waage-Drossel dargestellt.

Tabelle 16: Testergebnisse für die Waage-Drossel

Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
2	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung > ± 5% vom Mittelwert gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 24,96 l/s Q _{max.} = 26,75 l/s Q _{min.} = 22,49 l/s Abweichungen: - 0,2% +7,0% -10,1% (Ohne Nachjustierung)
3	Prüfung auf Betriebs-tauglichkeit I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,61 l/s Q _{max.} = 27,44 l/s Q _{min.} = 20,90 l/s Abweichungen: +2,4% +9,8% -16,4%
4	Prüfung nach SÜWVO II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 24,32 l/s Q _{max.} = 25,29 l/s Q _{min.} = 21,37 l/s Abweichungen: - 2,7% +1,2% -14,5%
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	geringfügiger Austritt von Flüssigkeit aus dem Dämpfer (Tropfenbildung am Kolben)
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
6	Prüfung auf Betriebs-tauglichkeit II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 22,14 l/s Q _{max.} = 23,36 l/s Q _{min.} = 19,60 l/s Abweichungen: -11,4% - 6,5% -21,6%
7	Betriebs-beanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,73 l/s Q _{max.} = 27,96 l/s Q _{min.} = 22,80 l/s Abweichungen: +2,9% +11,9% - 8,8%
9	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,25 l/s Q _{max.} = 27,36 l/s Q _{min.} = 22,37 l/s Abweichungen: +0,1% +9,4% -10,5%
10	Betriebssimulation	Umstellung der Drosselwassermenge Q _{Dr} von 25 auf 10 l/s	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
11	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
12	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,35 l/s Q _{max.} = 11,65 l/s Q _{min.} = 9,50 l/s Abweichungen: + 3,5% +16,6% - 5,1% (Ohne Nachjustierung)

13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,46 l/s Q _{max.} = 12,36 Q _{min.} = 9,16 l/s	Abweichungen: +4,6% +23,6% - 8,4%
14	Prüfung nach SüwVO II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,92 l/s Q _{max.} = 10,42 l/s Q _{min.} = 9,17 l/s	Abweichungen: - 0,8% +4,2% - 8,3%
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	geringfügiger Austritt von Flüssigkeit aus dem Dämpfer (Tropfenbildung am Kolben)	
15b		Durchfluss mit SKS, anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,95 l/s Q _{max.} = 12,32 l/s Q _{min.} = 7,24 l/s	Abweichungen: - 0,5% +23,2% - 27,6%
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,27 l/s Q _{max.} = 10,39 l/s Q _{min.} = 8,20 l/s	Abweichungen: - 7,3% +3,9% - 8,2%
19	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,54 l/s Q _{max.} = 11,01 l/s Q _{min.} = 8,45 l/s	Abweichungen: - 4,6% +10,1% - 15,5%
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der VerlegebeseitigungsEinrichtung	Verlegebeseitigungseinrichtung funktioniert; Spüldüse fährt unter der Wiegerinne durch und erzeugt Kratzspuren mit geringfügiger Rostbildung.	
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
22	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 9,62 l/s Q _{max.} = 10,82 l/s Q _{min.} = 8,65 l/s	Abweichungen: - 3,8% +8,2% -13,5%
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	Ohne Auffälligkeiten: Schrauben gelöst und mit Kran aus Schacht heraus gehoben.	
24	Inspektion	Aufnahme IST/Ausbau-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten	
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff	Keine unerwarteten Auffälligkeiten	
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit, Dokumentation	Beständigkeit der Materialien vorhanden, Herstellerangaben eingehalten	
27	Inspektion	Inaugenscheinnahme zur Bewertung des Allgemeinzustandes durch LK-Mitglieder (Bewertungskreis)	Gebrauchsspuren ohne Korrosionsrisiken	

Prüfzeugnis für die Waage-Drossel Typ II

Warentest – Prüfzeugnis „Drosselorgane“
Waage-Drossel Typ II
bgU-Umweltschutzanlagen GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil: Befriedigend (3,3)	
Systemprüfungen (85 %):	3,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35 %):	3,4
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	2,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	1,5
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	1,0
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35 %):	3,6
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	1,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	3,5
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	2,0
Verlegesicherheit (20 %):	4,0
Gesamtzustand nach Nutzungsdauer (10%)	2,0
Qualitätssicherung (15%)	2,5



Gesamteindruck

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase I mit 25 l/s** erzielt die Drossel ein befriedigendes Ergebnis (Note 3,4). Bis auf die Betriebstauglichkeit II-Prüfung (Note 6,0) werden alle anderen Prüfungen mit Noten zwischen 1,0 und 2,0 bewertet.

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase II mit 10 l/s** erzielt die Drossel ein ausreichendes Ergebnis (Note 3,6). Die SÜwVO I und II-Prüfungen werden mit 1,0 und 2,0, die Betriebstauglichkeit I und II-Prüfungen mit 3,5 und 6,0 bewertet.

Die **Verlegesicherheit** der Drossel wurde mit der Note 4,0 bewertet. Hygieneartikel (ab 3x, nacheinander und zusammen) wurden erkannt und ohne verbleibendes Risiko beseitigt. Bei dem Bohrkern, Halbklinker und den Steinzeugscherben (ab 7,5 x 7,5 cm) kam es zu einer bleibenden Verlegung mit Betriebsrisiken. Alle anderen Störkörper konnten ohne Verlegerisiko beseitigt werden.

Mit Blick auf den **Gesamtzustand nach Nutzungsende** wird das System mit der Note 2,0 bewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 2,5 vergeben. Der Anbieter konnte sechs von neun Kriterien nachweisen (Drossel-Kenndaten, Garantiebereich, Betriebs, Wartungs- u. Einbauanleitung, Betriebsanweisungen u. Gefährdungsbeurteilungen, Fremdüberwachung und Ex-Schutz).

Zusatzinformationen

- Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ): keine Auffälligkeiten
- Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie: ja / nein
- Aufstellungsart: halbtrocken
- Gewicht der Drossel [kg] / Abmessungen der Drossel L x B x H [m]: ca. 170 / 1,6 x 0,5 x 1,0
- Zeitaufwand für Ein- / Um- / Ausbau [min]: 95 / 5 / 20
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer / Abflussspitze: nein / - / -
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer / Abflusshöhe: nein / - / -
- Kosten (netto) – Drossel / Montage / Umbau [EUR]: 7.460 / inkl. / nicht berechnet

5.4 Strahl-Drossel Typ I (bgu-Umweltschutzanlagen GmbH)

Allgemeines

In Tabelle 17 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Strahl-Drossel gewählt.

Tabelle 17: Informationen zur Strahl-Drossel

bgu-Umweltschutzanlagen GmbH (Hersteller)	Strahl-Drossel Typ I (Bezeichnung)		Strahl-Drossel (Typ)	
Abflussbereich:	15-65 l/s			
Funktionsweise:	unterwassergeregelt	Aufstellung:	halbtrocken	
Abmessungen L x B x H:	ca. 0,8 x 1,0 x 1,1 m		Gewicht:	ca. 150 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl	
Skizze	Bild		Q(h)-Kennlinie	
<p>Via Email zur Verfügung gestellt</p>	<p>Angelieferte Drossel für das Projekt</p>		<p>Vom Hersteller beim Einbau übergeben</p>	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung			

Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 18 sind die Testergebnisse für die Strahl-Drossel anhand des für diesen Drosseltyp geänderten Programmpunktes Nr. 10 des geänderten Prüfprogramms (Umstellung des minimal möglichen Soll-Drosselabflusses auf 15 l/s anstelle von 10 l/s) dargestellt.

Tabelle 18: Testergebnisse für die Strahl-Drossel

Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis										
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten										
2	Prüfung nach SÜwVO I	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung $> \pm 5\%$ vom Mittelwert gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	<table> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,54 \text{ l/s}$</td> <td>+2,2%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 27,37 \text{ l/s}$</td> <td>+9,5%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 22,46 \text{ l/s}$</td> <td>-10,1%</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">(Mit Nachjustierung)</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,54 \text{ l/s}$	+2,2%	$Q_{\text{max.}} = 27,37 \text{ l/s}$	+9,5%	$Q_{\text{min.}} = 22,46 \text{ l/s}$	-10,1%	(Mit Nachjustierung)	
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,54 \text{ l/s}$	+2,2%												
$Q_{\text{max.}} = 27,37 \text{ l/s}$	+9,5%												
$Q_{\text{min.}} = 22,46 \text{ l/s}$	-10,1%												
(Mit Nachjustierung)													
3	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{\text{zu}} > Q_{\text{Dr}}$); Drosselzustand gereinigt	<table> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,64 \text{ l/s}$</td> <td>+2,6%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 27,48 \text{ l/s}$</td> <td>+9,9%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 22,17 \text{ l/s}$</td> <td>-11,3%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,64 \text{ l/s}$	+2,6%	$Q_{\text{max.}} = 27,48 \text{ l/s}$	+9,9%	$Q_{\text{min.}} = 22,17 \text{ l/s}$	-11,3%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,64 \text{ l/s}$	+2,6%												
$Q_{\text{max.}} = 27,48 \text{ l/s}$	+9,9%												
$Q_{\text{min.}} = 22,17 \text{ l/s}$	-11,3%												
4	Prüfung nach SÜwVO II	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	<table> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{Ist, mittel}} = 17,17 \text{ l/s}$</td> <td>-31,3%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 21,89 \text{ l/s}$</td> <td>-12,4%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 10,33 \text{ l/s}$</td> <td>-58,7%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{\text{Ist, mittel}} = 17,17 \text{ l/s}$	-31,3%	$Q_{\text{max.}} = 21,89 \text{ l/s}$	-12,4%	$Q_{\text{min.}} = 10,33 \text{ l/s}$	-58,7%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{\text{Ist, mittel}} = 17,17 \text{ l/s}$	-31,3%												
$Q_{\text{max.}} = 21,89 \text{ l/s}$	-12,4%												
$Q_{\text{min.}} = 10,33 \text{ l/s}$	-58,7%												
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	geringfügiger Austritt von Flüssigkeit aus dem Dämpfer (Tropfenbildung am Kolben)										
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
6	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	<table> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,86 \text{ l/s}$</td> <td>+3,5%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 36,95 \text{ l/s}$</td> <td>+47,8%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 15,17 \text{ l/s}$</td> <td>-39,3%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,86 \text{ l/s}$	+3,5%	$Q_{\text{max.}} = 36,95 \text{ l/s}$	+47,8%	$Q_{\text{min.}} = 15,17 \text{ l/s}$	-39,3%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,86 \text{ l/s}$	+3,5%												
$Q_{\text{max.}} = 36,95 \text{ l/s}$	+47,8%												
$Q_{\text{min.}} = 15,17 \text{ l/s}$	-39,3%												
7	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{\text{zu}} > Q_{\text{Dr}}$); Drosselzustand gereinigt	<table> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{Ist, mittel}} = 38,62 \text{ l/s}$</td> <td>+54,5%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 41,23 \text{ l/s}$</td> <td>+64,9%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 22,96 \text{ l/s}$</td> <td>- 8,2%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{\text{Ist, mittel}} = 38,62 \text{ l/s}$	+54,5%	$Q_{\text{max.}} = 41,23 \text{ l/s}$	+64,9%	$Q_{\text{min.}} = 22,96 \text{ l/s}$	- 8,2%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{\text{Ist, mittel}} = 38,62 \text{ l/s}$	+54,5%												
$Q_{\text{max.}} = 41,23 \text{ l/s}$	+64,9%												
$Q_{\text{min.}} = 22,96 \text{ l/s}$	- 8,2%												
9	Prüfung nach SÜwVO I	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	<table> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{Ist, mittel}} = 22,96 \text{ l/s}$</td> <td>- 8,2%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 27,78 \text{ l/s}$</td> <td>+11,1%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 17,30 \text{ l/s}$</td> <td>-30,8%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{\text{Ist, mittel}} = 22,96 \text{ l/s}$	- 8,2%	$Q_{\text{max.}} = 27,78 \text{ l/s}$	+11,1%	$Q_{\text{min.}} = 17,30 \text{ l/s}$	-30,8%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{\text{Ist, mittel}} = 22,96 \text{ l/s}$	- 8,2%												
$Q_{\text{max.}} = 27,78 \text{ l/s}$	+11,1%												
$Q_{\text{min.}} = 17,30 \text{ l/s}$	-30,8%												
10	Betriebssimulation	Umstellung der Drosselwassermenge Q_{Dr} von 25 auf 15 l/s	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
11	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten										

12	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 15,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 14,95 l/s Q _{max.} = 16,03 l/s Q _{min.} = 14,05 l/s (Mit Nachjustierung)	Abweichungen: - 0,3% +6,9% - 6,3%
13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 15,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 15,15 l/s Q _{max.} = 25,24 Q _{min.} = 13,55 l/s	Abweichungen: +1,0% +68,3% - 9,7%
14	Prüfung nach SÜwVO II	Q_{Soll} = 15,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 15,29 l/s Q _{max.} = 21,68 l/s Q _{min.} = 13,99 l/s	Abweichungen: +2,0% +44,6% - 6,8%
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	geringfügiger Austritt von Flüssigkeit aus dem Dämpfer (Tropfenbildung am Kolben)	
15b		Durchfluss mit SKS, anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 15,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 15,08 l/s Q _{max.} = 21,15 l/s Q _{min.} = 13,91 l/s	Abweichungen: +0,5% +41,0% - 7,3%
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 15,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 17,10 l/s Q _{max.} = 37,01 l/s Q _{min.} = 14,77 l/s	Abweichungen: +14,02% +146,7% - 1,5%
19	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 15,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 16,84 l/s Q _{max.} = 21,58 l/s Q _{min.} = 15,25 l/s	Abweichungen: +12,3% +43,9% +1,7%
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung	Verlegebeseitigungseinrichtung funktioniert; Spüldüse richtet keinen Schaden an.	
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
22	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 15,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 16,15 l/s Q _{max.} = 21,36 l/s Q _{min.} = 14,26 l/s	Abweichungen: +7,7% +42,4% - 5,0%
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	Ohne Auffälligkeiten: Schrauben gelöst und mit Kran aus Schacht heraus gehoben.	
24	Inspektion	Aufnahme IST/Ausbau- Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten	
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff	Keine unerwarteten Auffälligkeiten	
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit, Dokumentation	Beständigkeit der Materialien vorhanden, Herstellerangaben eingehalten	
27	Inspektion	Inaugenscheinnahme zur Bewertung des Allgemeinzustandes durch LK- Mitglieder (Bewertungskreis)	Gebrauchsspuren mit Korrosionsrisiken	

Prüfzeugnis für die Strahl-Drossel Typ I

Warentest – Prüfzeugnis „Drosselorgane“
Strahl-Drossel Typ I
 bgu-Umweltschutzanlagen GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Nicht bewertet
Systemprüfungen (85 %):	Nicht bewertet
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35 %):	5,3
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	3,5
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	3,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35 %):	Nicht bewertet
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebst. II (40 %):	Nicht bewertet
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	Nicht bewertet
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebst. I (20 %):	Nicht bewertet
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	Nicht bewertet
Verlegesicherheit (20 %):	4,0
Gesamtzustand nach Nutzungsdauer (10%)	2,8
Qualitätssicherung (15%)	2,5



Gesamteindruck

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase I mit 25 l/s** erzielt die Drossel ein mangelhaftes Ergebnis (Note 5,3). Die einzelnen Prüfkriterien wurden mit Noten zwischen 3,5 und 6,0 bewertet.

Die **hydraulische Funktionsfähigkeit Phase II mit 10 l/s** wurde nicht bewertet, da nach Aussage des Herstellers die Drossel nicht auf 10 l/s umgestellt werden kann.

Die **Verlegesicherheit** der Drossel wurde mit der Note 4,0 bewertet. Hygieneartikel (ab 3x, nacheinander und zusammen) wurden erkannt und ohne verbleibendes Risiko beseitigt. Bei dem Bohrkern, Halbklinker und den Steinzeugscherben (ab 7,5 x 7,5 cm) kam es zu einer bleibenden Verlegung mit Betriebsrisiken. Alle anderen Störkörper konnten ohne Verlegerisiko beseitigt werden.

Mit Blick auf den **Gesamtzustand nach Nutzungsende** wird das System mit der Note 2,8 bewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 2,5 vergeben. Der Anbieter konnte sechs von neun Kriterien nachweisen (Drossel-Kenndaten, Garantiebereich, Betriebs-, Wartungs- u. Einbauanleitung, Betriebsanweisungen u. Gefährdungsbeurteilungen, Fremdüberwachung und Ex-Schutz).

Zusatzinformationen

- Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ): keine Auffälligkeiten
- Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie: ja / nein
- Aufstellungsart: halbtrocken
- Gewicht der Drossel [kg] / Abmessungen der Drossel L x B x H [m]: ca. 150 / 0,8 x 0,4 x 1,1
- Zeitaufwand für Ein- / Um- / Ausbau [min]: 165 / 10 / 20
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer / Abflussspitze: ja / 60 / 37
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer / Abflusshöhe: nein / - / -
- Kosten (netto) – Drossel / Montage / Umbau [EUR]: 7.620 / inkl. / nicht berechnet

5.5 Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200 (UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH)

Allgemeines

In Tabelle 19 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Turbo-Wirbeldrossel gewählt.

Tabelle 19: Informationen zur Turbo-Wirbeldrossel

UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH (Hersteller)	Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200 (Bezeichnung)	Wirbeldrossel mit Schieber (Typ)	
Abflussbereich:	9-36 l/s		
Funktionsweise:	unterwassergeregelt	Aufstellung:	halbtrocken
Abmessungen L x B x H:	Wirbelkammer: ca. 1,1 x 0,7 x 0,7 m Schieber: ca. 0,3 x 0,3 x 1,6 m	Gewicht:	ca. 110 kg ca. 40 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl
Skizze	Bild	Q(h)-Kennlinie	
<p> a = Ruhelieferung, Trockenwasserfluss b = Regenbetrieb c = Überlast </p>			
Aus gelieferten Produktinformationen des Herstellers	Angelieferte Drossel für das Projekt	Vom Hersteller geliefert	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 20 sind die Testergebnisse für die Turbo- Wirbeldrossel dargestellt.

Tabelle 20: Testergebnisse für die Turbo-Wirbeldrossel

Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
2	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung $> \pm 5\%$ gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 24,81 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,08 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 23,14 \text{ l/s}$ Abweichungen: - 0,8% +4,3% - 7,4% (Ohne Nachjustierung)
3	Prüfung auf Betriebs-tauglichkeit I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 27,03 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 36,90 \text{ l/s}$ (Spülstoß bei Einstauvorgang) $Q_{\text{min.}} = 23,65 \text{ l/s}$ Abweichungen: + 8,1% +47,6% - 5,4%
4	Prüfung nach SÜWVO II	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 28,39 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 74,0 \text{ l/s}$ (noch nicht abgeklungene Anlaufwelle) $Q_{\text{min.}} = 24,45 \text{ l/s}$ Abweichungen: +13,6% 196,0% - 2,2%
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
6	Prüfung auf Betriebs-tauglichkeit II	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 25,33 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 34,60 \text{ l/s}$ (noch nicht abgeklungene Anlaufwelle) $Q_{\text{min.}} = 22,79 \text{ l/s}$ Abweichungen: +1,3% +38,4% - 8,8%
7	Betriebs-beanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 26,11 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 35,47 \text{ l/s}$ (Spülstoß bei Einstauvorgang) $Q_{\text{min.}} = 22,38 \text{ l/s}$ Abweichungen: + 4,5% +41,9% -10,5%
9	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 24,53 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,97 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 20,90 \text{ l/s}$ Abweichungen: - 1,9% +7,9% -16,4%
10	Betriebssimulation	Umstellung der Drosselwassermenge Q_{Dr} von 25 auf 10 l/s	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
11	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten

12	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,84 l/s Q _{max.} = 11,80 l/s Q _{min.} = 10,34 l/s (Ohne Nachjustierung)	Abweichungen: +8,4% +18,0% - 3,4%
13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,24 l/s Q _{max.} = 16,14 l/s (Spülstoß bei Einstauvorgang) Q _{min.} = 10,34 l/s	Abweichungen: +12,4% +61,4% +4,27%
14	Prüfung nach SÜwVO II	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,88 l/s Q _{max.} = 12,64 l/s (noch nicht abgeklungene Anlaufwelle) Q _{min.} = 10,51 l/s	Abweichungen: +8,8% +26,4% +5,1%
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
15b		Durchfluss mit SKS, anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,91 l/s Q _{max.} = 11,83 l/s Q _{min.} = 9,93 l/s	Abweichungen: +9,1% +18,3% - 0,7%
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,44 l/s Q _{max.} = 17,10 l/s (Spülstoß bei Einstauvorgang) Q _{min.} = 10,42 l/s	Abweichungen: +14,4% +71,0% +4,2%
19	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,01 l/s Q _{max.} = 12,0 l/s Q _{min.} = 10,26 l/s	Abweichungen: +10,1% +19,9% +2,6%
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung	Verlegebeseitigungseinrichtung funktioniert; Spüldüse richtet keinen Schaden an.	
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
22	Prüfung nach SÜwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,06 l/s Q _{max.} = 11,96 l/s Q _{min.} = 10,61 l/s	Abweichungen: +10,6% +19,6% +6,1%
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	Ohne Auffälligkeiten: Schrauben gelöst und mit Kran aus Schacht heraus gehoben.	
24	Inspektion	Aufnahme IST/Ausbau- Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten	
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff	Keine unerwarteten Auffälligkeiten	
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit, Dokumentation	Beständigkeit der Materialien vorhanden, Herstellerangaben eingehalten	
27	Inspektion	Inaugenscheinnahme zur Bewertung des Allgemeinzustandes durch LK- Mitglieder (Bewertungskreis)	Keine nennenswerten Gebrauchsspuren	

Prüfzeugnis für die Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200

Warentest – Prüfzeugnis „Drosselorgane“
Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200
 UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Befriedigend (3,5)
Systemprüfungen (85 %):	3,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35 %):	4,7
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	5,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO II (30 %):	5,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	5,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO I (10 %):	1,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35 %):	4,0
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	3,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO II (30 %):	5,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	5,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO I (10 %):	3,0
Verlegesicherheit (20 %):	2,0
Gesamtzustand nach Nutzungsdauer (10%)	1,2
Qualitätssicherung (15%)	3,0



Gesamteindruck

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase I mit 25 l/s** erzielt die Drossel ein mangelhaftes Ergebnis (Note 4,7). Bis auf die SüwVO I-Prüfung (Note 1,5) werden alle anderen Prüfungen mit der Note 5,0 bewertet. Dies ist insbesondere auf das in den relevanten Messbereich hineinwirkende träge Systemverhalten (vgl. Spülstoß > 2 D_{Dr} und Anlaufwelle) zurückzuführen.

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase II mit 10 l/s** erzielt die Drossel ein ausreichendes Ergebnis (Note 4,0). Die einzelnen Prüfkriterien wurden mit Noten zwischen 3,0 und 5,0 bewertet.

Die **Verlegesicherheit** der Drossel wurde mit der Note 2,0 bewertet. Bei dem Bohrkern und Halbklinker kam es zu einer bleibenden Verlegung mit Betriebsrisiken. Alle anderen Störkörper konnten ohne Verlegerisiko beseitigt werden.

Mit Blick auf den **Gesamtzustand nach Nutzungsende** wird das System mit der Note 1,2 bewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 3,0 vergeben. Der Anbieter konnte fünf von neun Kriterien nachweisen (Drossel-Kenndaten, Garantiebereich, Betriebs, Wartungs- u. Einbauanleitung, Eigenüberwachung und Ex-Schutz).

Zusatzinformationen

- Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ): keine Auffälligkeiten
- Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie: ja / nein
- Aufstellungsart: halbtrocken
- Gewicht der Drossel [kg] / Abmessungen der Drossel L x B x H [m]: ca. 140 / Wirbelkammer: 1,1 x 0,7 x 0,7; Schieber: 0,3 x 0,3 x 1,6
- Zeitaufwand für Ein- / Um- und Ausbau [min]: 100 / 60 / 20
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer / Abflussspitze: ja / 240 / 36
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer / Abflusshöhe: ja / 90 / 74
- Kosten (netto) – Drossel / Montage / Umbau [EUR]: 9.819 / 796 / 689

5.6 Alpheus Abflussbegrenzer Automatik Typ AA (Biogest AG)

Allgemeines

In Tabelle 21 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Alpheus Automatik gewählt.

Tabelle 21: Informationen zum Alpheus Automatik

Biogest AG (Hersteller)	Alpheus Abflussbegrenzer Automatik Typ AA (Bezeichnung)		Schwimmer-Schieber (Typ)
Abflussbereich:	10-48 l/s		
Funktionsweise:	oberwassergesteuert	Aufstellung:	nass
Abmessungen L x B x H:	ca. 0,9 x 0,4 x 2,0 m	Gewicht:	ca. 120 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl
Skizze	Bild	Q(h)-Kennlinie	
Aus gelieferten Produktunterlagen des Herstellers	Angelieferte Drossel für das Projekt	Aus gelieferten Produktunterlagen des Herstellers	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 22 sind die Testergebnisse für den Alpheus Automatik dargestellt.

Tabelle 22: Testergebnisse für den Alpheus Automatik

Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis										
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten										
2	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren); Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,15 \text{ l/s}$</td> <td>-11,4%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 27,74 \text{ l/s}$</td> <td>+11,0%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 17,38 \text{ l/s}$</td> <td>-30,5%</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">(Mit Nachjustierung)</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,15 \text{ l/s}$	-11,4%	$Q_{\text{max.}} = 27,74 \text{ l/s}$	+11,0%	$Q_{\text{min.}} = 17,38 \text{ l/s}$	-30,5%	(Mit Nachjustierung)	
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,15 \text{ l/s}$	-11,4%												
$Q_{\text{max.}} = 27,74 \text{ l/s}$	+11,0%												
$Q_{\text{min.}} = 17,38 \text{ l/s}$	-30,5%												
(Mit Nachjustierung)													
3	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 23,64 \text{ l/s}$</td> <td>- 5,4%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 28,88 \text{ l/s}$</td> <td>+15,5%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 17,27 \text{ l/s}$</td> <td>- 30,9%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 23,64 \text{ l/s}$	- 5,4%	$Q_{\text{max.}} = 28,88 \text{ l/s}$	+15,5%	$Q_{\text{min.}} = 17,27 \text{ l/s}$	- 30,9%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 23,64 \text{ l/s}$	- 5,4%												
$Q_{\text{max.}} = 28,88 \text{ l/s}$	+15,5%												
$Q_{\text{min.}} = 17,27 \text{ l/s}$	- 30,9%												
4	Prüfung nach SÜWVO II	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 21,13 \text{ l/s}$</td> <td>-15,5%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 26,64 \text{ l/s}$</td> <td>+6,6%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 15,73 \text{ l/s}$</td> <td>-37,1%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 21,13 \text{ l/s}$	-15,5%	$Q_{\text{max.}} = 26,64 \text{ l/s}$	+6,6%	$Q_{\text{min.}} = 15,73 \text{ l/s}$	-37,1%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 21,13 \text{ l/s}$	-15,5%												
$Q_{\text{max.}} = 26,64 \text{ l/s}$	+6,6%												
$Q_{\text{min.}} = 15,73 \text{ l/s}$	-37,1%												
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
6	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,24 \text{ l/s}$</td> <td>-11,0%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 32,43 \text{ l/s}$</td> <td>+29,7%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 11,59 \text{ l/s}$</td> <td>-53,7%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,24 \text{ l/s}$	-11,0%	$Q_{\text{max.}} = 32,43 \text{ l/s}$	+29,7%	$Q_{\text{min.}} = 11,59 \text{ l/s}$	-53,7%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,24 \text{ l/s}$	-11,0%												
$Q_{\text{max.}} = 32,43 \text{ l/s}$	+29,7%												
$Q_{\text{min.}} = 11,59 \text{ l/s}$	-53,7%												
7	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 26,81 \text{ l/s}$</td> <td>+7,2%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 36,39 \text{ l/s}$</td> <td>+45,6%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 12,63 \text{ l/s}$</td> <td>-49,5%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 26,81 \text{ l/s}$	+7,2%	$Q_{\text{max.}} = 36,39 \text{ l/s}$	+45,6%	$Q_{\text{min.}} = 12,63 \text{ l/s}$	-49,5%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 26,81 \text{ l/s}$	+7,2%												
$Q_{\text{max.}} = 36,39 \text{ l/s}$	+45,6%												
$Q_{\text{min.}} = 12,63 \text{ l/s}$	-49,5%												
9	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 24,96 \text{ l/s}$</td> <td>- 0,2%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 37,13 \text{ l/s}$</td> <td>+48,5%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 12,91 \text{ l/s}$</td> <td>-48,4%</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 24,96 \text{ l/s}$	- 0,2%	$Q_{\text{max.}} = 37,13 \text{ l/s}$	+48,5%	$Q_{\text{min.}} = 12,91 \text{ l/s}$	-48,4%		
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 24,96 \text{ l/s}$	- 0,2%												
$Q_{\text{max.}} = 37,13 \text{ l/s}$	+48,5%												
$Q_{\text{min.}} = 12,91 \text{ l/s}$	-48,4%												
10	Betriebssimulation	Umstellung der Drosselwassermenge Q_{Dr} von 25 auf 10 l/s	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten										
11	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten										
12	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{Soll} = 10,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>$Q_{Ist, \text{mittel}} = 9,14 \text{ l/s}$</td> <td>- 8,6%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{max.}} = 12,52 \text{ l/s}$</td> <td>+25,2%</td> </tr> <tr> <td>$Q_{\text{min.}} = 6,63 \text{ l/s}$</td> <td>-33,8%</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">(Mit Nachjustierung)</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	$Q_{Ist, \text{mittel}} = 9,14 \text{ l/s}$	- 8,6%	$Q_{\text{max.}} = 12,52 \text{ l/s}$	+25,2%	$Q_{\text{min.}} = 6,63 \text{ l/s}$	-33,8%	(Mit Nachjustierung)	
Messwerte:	Abweichungen:												
$Q_{Ist, \text{mittel}} = 9,14 \text{ l/s}$	- 8,6%												
$Q_{\text{max.}} = 12,52 \text{ l/s}$	+25,2%												
$Q_{\text{min.}} = 6,63 \text{ l/s}$	-33,8%												
(Mit Nachjustierung)													

13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,34 l/s Q _{max.} = 15,16 l/s Q _{min.} = 6,65 l/s	Abweichungen: +3,4% +51,6% -33,5%
14	Prüfung nach SüwVO II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 6,59 l/s Q _{max.} = 12,01 l/s Q _{min.} = 4,68 l/s	Abweichungen: -34,1% +20,1% -53,2%
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
15b		Durchfluss mit SKS, anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 11,66 l/s Q _{max.} = 16,05 l/s Q _{min.} = 6,69 l/s	Abweichungen: +16,6% +60,5% -33,1%
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 16,42 l/s Q _{max.} = 22,66 l/s Q _{min.} = 8,52 l/s	Abweichungen: +64,2% +126,6% -14,8%
19	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 12,73 l/s Q _{max.} = 17,68 l/s Q _{min.} = 6,81 l/s	Abweichungen: +27,3% +76,8% -31,9%
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung	Verlegebeseitigungseinrichtung funktioniert; Spüldüse richtet keinen Schaden an.	
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
22	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 13,04 l/s Q _{max.} = 17,99 l/s Q _{min.} = 7,13 l/s	Abweichungen: +30,4% +79,9% -28,7%
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	Ohne Auffälligkeiten: Schrauben gelöst und mit Kran aus Schacht heraus gehoben.	
24	Inspektion	Aufnahme IST/Ausbau-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten; geringfügig erschwerten Ausbau, da Teile des Gerinneblechs an das Schachtgerinne anbetoniert wurden	
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff	Keine unerwarteten Auffälligkeiten	
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit, Dokumentation	Beständigkeit der Materialien vorhanden, Herstellerangaben eingehalten	
27	Inspektion	Inaugenscheinnahme zur Bewertung des Allgemeinzustandes durch LK-Mitglieder (Bewertungskreis)	Keine nennenswerten Gebrauchsspuren	

Prüfzeugnis für den Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik

Warentest – Prüfzeugnis „Drosselorgane“
Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik
 BIOGEST AG

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Mangelhaft (5,0)
Systemprüfungen (85 %):	5,1
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	6,0
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	6,0
Verlegesicherheit (20 %):	4,0
Gesamtzustand nach Nutzungsdauer (10%)	1,3
Qualitätssicherung (15%)	4,0



Gesamteindruck

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase I mit 25 l/s** erzielt die Drossel ein ungenügendes Ergebnis (Note 6). Die einzelnen Prüfkriterien wurden jeweils mit der Note 6,0 bewertet.

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase II mit 10 l/s** erzielt die Drossel ein ungenügendes Ergebnis (Note 6). Die einzelnen Prüfkriterien wurden jeweils mit der Note 6,0 bewertet.

Die **Verlegesicherheit** der Drossel wurde mit der Note 4,0 bewertet. Bei den Holzstäben, Steinzeugscherben, bei dem Halbklinker und Bohrkern konnte kein Verlegerisiko festgestellt werden. Allerdings zeigten sich jeweils ab 2x Hygieneartikel (nacheinander und zusammen) Auffälligkeiten in Form einer Verlegebeseitigung. Ab 4x Hygieneartikel (nacheinander und zusammen) kam es zu einer bleibenden Verlegung mit Betriebsrisiken.

Mit Blick auf den **Gesamtzustand nach Nutzungsende** wird das System mit der Note 1,3 bewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 4,0 vergeben. Der Hersteller konnte drei von neun Kriterien nachweisen (Drossel-Kenndaten, Betriebs, Wartungs- u. Einbauanleitung und Ex-Schutz).

Zusatzinformationen

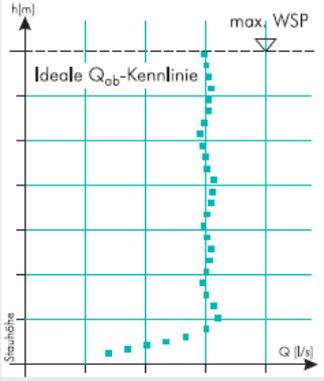
- Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ): keine Auffälligkeiten
- Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie: ja / nein
- Aufstellungsart: nass
- Gewicht der Drossel [kg] / Abmessungen der Drossel L x B x H [m]: ca. 120 / 0,9 x 0,4 x 2,0
- Zeitaufwand für Ein- / Um- / Ausbau [min]: 140 / 100 / 20
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer / Abflussspitze: ja / 120 / 18
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer / Abflusshöhe: nein / - / -
- Kosten (netto) [EUR] – Drossel / Montage / Umbau: 6.581 / 680 / 1.080

5.7 HydroSlide Automatikregler Giehlmatic DR 200/150 (Steinhardt GmbH Wassertechnik)

Allgemeines

In Tabelle 23 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise HydroSlide Giehlmatic gewählt.

Tabelle 23: Informationen zum HydroSlide Giehlmatic

Steinhardt GmbH Wassertechnik (Hersteller)	HydroSlide Automatikregler Giehlmatic DR 200/150 (Bezeichnung)	Schwimmer-Schieber (Typ)	
Abflussbereich:	10-25 l/s		
Funktionsweise:	oberwassergesteuert	Aufstellung:	nass
Abmessungen L x B x H:	ca. 0,7 x 0,9 x 1,5 m	Gewicht:	ca. 110 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl
Skizze	Bild	Q(h)-Kennlinie	
Abbildung nicht verfügbar	 <p>Angelieferte Drossel für das Projekt</p>	 <p>Aus gelieferten Produktunterlagen des Herstellers</p>	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 24 sind die Testergebnisse für den HydroSlide Giehlmatic dargestellt.

Tabelle 24: Testergebnisse für den HydroSlide Giehlmatic

Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
2	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung > ± 5% gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 26,14 l/s Q _{max.} = 28,86 l/s Q _{min.} = 22,03 l/s Abweichungen: +4,6% +15,4% -11,9% (Mit Nachjustierung)
3	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,20 l/s Q _{max.} = 28,32 l/s Q _{min.} = 22,90 l/s Abweichungen: -+0,8% +13,3% - 8,4%
4	Prüfung nach SÜWVO II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 24,68 l/s Q _{max.} = 26,42 l/s Q _{min.} = 23,06 l/s Abweichungen: - 1,3% +5,7% - 7,8%
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
6	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,16 l/s Q _{max.} = 27,05 l/s Q _{min.} = 23,42 l/s Abweichungen: +0,6% +8,2% - 6,3%
7	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , Einstau hydraulisch mit Klarwasser (Q _{Zu} > Q _{Dr}); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,53 l/s Q _{max.} = 29,84 l/s Q _{min.} = 22,37 l/s Abweichungen: +2,1% +19,3% -10,5%
9	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 24,51 l/s Q _{max.} = 27,57 l/s Q _{min.} = 22,08 l/s Abweichungen: - 2,0% +10,3% -11,7%
10	Betriebssimulation	Umstellung der Drosselwassermenge Q _{Dr} von 25 auf 10 l/s	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten
11	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten
12	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 10,28 l/s Q _{max.} = 10,92 l/s Q _{min.} = 9,76 l/s Abweichungen: +2,8% +9,2% - 2,4% (Mit Nachjustierung)

13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q_{Ist, mittel} = 10,19 l/s Q_{max.} = 10,85 l/s Q_{min.} = 8,13 l/s	Abweichungen: +1,9% +8,5% -18,7%
14	Prüfung nach SüwVO II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q_{Ist, mittel} = 10,21 l/s Q_{max.} = 10,60 l/s Q_{min.} = 9,46 l/s	Abweichungen: +2,2% +6,0% - 5,4%
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanisch, Drosselzustand ungereinigt	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
15b		Durchfluss mit SKS, anschließend Trocknung	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q_{Ist, mittel} = 10,26 l/s Q_{max.} = 11,57 l/s Q_{min.} = 8,90 l/s	Abweichungen: +2,6% +15,7% -11,0%
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q_{Ist, mittel} = 11,08 l/s Q_{max.} = 11,54 l/s Q_{min.} = 10,41 l/s	Abweichungen: +10,8% +15,4% +4,1%
19	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q_{Ist, mittel} = 11,01 l/s Q_{max.} = 11,55 l/s Q_{min.} = 10,22 l/s	Abweichungen: +10,1% +15,5% +2,2%
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung	Verlegebeseitigungseinrichtung funktioniert; Spüldüse richtet keinen Schaden an.	
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel	ohne visuell erkennbare Auffälligkeiten	
22	Prüfung nach SüwVO I	Q_{Soll} = 10,00 l/s, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q_{Ist, mittel} = 9,81 l/s Q_{max.} = 11,19 l/s Q_{min.} = 8,93 l/s	Abweichungen: - 1,9% +11,9% -10,7%
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	Ohne Auffälligkeiten: Schrauben gelöst und mit Kran aus Schacht heraus gehoben.	
24	Inspektion	Aufnahme IST/Ausbau-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Funktionskontrolle bestanden, keine Auffälligkeiten; geringfügig erschwerte Ausbau, da Teile des Gerinneblechs an das Schachtgerinne bzw. die Bermen anbetoniert wurden	
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff	Keine unerwarteten Auffälligkeiten	
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit, Dokumentation	Beständigkeit der Materialien vorhanden, Herstellerangaben eingehalten	
27	Inspektion	Inaugenscheinnahme zur Bewertung des Allgemeinzustandes durch LK-Mitglieder (Bewertungskreis)	Keine nennenswerten Gebrauchsspuren	

Prüfzeugnis für den HydroSlide Automatikregler Giehlmatic

Warentest – Prüfzeugnis „Drosselorgane“
HydroSlide Automatikregler Giehlmatic
Steinhardt GmbH Wassertechnik

TESTERGEBNIS	
IKT - Gesamturteil:	Gut (2,1)
Systemprüfungen (85 %):	1,8
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35 %):	1,3
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	1,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	1,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	2,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	1,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35 %):	1,8
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II (40 %):	2,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO II (30 %):	1,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I (20 %):	2,5
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SÜwVO I (10 %):	2,2
Verlegesicherheit (20 %):	3,0
Gesamtzustand nach Nutzungsdauer (10%)	1,2
Qualitätssicherung (15%)	3,5



Gesamteindruck

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase I mit 25 l/s** erzielt die Drossel ein sehr gutes Ergebnis (Note 1,3). Die einzelnen Prüfkriterien wurden mit Noten zwischen 1,0 und 2,0 bewertet.

Bei der **hydraulischen Funktionsfähigkeit Phase II mit 10 l/s** erzielt die Drossel ein gutes Ergebnis (Note 1,8). Die einzelnen Prüfkriterien wurden mit Noten zwischen 1,0 und 2,5 bewertet.

Die **Verlegesicherheit** der Drossel wurde mit der Note 3,0 bewertet. Bei den Holzstäben, Steinzeugscherben, bei dem Halbklinker und Bohrkern konnte kein Verlegerisiko festgestellt werden. Allerdings zeigten sich bei allen Hygieneartikeln (nacheinander und zusammen) Auffälligkeiten in Form einer Verlegebeseitigung.

Mit Blick auf den **Gesamtzustand nach Nutzungsende** wird das System mit der Note 1,2 bewertet.

Bei der **Qualitätssicherung** wird die Note 3,5 vergeben. Der Anbieter konnte vier von neun Kriterien nachweisen (Drossel-Kenndaten, Garantiebereich, Betriebs, Wartungs- u. Einbauanleitung und Fremdüberwachung).

Zusatzinformationen

- Baustellenbeobachtungen (Labor, in situ): keine Auffälligkeiten
- Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie: ja / nein
- Aufstellungsart: nass
- Gewicht der Drossel [kg] / Abmessungen der Drossel L x B x H [m]: ca. 170 / 0,7 x 0,9 x 1,5
- Zeitaufwand für Ein- / Um- / Ausbau [min]: 85 / 180 / 20
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer / Abflussspitze: nein / - / -
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer / Abflusshöhe: nein / - / -
- Kosten (netto) – Drossel / Montage / Umbau [EUR]: 7.490 / 1.000 / 1.450

5.8 Testtabelle IKT-Warentest „Drosselorgane“

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der „Systemprüfungen“ und „Qualitätssicherung“ und die gebildeten Prüfurteile zusammen. Zudem wurden als Zusatzinformationen das Vorhandensein beweglicher Teile, der Bedarf an Fremdenergie, die Aufstellungsart, das Gewicht der Drossel, die Abmessungen der Drossel, das Vorhandensein eines Spülstoßes mit Zeitdauer sowie Abflussspitze, das Vorhandensein einer Anlaufwelle mit Zeitdauer sowie Abflusshöhe, der Zeitaufwand für Ein-/ Um-/ Ausbau und die Netto-Kosten für Drossel/ Montage/ Umbau angegeben.

Das Gesamtergebnis des IKT-Warentests „Drosselorgane“ zeigt, dass die Qualität und Robustheit zwischen den einzelnen Drosselorganen stark variieren kann.

Lediglich ein Drosselorgan (**HydroSlide Giehlmatic**) zeigte über alle hydraulischen Prüfungen sowie zusätzlichen Anforderungen des Testprogramms (Verlegesicherheit, Gesamtzustand, Qualitätssicherung) gute Leistungen, um auch unter langfristigen Beanspruchungen vergleichsweise betriebssicher zu sein. Alle weiteren Produkte wiesen diesbezüglich mehr oder weniger Unzulänglichkeiten auf:

Während das zweitplatzierte Drosselorgan (**APA-SSD 200**) nach Einbau mit „Werkseinstellungen“ gut und zuverlässig arbeitete und die geforderten Drosselabflüsse einhielt, fiel die Genauigkeit der Drosselung nach Umstellung des Drosselabflusses deutlich über sämtliche Prüfungsarten ab. Inwieweit hier die Umstellung des Drosselabflusses und/oder Verschleißerscheinungen maßgeblich waren, bleibt offen. Erfolgt im Umkehrschluss allerdings keine Umstellung des Drosselabflusses mit Veränderungen an der „Hardware“, ist unter langfristigen Betriebsbedingungen ggf. ein besseres Ergebnis bzw. Abflussverhalten zu erwarten. Mit Blick auf die Anforderungen „Gesamtzustand“ und „Qualitätssicherung“ konnte das Drosselorgan ein gutes Ergebnis erzielen, lediglich die „Verlegesicherheit“ war in Abhängigkeit der Störkörperart reduziert, so dass hier nur ein ausreichendes Resultat vorlag.

Wesentlicher Grund für die Abwertung der **Waage-Drossel** war das unzuverlässige Drosseln des Abflusses bei der wichtigsten bzw. höchstgewichteten Prüfungsart im Test: synthetisches Schmutzwasser trifft auf ungereinigtes Drosselorgan (sog. Betriebstauglichkeits II-Prüfung). Hier konnte das Produkt nicht überzeugen. Allerdings war in den Prüfungen mit synthetischem Schmutzwasser in gereinigtem Drosselzustand (sog. SüwVO II-Prüfung) ein deutlich besseres Ergebnis erzielt worden. Hier soll an dieser Stelle unterstrichen werden, wie wichtig bei diesem Drosseltyp die regelmäßige Reinigung und Funktionskontrolle ist, um die hydraulische Funktionsfähigkeit des Organs auch unter langfristigen Betriebsbedingungen sicher zu stellen. Die Testergebnisse zum „Gesamtzustand“ und zur „Qualitätssicherung“ sind mit gut bewertet worden, die „Verlegesicherheit“ hingegen nur mit einem ausreichenden Ergebnis.

Im Gegensatz zu den vorab genannten Drosselorganen brauchte die **Turbo-Wirbeldrossel** unabhängig von der hydraulischen Prüfungsart und Beaufschlagung vielfach zu lange, den geforderten Soll-Drosselabfluss einzustellen. Somit erlaubte das im Warentest von dem Projektlenkungskreis zugrunde gelegte Bewertungsschema

keine bessere Benotung. Sofern der Hersteller das Ansprechverhalten der Regelung beschleunigen kann, ist von besseren (Test-)Ergebnissen im Rahmen von Warentest-Prüfungen, aber auch unter langfristigen Betriebsbedingungen auszugehen. Die weiteren Testkriterien „Gesamtzustand“, „Verlegesicherheit“ und „Qualitätssicherung“ erzielten sehr gute bis befriedigende Noten, die in der Summe sogar besser als die des Testsiegers sind.

Der **Alpheus Automatik** konnte unabhängig von der Prüfungsart in keinem Fall ein erfolgreiches Testresultat vorweisen. Mit dem hier getesteten Gerät wurden die gestellten Testvorgaben bzw. Anforderungen an den Drosselabfluss auch mit Klarwasser in gereinigtem Zustand ebenso verfehlt wie mit synthetischem Schmutzwasser in ungereinigtem Zustand. Darüber hinaus konnten auch die Testkriterien „Verlegesicherheit“ und „Qualitätssicherung“ nur ausreichende Resultate erzielen, lediglich der „Gesamtzustand“ wurde mit einem sehr guten Ergebnis benotet.

Ein Drosselorgan wurde nicht bewertet (**Strahl-Drossel**), da dieses nach Aussage des Herstellers nicht auf 10 l/s umgestellt werden kann. Allerdings wurde das Prüfprogramm (mit 25 l/s und 15 l/s) ohne Gesamtbenotung auch von diesem Produkt durchlaufen mit dem Ergebnis, dass alle Prüfungen mit synthetischem Schmutzwasser die Drosselmechanik einschränkten oder gar blockierten. Somit konnte das Drosselorgan keine der geforderten Soll-Abflüsse nach einer Beaufschlagung mit Schmutzwasser einstellen. Lediglich die in der Prüfreihefolge zuerst anstehenden Klarwasserversuche konnten akzeptable Drosselabflüsse liefern, auch nach Umstellung des Drosselabflusses auf 15 l/s. An dieser Stelle muss somit die Eignung dieses Drosselorgans für Einsatzbereiche analog zu den Testprüfungen/-bedingungen kritisch hinterfragt werden. Auch die in diesem Fall benoteten Kriterien „Qualitätssicherung“, „Gesamtzustand“ und „Verlegesicherheit“ lagen in einem Bereich zwischen gut und ausreichend.

Im Einzelnen wurden folgende Gesamtnoten erzielt:

Es wurden Noten von „GUT“ bis „MANGELHAFT“ vergeben. Das beste Ergebnis hat das Drosselorgan „HydroSlide Automatikregler Giehlmatic“ mit der Note GUT (2,1) erzielt, gefolgt von den Drosselorganen „APA-SSD 200 Typ II“ und „Waage-Drossel Typ II“ mit jeweils der Note BEFRIEDIGEND (3,3). Das Drosselorgan „Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200“ erhält ebenfalls die Note BEFRIEDIGEND (3,5). Ein mangelhaftes Ergebnis (Note 5,0) erzielte das Drosselorgan „Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik“. Das Drosselorgan „Strahl-Drossel Typ I“ wurde nicht bewertet, da diese Drossel nach Aussage des Herstellers nicht auf 10 l/s umgestellt werden kann.

IKT - Warentest „Drosselorgane“

Testaufgabe: Simulation eines 25-jährigen Lebenszyklus von Drosselorganen

Drosselorgane		HydroSlide Automatik-regler Giehlmatic	APA-SSD 200 Typ II	Waage-Drossel Typ II	Turbo-Wirbel-drossel TUR 3,3 DN 200	Alpheus-Abfluss-begrenzer Typ Automatik	Strahl-Drossel Typ I
Anbieter		Steinhardt GmbH Wassertechnik	APA Abwassertechnik GmbH	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH	UFT Umwelt- u. Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH	BIOGEST AG	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH
IKT - Prüfurteil*		GUT 2,1	BEFRIEDIGEND 3,3	BEFRIEDIGEND 3,3	BEFRIEDIGEND 3,5	MANGELHAFT 5,0	NICHT BEWERTET**
Systemprüfungen	85%	gut 1,8	befriedigend 3,5	befriedigend 3,5	befriedigend 3,5	mangelhaft 5,1	nicht bewertet
Hydraulische Funktionsfähigkeit bei 25 l/s	35%	1,3	1,9	3,4	4,7	6,0	5,3
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II	40%	1,0	2,0	6,0	5,0	6,0	6,0
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO II	30%	1,0	2,0	2,0	5,0	6,0	6,0
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I	20%	2,0	1,5	1,5	5,0	6,0	3,5
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO I ¹	10%	1,5	1,5	1,0	1,5	6,0	3,5
Hydraulische Funktionsfähigkeit bei 10 l/s	35%	1,8	5,4	3,6	4,0	6,0	nicht bewertet
mit Schmutzwasser, Drossel ungereinigt: Fall Betriebstauglichkeit II	40%	2,0	6,0	6,0	3,0	6,0	nicht bewertet
mit Schmutzwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO II	30%	1,0	6,0	1,0	5,0	6,0	nicht bewertet
mit Klarwasser, Drossel gereinigt, mit Einstau: Fall Betriebstauglichkeit I	20%	2,5	5,0	3,5	5,0	6,0	nicht bewertet
mit Klarwasser, Drossel gereinigt: Fall SüwVO I ²	10%	2,2	2,0	2,0	3,0	6,0	nicht bewertet
Verlegesicherheit³	20%	3,0	4,0	4,0	2,0	4,0	4,0
Zustand nach Nutzungsende⁴	10%	1,2	2,0	2,0	1,2	1,3	2,8
Qualitätssicherung⁵	15%	befriedigend 3,5	gut 2,0	gut 2,5	befriedigend 3,0	ausreichend 4,0	gut 2,5
Drossel-Kenndaten / Garantiebereich angegeben	je 10%	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +	+ / -	+ / +
Betriebs-, Wartungs- u. Einbauanleitung	10%	+	o	+	+	+	+
Betriebsanweisungen u. Gefährdungsbeurteilungen	10%	-	-	+	-	-	+
Schulungsangebot / Qualifikationsnachweis	je 10%	- / -	- / +	- / -	- / -	- / -	- / -
Eigenüberwachung / Fremdüberwachung	je 10%	- / +	+ / +	- / +	+ / -	- / -	- / +
Nachweis des Ex-Schutzes	10%	-	+	+	+	+	+
Besondere Auffälligkeiten	10%	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)	keine Auffälligkeiten (+)
Zusatzinformationen (nicht Teil der Benotung):							
Vorhandensein beweglicher Teile / Bedarf an Fremdenergie		ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein	ja / nein
Aufstellungsart		nass	halbtrocken	halbtrocken	halbtrocken	nass	halbtrocken
Gewicht [kg] / Abmessungen [m]		170 / 0,7 x 0,9 x 1,5	430 / 1,7 x 0,9 x 1,4	170 / 1,6 x 0,5 x 1,0	140 / 1,1 x 0,7 x 0,7; 0,3 x 0,3 x 1,6 ⁶	120 / 0,9 x 0,4 x 0,2	150 / 0,8 x 0,4 x 1,1
Spülstoß: vorhanden / Dauer [s] / Abflussspitze [l/s]		nein / - / -	ja / 30 / 13	nein / - / -	ja / 240 / 36	ja / 120 / 18	ja / 60 / 37
Anlaufwelle: vorhanden / Dauer [s] / Abflussspitze [l/s]		nein / - / -	ja / 90 / 13	nein / - / -	ja / 90 / 74	nein / - / -	nein / - / -
Zeitaufwand für Ein-/ Um-/ Ausbau [min]		85 / 180 / 20	95 / 240 / 20	95 / 5 / 20	100 / 60 / 20	140 / 100 / 20	165 / 10 / 20
Kosten: Anschaffung / Montage / Umbau (ohne MwSt.) [EUR]		7.490 / 1.000 / 1.450	7.550 / 1.450 / 1.450	7.460 / inklusive / k.A.	9.819 / 796 / 689	6.581 / 680 / 1.080	7.620 / inklusive / k.A.

*Notenberechnung auf Basis ungerundeter Werte **Nicht bewertet, da diese Drossel nach Aussage des Herstellers nicht auf 10 l/s umgestellt werden kann.

- Zwei Prüfdurchläufe.
- Drei Prüfdurchläufe, im letzten Durchlauf mit Anprallversuch (Reinigungsdüse und Störkörper).
- Fähigkeit der Drosselorgane zur selbstständigen Beseitigung von Störkörpern.
- Bewertung von Funktionsfähigkeit und Korrosionsrisiko nach Inaugenscheinnahme durch die Lenkungskreis-Mitglieder.
- Bewertung: „+“ = nachgewiesen, „o“ = teilweise nachgewiesen, „-“ = nicht nachgewiesen.
- Drossel besteht aus zwei Einzelteilen (Wirbelkammer und Schieber).

Bewertungsschlüssel der Prüfergebnisse: Sehr Gut = 1,0 - 1,5. Gut = 1,6 - 2,5. Befriedigend = 2,6 - 3,5. Ausreichend = 3,6 - 4,5. Mangelhaft = 4,6 - 5,5. Ungenügend = 5,6 - 6,0

Belastungen und Prüfungen

- Betriebssimulation: mechanische Belastung beweglicher Teile und Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser
- Betriebsbeanspruchung: Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck, Anprall von Störkörpern und Korrosionsangriff mit FeCl₃-Lösung
- Prüfung der hydraulischen Funktionsfähigkeit: mit Schmutzwasser, mit Klarwasser im Drosselzustand gereinigt und ungereinigt

6 Schlussfolgerungen

Drosseleinrichtungen sind ein wichtiger Bestandteil von Kanalnetzen bzw. Mischwasserbehandlungsanlagen und dienen dazu, insbesondere die aus Regenbecken und Stauraumkanälen zur Kläranlage weiter geleiteten Abflüsse zu begrenzen. Überprüfungen von Drosseleinrichtungen im Rahmen von Kalibrierprüfungen gemäß SÜwVO Abw [1] zeigten allerdings, dass insbesondere hydromechanische Drosselorgane mit beweglichen Teilen in halbtrockener Aufstellung oder in Nassaufstellung unplanmäßige und i.d.R. nicht genehmigte Drosselabflüsse weiter leiten können.

Wesentliches Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften von marktgängigen, hydromechanischen Drosseleinrichtungen zu liefern und mit Blick auf Planung, Einbau, Wartung und Betrieb wichtige Erkenntnisse zu gewinnen. Diese sind im Langbericht zum Vorhaben detailliert sowie in der vorliegenden Kurzfassung als Handlungsempfehlungen zusammengefasst dargestellt.

In diesem Kontext stehen insbesondere die Ergebnisse des Warentests im Vordergrund und zeigen die Stärken und Schwächen der von den projektbeteiligten Netzbetreibern ausgewählten Drosselorgane. Für den IKT-Warentest „Drosselorgane“ wurden vier Produkte für die halbtrockene (Nr. 1 bis 4) und zwei für die nasse Aufstellung (Nr. 5 und 6) aus der zuvor erstellten Marktübersicht ausgewählt, die nachfolgend mit der in Fettdruck dargestellten Bezeichnung abgekürzt werden:

1. Schwimmer-Schieber-Drossel **SSD 200** Typ II (APA Abwassertechnik GmbH, Pfedelbach-Windischenbach),
2. **Waage-Drossel** Typ II (bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld),
3. **Strahl-Drossel** Typ I (bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld),
4. **Turbo-Wirbeldrossel** TUR 3,3 DN 200 (UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH, Bad Mergentheim).
5. **Alpheus** Abflussbegrenzer **Automatik** Typ AA (Biogest AG, Taunusstein)
6. **HydroSlide** Automatikregler **Giehlmatic** DR 200/150 (Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein)

Jedes dieser Drosselorgane wurde insgesamt 13 unterschiedlichen hydraulischen Prüfungen mit Klar- und Schmutzwasser unterzogen sowie mechanisch belastet. Darüber hinaus wurden die Verlegebeseitigungseinrichtungen der Prüflinge untersucht, und die verwendeten Stähle auf ihre Korrosionsbeständigkeit. Das Prüfprogramm, welches mit dem Lenkungskreis abgestimmt worden ist, simuliert den Lebenszyklus eines Drosselorgans. Dieser beginnt mit seinem Einbau, durchläuft eine erste sowie nach einer Umstellung des Drosselabflusses eine zweite hydraulische Phase und schließt mit besonderen mechanischen und chemischen Belastungen ab. Zusätzlich zu den funktionalen und hydraulischen Untersuchungen steht die Qualitätssicherung durch die Produkthersteller im Fokus. Folgende **Ergebnisse und Bewertungen** liefert das im Rahmen des Projektes durchgeführte **Warentest-Programm**:

- **Ergebnisse mit großer Bandbreite: nur ein Produkt besteht alle Teilprüfungen**

Nur eines der getesteten hydromechanischen Drosselorgane konnte den geforderten Sollabfluss sowohl mit Klarwasser als auch mit Schmutzwasser in allen Teilprüfungen über den relevanten Messbereich sicherstellen. Ein Produkt konnte nicht bewertet werden, ein weiteres versagte in allen hydraulischen Prüfungen. Insgesamt wurden als Prüfurteil 1x „GUT“, 3x „BEFRIEDIGEND“ und 1x „MANGELHAFT“ vergeben. Bei den drei mit befriedigender Gesamtnote beurteilten Drosselorganen waren unterschiedliche Gründe für die Abwertung vorhanden: Die SSD 200 zeigte sich nach ihrer Umstellung auf den geringeren Soll-Drosselabfluss weitgehend nicht in der Lage, diesen einschließlich Abweichungen einzuhalten (Ausnahme: SüwVO I-Prüfung mit Klarwasser). Waage- und Strahl-Drossel zeigten insbesondere bei den Versuchen mit Schmutzwasser in ungereinigtem Zustand Probleme bei der Einhaltung der geforderten Soll-Drosselabflüsse. Die Turbo-Wirbeldrossel wies ein vergleichsweise träges Ansprechverhalten mit Blick auf das Erreichen des Soll-Drosselabflusses auf, was zur Abwertung führte.
- **SüwVO-Prüfung mit Klarwasser wird i.d.R. bestanden**

Die Prüfung mit Klarwasser nach SüwVO Abw (sog. SüwVO I – Prüfung) wurde im Verlauf des Prüfprogramms je Drosselorgan 5x mal durchgeführt und von fast allen Produkten nahezu durchweg und ohne Probleme bestanden. Scheinbar sind fast alle Produkte gerade für diese Prüfbedingungen optimal ausgelegt. Allerdings bleibt festzuhalten, dass ein Drosselorgan im alltäglichen In-situ-Betrieb i.d.R. nicht mit Klarwasser beaufschlagt wird.
- **Betriebsbeanspruchungen können Leistungsfähigkeit stark beeinträchtigen**

Jeweils 4 von 6 Drosselorganen zeigten schlechte Prüfergebnisse, wenn die Prüfungen nach Betriebsbelastung, im ungereinigten Zustand und mit Schmutzwasser durchgeführt wurden (sog. Betriebstauglichkeit II – Prüfungen). In jeweils drei Fällen wurde sogar die Teilnote „ungenügend“ vergeben. Im Falle der SSD 200 kam diese schlechte Note nach der Umstellung des Drosselabflusses zum Tragen. Waage- und Strahl-Drossel zeigten dieses Verhalten bzw. Ergebnis hingegen bei allen Versuchen zur Betriebstauglichkeit II. Die Turbo-Wirbeldrossel wurde aufgrund ihres trägen Betriebsverhaltens abgewertet, das weitgehend unabhängig vom Versuchstypus bzw. Schmutz-/ Klarwasserbeaufschlagung war.
- **Verlegebeseitigung notwendig und häufig aktiviert, Störkörper i.d.R. beseitigt**

Im Test zeigte sich, dass eine Verlegebeseitigung unbedingt notwendig ist. Etwa die Hälfte der Störkörper-Versuche führte zu einer Verlegung, bei der die automatische Verlegebeseitigung des Drosselorgans aktiviert werden musste. In über 80% der Fälle konnten die Störkörper vollständig beseitigt werden, in den übrigen Fällen blieben Störkörper im Bereich des Drosselorgans zurück, so dass weitere Betriebsrisiken nicht auszuschließen sind. Eine bleibende Verlegung mit

Funktionsausfall konnte im Rahmen der Versuche allerdings nicht beobachtet werden.

- **Kaum Gebrauchsspuren, selten Korrosionsrisiken**

Hinsichtlich des Gesamtzustandes und des Korrosionsrisikos waren nach Abschluss des Prüfprogramms kaum Auffälligkeiten festzustellen. Drei von sechs Drosseln zeigten sogar keinerlei nennenswerte Gebrauchsspuren und Korrosionsrisiken. Sie erhielten Teilbewertungen mit Noten von 1,2 bis 1,3.

- **Große Lücken bei der Qualitätssicherung**

Über 40% der geforderten Dokumente und Nachweise zur Qualitätssicherung konnten von den Anbietern nicht beigebracht werden. Zwar wurden die Teilkriterien „Drossel-Kenndaten“, „Garantiebereich“, „Nachweis des Ex-Schutzes“ und „Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung“ vielfach erfüllt. Allerdings zeigten sich bei den Kriterien „Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen“, „Schulungsangebot“, „Qualifikationsnachweise“ und „Eigenüberwachung“ große Lücken.

Weiterhin wurden in Ergänzung zu den Prüfungen im Warentest auch Einzeluntersuchungen an Drossleinrichtungen und -organen in den Netzen der Betreiber durchgeführt. Bauartgleiche Drosselorgane zum Warentest wurden bei Netzbetreibern zur Plausibilitätsprüfung herangezogen mit Blick auf deren Bau- und Betriebsweise. Hier konnten die in Warentestversuchen gewonnenen Erkenntnisse zu einzelnen Drosselorganen bestätigt werden.

Darüber hinaus liefern diese Untersuchungen auch Aussagen zur sogenannten Trockenkalibrierung, mit dem Ergebnis, dass diese theoretische Betrachtung einer Drossleinrichtung nur zielführende Ergebnisse liefert, wenn umfangreiche Daten der Anlage vorhanden und erforderliche Randbedingungen erfassbar sind. Grundsätzlich ist gemäß der gesetzlichen Vorgaben (SüwVO Abw) eine hydraulische Kalibrierung gefordert [1]. Allerdings kann in Ausnahmefällen in Abstimmung mit der zuständigen Überwachungsbehörde eine Trockenkalibrierung durchgeführt werden.

Bei problembehafteten Anlagen (sog. HOTSPOTS) konnten weiterhin Lösungsvorschläge bzgl. der Prüfbarkeit von Anlagen und/oder Verbesserung der baulichen Situation für ein sichereres Betriebsverhalten erarbeitet werden.

Als wesentliches Ergebnis der weiterführenden Untersuchungen und der Diskussion mit den Projektbeteiligten ist festzuhalten, dass die verfügbaren Regelwerke bzgl. Planung, Bau und Betrieb von Drossleinrichtungen als weitgehend vollständig angesehen werden können. Die dort aufgeführten allgemeinen baulichen und hydraulischen Anforderungen sowie die individuellen Randbedingungen für den Einbau und Betrieb des vorgesehenen Drosselorgans sollten allen Beteiligten – Auftraggeber, Planer, Bau-Ausführendem sowie Betriebspersonal und Kalibrierprüfer – allerdings bekannt sein. Bei Beachtung dieser ist eine betriebssichere Funktion der Anlage zu erwarten, mit Blick auf das Drosselorgan zumindest im Rahmen der im Warentest erzielten Ergebnisse.

Darüber hinaus konnten noch folgende **ergänzende Erkenntnisse** gewonnen werden, die sich in **vier Themenschwerpunkte** einteilen lassen:

1. Allgemeine Hinweise
2. Auswahl von Drosselorganen
3. Hinweise für Planung, Bau und Betrieb
4. Hinweise für die Drosselkalibrierung

(1) Allgemeine Hinweise:

- Das vorhandene Regelwerk (z.B. DWA A111, A166, M176, LUA-Merkblatt/Fachberichte, LANUV-Veröffentlichungen) ist umfassend und scheint vollständig. Es muss allerdings Anwendung und Berücksichtigung finden. Hier sind wiederum Auftraggeber, Planer, Betriebspersonal und Prüfer angehalten, sich mit der Materie auseinanderzusetzen um eine betriebssichere Drosseleinrichtung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik zu planen, bauen und betreiben.
- Die Ursachen von Abweichungen von der Q(h)-Kennlinie des Herstellers (Solllinie) sind sehr unterschiedlich: Von Falscheinstellung bis zu Funktionsversagen im Betrieb. In der Folge sind die wasserwirtschaftlichen Konsequenzen und Gegenmaßnahmen unterschiedlich zu bewerten. In dem beispielhaften Fall des bereits ab Werk (versehentlich) zu hoch eingestellten Soll-Drosselabflusses erreichte die Kläranlage ein deutlich überhöhter Zufluss, der erst bei der Abnahme-Kalibrierprüfung festgestellt wurde und zeitnah durch den Hersteller korrigiert werden konnte. Im Falle von bauartbedingt anfälligen Drosselorganen fällt die Identifikation eines falschen Drosselabflusses bedingt durch eine schwergängige/verschmutzte Drosselmechanik deutlich schwerer, da diese für nachfolgende Kalibrierprüfungen i.d.R. zuvor gereinigt werden. Damit wird dann allerdings auch eine durch den Betrieb mit Schmutz- oder Mischwasser hervorgerufene Beeinträchtigung der Drosselmechanik unbemerkt beseitigt. Hier können in Abhängigkeit des vorhandenen Drosselorgans vermehrte Kontrollen, ggf. auch zusätzliche Kalibrierprüfungen bei Regenwetter mit Beckeneinstau, zusätzliche Informationen über das Betriebsverhalten im Regelbetrieb liefern.
- Die Betriebsbedingungen eines Drosselorgans in situ können stark vom Hydraulik-Ideal (Klarwasser, ausreichendes Platzangebot) abweichen. Nicht jedes Drosselorgan verhält sich bei solchen Abweichungen robust. Hier ist mit Blick auf die Waage-Drossel z.B. der erforderliche Sohl sprung zwischen Zu- und Ablauf zu nennen: Fehlt dieser, kann das Drosselorgan nicht wie vorgesehen arbeiten, mit dem Ergebnis, dass der Drosselabfluss vom geforderten Wert abweicht. Ebenso kann für Drosselorgane, die über einen Schwimmer mit/am Hebelarm wie der HydroSlide Giehlmatic verfügen, eine zu geringe Bewegungsfreiheit die Drosselmechanik negativ beeinträchtigen. In gleicher Weise kann diese Mechanik durch ein falsches Anströmen des Schwimmers negativ beeinflusst werden, z.B. in dem das zufließende Wasser den Schwimmer

hinunter drückt anstatt ihn aufschwimmen zu lassen. Auch zeigten die Versuche mit synthetischem Schmutzwasser (höhere Dichte als Klarwasser) zum Teil eine größere Abweichung vom Soll-Drosselabfluss. Insbesondere die Waage-Drossel reagierte hier im Vergleich zu den anderen Drosselorganen sensitiv. Somit ist denkbar, dass es Unterschiede bei den Drosselabflüssen im Sommer und Winter geben kann, wenn z.B. in der kalten Jahreszeit Streusalz und Sole von den Straßen des Einzugsgebietes geschwemmt werden, das Drosselorgan jedoch im Sommer bei Verwendung eines Schmutz-/Misch-Wassers mit geringerer Dichte justiert wurde. Hier ist allerdings weiterer Untersuchungsbedarf gegeben, z.B. durch Messkampagnen, um Aussagen zu unterschiedlichen Drosselabflüssen bedingt durch den jahreszeitlichen Wechsel zu erhalten.

- Handlungsbedarf ist bereits bei Planung und Bau gegeben:
Betriebsanforderungen bzgl. Kalibrierung und Normalbetrieb des Drosselorgans sind in diesen Phasen zu berücksichtigen. Um einen sicheren Betrieb des Drosselorgans bzw. der Drosseleinrichtung zu gewährleisten einschließlich nachfolgender Kalibrierprüfungen, bedarf es der richtigen Auslegung der Anlage. Das erfordert wiederum einen hohen Kenntnisstand von Auftraggeber, Planer, Bauausführendem sowie Betriebspersonal bzgl. des Regelwerks und der individuellen Anforderungen des Drosselorgans, um Fehler ggf. frühzeitig (im Probetrieb) erkennen und beseitigen zu können.

(2) Auswahl von Drosselorganen:

- Eine Drosselung auf Mindestdurchflüsse von 10 l/s und 25 l/s gemäß Regelwerk (z.B. DWA A111, A166, A176) ist mit gängigen Produkten realisierbar. Allerdings zeigten die vergleichenden Untersuchungen im Warentest sowie die Überprüfung in situ, dass das Einhalten der Soll-Drosselabflüsse einschließlich der zulässigen Toleranzen je nach Betriebssituation bei einzelnen Produkten deutlich variieren können. Der HydroSlide Giehlmatic zeigte z.B. ein einheitliches und zuverlässiges Betriebsverhalten für alle Belastungssituationen; der Alpheus Automatik hingegen wich in allen Fällen vom geforderten Soll-Drosselabfluss und der Q(h)-Kennlinie ab. Das Abflussverhalten entsprach hier dem einer Rohrdrossel. Die weiteren Drosselorgane zeigten unterschiedliche Schwächen in den verschiedenen Betriebs- und Belastungssituationen wie Schmutz- und Klarwasser (Waage- und Strahl-Drossel), nach Umbau und/oder mechanischen Belastungen (SSD 200).
- Q(h)-Kennlinien geben Aufschluss über das Betriebsverhalten des Drosselorgans, auch mit Blick auf das Spülstoß-Verhalten: Hier ist die Leistungsfähigkeit des unterwasserseitigen Kanalnetzes einschließlich der Kläranlage auf der einen Seite und die Schutzbedürftigkeit des Gewässers mit Blick auf Entlastungsereignisse auf der anderen Seite zu berücksichtigen. Somit

ist bei einem unzureichend arbeitenden Drosselorgan mindestens ein „Schutzgut“ gefährdet.

(3) Hinweise für Planung, Bau und Betrieb:

- Die Verantwortung des Planers ist hoch:
Ausschreibungen sollten ganzheitlich gestaltet werden unter Berücksichtigung des Regelwerks, hydraulischer Randbedingungen mit Blick auf das Einzugsgebiet und nachgeschalteter Anlagen, der Randbedingungen des Bauwerks, den Vorgaben der Drosselhersteller und den Anforderungen des Drosselorgans an die Gestaltung des Bauwerks. Bereits die Missachtung bzw. Vernachlässigung eines Kriteriums kann zu einer Fehlfunktion führen.
- Die Verantwortung des Planers gilt bis zum Nachweis der Funktionsfähigkeit. Dieser Nachweis sollte vorzugsweise von einer sachkundigen Stelle erbracht werden.
- MID-Schieber bieten möglicherweise eine höhere Genauigkeit unter optimalen Einbaubedingungen. Entsprechende Warentests stehen noch aus.

(4) Hinweise für die Drosselkalibrierung:

Hydraulische Prüfung:

- Der künstliche Einstau eines Regenbeckens für eine Kalibrierprüfung stellt zumindest in der Anfangsphase der Prüfung keinen „Normalbetrieb“ des Drosselorgans dar. Diese „Anlaufwelle“ ist bei der Bewertung zu berücksichtigen und konnte in den Versuchen insbesondere bei der Turbo-Wirbeldrossel beobachtet werden; die weiteren Testobjekte zeigten hingegen kein nennenswertes „Anlaufverhalten“.
- Für eine Vorab-Kontrolle des Betriebsverhaltens eines Drosselorgans können ggf. vorhandene Daten bzgl. Einstauhöhe, Abfluss, Beckenfüllstand etc. herangezogen werden.
- Langzeitmessungen, ggf. über Sommer- und Wintermonate hinweg, können im Einzelfall weitere Informationen zum realen Betriebsverhalten und der Genauigkeit des gedrosselten Abflusses bieten.

Trockenkalibrierung:

- Eine Trockenkalibrierung nach vorheriger Abstimmung mit den zuständigen Behörden scheint zielführend, wenn eine Protokollierung bzw. Dokumentation von Drosselmaßen, Nennweiten, Abmessungen von Stellgliedern sowie einer theoretischen Berechnung des Drosselabflusses erfolgt. Dies geschieht im Einzelfall, wenn eine hydraulische Kalibrierung nicht möglich ist.
- Die Einsatzbereiche einer Trockenkalibrierung sind jedoch begrenzt:
 - Schwimmer-Schieber-Systeme scheinen hier unproblematisch.

- Drosselorgane, welche die Gewichtskraft des Wassers als Stellgröße nutzen, sind hier fehleranfällig (z.B. Seilwegaufnehmer als zusätzlich wirkende Kraft auf das Stellsystem verändern Abflüsse u.U. nachteilig).
- Einhausungen der messtechnisch auszurüstenden Bauteile an Drosselorganen sind problematisch bzw. verhindern gänzlich den Einbau von Messtechnik.

7 Fazit und Ausblick

Im Gesamtblick lässt sich aus dem Vorhaben folgendes Fazit ziehen:

Große Bandbreite der Ergebnisse, insbesondere unter schwierigen Betriebsbedingungen:

Während der Testsieger bei sämtlichen Prüfungen (Klarwasser, Schmutzwasser, mit/ohne Betriebsbelastungen) gute Ergebnisse zeigte, wiesen die übrigen Produkte deutlich erkennbare Schwächen auf, gerade bei den im Test angestrebten geringen Durchflussmengen (25 und 10 l/s). Insbesondere zeigten sich große Unterschiede in der Robustheit der untersuchten Produkte (nahezu wartungsfreier Betrieb²) unter hohen Schmutzstoffkonzentrationen und Störkörper-Aufkommen.

Regelmäßige Wartung und Inspektion sollte Betriebsproblemen vorbeugen:

Sowohl die Laborprüfungen im Warentest als auch die In-situ-Untersuchungen zeigten, dass bei mangelnder Robustheit der Drosselorgane viele Betriebsprobleme jedoch schon durch einfache Wartungs- und Inspektionstätigkeiten erkannt und behoben werden können. Dies betrifft insbesondere das händische Prüfen der Gängigkeit mechanischer Teile mit anschließender Reinigung. Die Inspektionsintervalle nach Herstellerangaben und SüwVO geben hier gute Anhaltspunkte und sollten unbedingt eingehalten werden.

In-situ-Probleme sind auch vielfach auf Abweichungen von a.a.R.d.T. zurückzuführen:

Fast die Hälfte der in situ untersuchten Hotspots (im Betrieb auffällige Anlagen) zeigten deutliche Planungsfehler oder Fehler in der baulichen Umsetzung (z.B. unzulässige Niveauunterschiede). Und dies, obwohl die Hersteller sowie die verfügbaren Regelwerke ausreichend Informationen für Planung, Bau und Betrieb von Drosseleinrichtungen bieten.

Kalibrierung erfordert Fachkenntnisse und individuelle Messkonzepte:

Die Hotspot-Untersuchungen zeigten, dass Schwierigkeiten in der Kalibrierung meist mit entsprechendem Sachverstand und Einsatz spezieller Messtechnik überwunden werden konnten. Hier stellt sich grundsätzlich die Frage, ob höhere Anforderungen an die Sachkunde zur Drosselkalibrierung zu stellen sind.

Im Rahmen der Projektbearbeitung konnte weiterhin festgestellt werden, dass Detailinformationen zu den (in NRW) verbauten Drosselorganen weitgehend nur bei den Kommunen und Wasserverbänden dezentral vorliegen. Somit ist derzeit auf Landesebene nicht bekannt, welche Genauigkeit und Betriebsicherheit die Drosseln im Bestand besitzen. Die Ergebnisse des Warentests bzw. des Gesamtvorhabens zeigen, dass fünf der sechs untersuchten Drosselorgane bei vergleichsweise geringen Soll-Drosselabflüssen (25 l/s und 10 l/s) in unterschiedlichen Betriebs- bzw. Belastungssituationen Unzulänglichkeiten aufweisen, die sich mehr oder weniger stark auf den Soll-Drosselabfluss auswirken, in jedem Fall aber nachteilig. Dabei waren technische

² In der Simulation des Betriebsverhaltens wurde durchweg auf besondere Wartungsarbeiten und äußere Eingriffe verzichtet.

(Funktionsweise des Produktes, z.B. Trägheit des Systems) und/oder betriebliche (z.B. Beaufschlagung mit synthetischem Schmutzwasser, Verschleiß durch andauernde Belastungen) Aspekte maßgeblich.

Eine dezidierte Aussage über mögliche wasserwirtschaftliche Auswirkungen im Land kann allerdings nicht getroffen werden, da Anzahl und Verteilung der verbauten Drosselorgane sowie die Kenntnis über ihre Drosselabflüsse nicht zentral vorliegen. Hier kann eine Bestandsaufnahme entsprechende Erkenntnisse liefern, ebenso wie Kalibrierprüfungen unter Einfluss im Winter (Winterdienst mit Streusalz, Sole etc.) im Vergleich zum Sommer. Darüber hinaus empfiehlt sich der Test weiterer Produkte aus dem großen Marktangebot für Drosselorgane analog zu dem Prüfprogramm des Warentests. Auch können Drosselorgane gleicher Bauart wie die bereits untersuchten, jetzt jedoch mit höherem Drosselabfluss (> 25 l/s), gestestet werden, um weitere Aussagen zu deren Leistungsspektrum zu erhalten.

Zusätzlich zu weiteren Produkttests und In-situ-Kalibrierprüfungen sollen weitere Kenntnisse zum Betriebsverhalten von Drosseleinrichtungen gewonnen werden. Hier sei dem Betriebspersonal die in diesem Dokument enthaltenen Checklisten zur Aufnahme maßgeblicher Informationen über Bestandsanlagen mit der Option zum Abgleich mit Regelwerksanforderungen empfohlen.

8 Literatur

- [1] Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen, Selbstüberwachungsverordnung Abwasser – SüwVO Abw. Gesetz- und Verordnungsblatt (GV. NRW.) vom 17.10.2013.
- [2] Goerke, M.: Systematische Auswertung der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen von 168 Kontrollmessungen an Drosselorganen; Gelsenkirchen, 2007 (unveröffentlicht).
- [3] Gillar, M., Goerke, M., Ulutaş, S.: Drosseleinrichtungen an Regenbecken: Vergleichende Untersuchungen von hydromechanischen Drosselorganen, Langfassung des Abschlussberichtes zum Vorhaben; Gelsenkirchen, Februar 2018.
- [4] Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Wasserrahmenrichtlinie - WRRL. Fassung vom 23. Oktober 2000.
- [5] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts, (Wasserhaushaltsgesetz - WHG). BGBl. I S. 2771, Fassung vom 18. Juli 2017.
- [6] K. Schwister, Taschenbuch der Umwelttechnik, 2nd ed. München: Hanser, 2010.
- [7] Deutsches Institut für Normung e. V., DIN EN 752: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Kanalmanagement. Berlin: Beuth, Juli 2017.
- [8] Willi Gujer, Siedlungswasserwirtschaft, 3rd ed. Berlin: Springer, 2007.
- [9] F. Adamczyk, Ed., Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, 3rd ed. Berlin: Ernst, 1982.
- [10] W. Schilling, Operationelle Siedlungsentwässerung: Konzeption zur Abflusssteuerung und Speicherbewirtschaftung in Entwässerungssystemen. München: Oldenburg Verlag GmbH, 1990.
- [11] S.H. Pfeiff, Ed., ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation, 4th ed. Berlin: Ernst, 1995.
- [12] Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), VDMA 24657: Technische Ausrüstung für Anlagen der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Hinweise für Betrieb, Instandhaltung und Erneuerung. Berlin: Beuth, 2012.
- [13] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., ATV-A 128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen: Hennef, 1992.
- [14] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen; Hennef, 2013.
- [15] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung; Hennef, 2013.
- [16] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Fachberichte LUA NRW 6/2003, Technische Informationen zur Drosselkalibrierung: Teil 1 Hydraulische Kalibrierung zur Drosselkalibrierung.
- [17] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., DWA-A 111: Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in Entwässerungssystemen; Hennef, 2008.
- [18] W. H. Hager, Abwasserhydraulik: Theorie und Praxis. Berlin, New York: Springer-Verlag, 1994.

- [19] Bollrich, Gerhard: Technische Hydromechanik 1: Grundlagen, Beuth Wissen, Berlin, 2013.
- [20] Axel Zangenberg - Produktflyer, Informationen abrufbar unter: <http://www.axel-zangenberg.de/downloads/prospekte>. Zugriff: 01.12.2016.
- [21] Steinhardt - Produktflyer, Informationen abrufbar unter: [http://steinhardt.de; steuern-regeln-begrenzen/](http://steinhardt.de;steuern-regeln-begrenzen/). Zugriff: 01.12.2016.
- [22] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: DWA-M 176: Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung; Hennef, 2013.
- [23] Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Fachberichte LUA NRW 6/2003, Technische Informationen zur Drosselkalibrierung: Teil 2 (Anlage): Praxisbezogener Überblick über Drosselanlagen und technische Überprüfung.
- [24] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Merkblatt D 2.10, Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen.
- [25] Bosseler, B., Birkner, T., Cremer, S.: Durchflussmesseinrichtungen an Regenentlastungsbauwerken; IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur gGmbH, Gelsenkirchen; Juli 2001.
- [26] Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen, RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft. NRW, 1995.
- [27] Abwasserkontrollverordnung, Eigenkontrollverordnung - EKVO. Gesetz- und Verordnungsblatt (GVBl. Hessen) vom 04.08.2010.
- [28] Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen, Eigenüberwachungsverordnung - EÜV. Gesetz- und Verordnungsblatt (GVBl. Bayern.) vom 20. 09.1995.
- [29] APA Produktflyer, Informationen abrufbar unter: http://www.apa-gmbh.com/download/downloads/apa_ssd.PDF, Zugriff: 03.07.2017.