

Drosseleinrichtungen an Regenbecken: Vergleichende Untersuchungen von hydromechanischen Drosselorganen - IKT-Warentest Drosselorgane -

(Langfassung)



Endbericht zum Forschungsprojekt:

Drosseleinrichtungen an Regenbecken: Vergleichende Untersuchungen von hydromechanischen Drosselorganen - IKT - Warentest „Drosseln“ (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 Lenkungskreis:

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. Niemann und Dr.-Ing. 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

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
TABELLENVERZEICHNIS	9
ABKÜRZUNGS- UND SYMBOLVERZEICHNIS	12
1 EINLEITUNG	14
2 VERANLASSUNG, ZIELSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE	15
3 DROSSELEINRICHTUNGEN - STAND VON WISSENSCHAFT UND TECHNIK	18
3.1 WASSERWIRTSCHAFTLICHER HINTERGRUND.....	18
3.2 KLASSIFIKATION UND FUNKTIONSWEISEN VON DROSSELORGANEN	19
3.3 BAU UND BETRIEB VON DROSSELEINRICHTUNGEN	24
3.3.1 Regelwerke.....	24
3.3.2 Rechtliche Randbedingungen.....	33
4 VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN VON HYDROMECHANISCHEN DROSSELORGANEN – WARENTEST DROSSELORGANE.....	37
4.1 UNTERSUCHUNGSPROGRAMM.....	37
4.1.1 Konzept des IKT-Warentests	37
4.1.2 Beteiligte Netzbetreiber.....	39
4.2 VERGABE DER LOSE (AUSWAHL DER DROSSELORGANE).....	40
4.3 PRÜFPROGRAMM	44
4.4 VERSUCHSAUFBAU UND PRÜFMATERIALIEN.....	49
4.4.1 Versuchsstand für halbtrocken aufgestellte Drosselorgane.....	49
4.4.2 Versuchsstand für nass aufgestellte Drosselorgane.....	54
4.4.3 Prüfmaterialien für die Einzelversuche.....	55
4.5 SYSTEMPRÜFUNGEN - TEST DER DROSSELORGANE IM VERSUCHSSTAND	59
4.5.1 Reihenfolge der Einzelversuche	59
4.5.2 Schwimmer-Schieber-Drossel SSD 200 Typ II (APA Abwassertechnik GmbH)	61
4.5.3 Waage-Drossel Typ II (bgu-Umweltschutzanlagen GmbH).....	76
4.5.4 Strahl-Drossel Typ I (bgu-Umweltschutzanlagen GmbH)	89
4.5.5 Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200 (UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH).....	104
4.5.6 Alpheus Abflussbegrenzer Automatik Typ AA (Biogest AG)	117
4.5.7 HydroSlide Automatikregler Giehlmatic DR 200/150 (Steinhardt GmbH Wassertechnik).....	132
4.5.8 Versuchsergebnisse der Systemprüfungen	145
4.6 IN-SITU- UND LANGZEITUNTERSUCHUNGEN DER AUSGEWÄHLTEN DROSSELORGANE	156
4.6.1 Allgemeines und Vorgehensweise	156
4.6.2 Untersuchung der In-situ-Drosseleinrichtungen	156
4.6.3 Wesentliche Ergebnisse der In-situ-Untersuchungen	158
4.7 FAZIT AUS SYSTEM- UND IN-SITU-PRÜFUNGEN	160
5 BEWERTUNG DER DROSSELORGANE - WARENTESTERGEBNISSE	163
5.1 BEWERTUNGSSCHEMA	163
5.1.1 Überblick	163
5.1.2 Systemprüfungen	164
5.1.3 Qualitätssicherung	169
5.1.4 Baustellenuntersuchungen	170
5.2 TESTERGEBNISSE	171
5.2.1 Testtabelle IKT-Warentest „Drosselorgane“	171
5.2.2 Systemprüfungen.....	175
5.2.3 Qualitätssicherung.....	183
5.3 WARENTEST-PRÜFZEUGNISSE	186
5.3.1 HydroSlide Automatikregler Giehlmatic.....	187

5.3.2	APA-SSD 200 Typ II	188
5.3.3	Waage-Drossel Typ II	189
5.3.4	Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200	190
5.3.5	Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik	191
5.3.6	Strahl-Drossel Typ I	192
6	EINZELUNTERSUCHUNGEN AN DROSSELEINRICHTUNGEN	193
6.1	UNTERSUCHUNGSPROGRAMM	193
6.2	ERMITTLUNG DES BETRIEBSVERHALTENS VON DROSSELEINRICHTUNGEN	193
6.2.1	Vorgehensweise	193
6.2.2	Versuchsablauf	194
6.2.3	Entwicklung eines Konzeptes für den Einbau der Messtechnik	194
6.2.4	Randbedingungen der künstlichen Einstauereignisse am Betriebsort	197
6.2.5	Zusammenstellung der Wasserstands-Abfluss-Kurven und Auswertung der Ergebnisse	197
6.2.6	Fazit und Empfehlung für die Praxis	202
6.3	HOTSPOT-CHECK´S AN BESTEHENDEN ANLAGEN	203
6.3.1	Vorgehensweise der HOTSPOT-Untersuchungen	203
6.3.2	Ergebnisse der HOTSPOT-Untersuchungen	204
6.3.3	Fazit	207
6.4	SONDERBETRACHTUNG: MID-SCHIEBERSYSTEME	208
6.4.1	Vorgehensweise bei den In-situ-Untersuchungen	208
6.4.2	In-situ-Begehung von fünf MID-gesteuerten Anlagen	208
6.4.3	Wesentliche Ergebnisse	210
7	HINWEISE UND EMPFEHLUNGEN ZUM BAU UND BETRIEB VON DROSSELEINRICHTUNGEN	212
7.1	ALLGEMEINES	212
7.2	HERSTELLERVORGABEN	212
7.3	ANFORDERUNGEN VON NETZBETREIBERN	212
7.3.1	Netzbetreiber-Befragung	212
7.3.2	Ergebnisse der Befragung	213
7.4	PLANUNGS- UND MONTAGEHINWEISE FÜR HYDROMECHANISCHE DROSSELORGANE	216
7.5	HINWEISE FÜR MID-SCHIEBERSYSTEME ALS DROSSELORGANE	220
7.5.1	Planung von MID-Schiebersystemen	220
7.5.2	Bau von MID-Schiebersystemen	221
7.5.3	Wesentliche konstruktive Hinweise für unterschiedliche Bauformen der MID-Schiebersysteme ...	221
7.5.4	Betrieb von MID-Schiebersystemen	222
7.6	CHECKLISTE	224
7.6.1	Gliederung	224
7.6.2	Kategorien von Drosselorganen	224
7.6.3	Zugänglichkeit und Betrieb	226
7.6.4	Vermeidung von Verlegungen	227
7.6.5	Wartung / Instandhaltung	228
8	SCHLUSSFOLGERUNGEN	230
9	FAZIT UND AUSBLICK	237
10	LITERATUR	239

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Bild 1	Beispielhafte, schematische Darstellung von unterschiedlich aufgestellten Drosselorganen, aus [15]	19
Bild 2	Klassifizierung von Drosselorganen (Regelfall), aus [15]	20
Bild 3	Beispiel für eine Verlegung des Drosselorgan-Schwimmers mit Beeinträchtigung seiner Funktion	24
Bild 4	Übersicht der Normen und Regelwerke zu MID-Schiebersystemen, aktualisiert aus [25].....	28
Bild 5	Untersuchungsschwerpunkt (blau) der IKT-Warentests	38
Bild 3	Skizze der Versuchsanlage mit Regenbecken, Drosselbauwerk und Vorlagebehältern einschließlich Auffangbecken und Pumpen.....	50
Bild 4	Versuchsanlage mit Regenbecken, Drosselbauwerk und Vorlagebehältern	50
Bild 5	Einbauten im Regenbecken	51
Bild 6	Drosselbauwerk für halbtrocken aufgestellte Drosselorgane.....	52
Bild 7	Ablaufleitung vom Drosselbauwerk bis in das Tosbecken.....	52
Bild 8	Sammel-/Vorlagebehälter und Rohrstrang mit Förderpumpe	53
Bild 9	Eingesetzte Messtechnik während der Versuche	54
Bild 10	Versuchsaufbau für nass aufgestellte Drosselorgane	54
Bild 11	Mit Eisen(III)-Chlorid- (FeCl_3 -) Lösung und Schwefelsäure (H_2SO_4) beaufschlagte Oberflächen einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (Stahlsorte 1.4301 entsprechend dem verwendeten Stahl aller Drosselorgane im Test): Visuell erkennbare Veränderung an der Oberfläche im Vergleich zu nicht-beaufschlagten Bereichen	58
Bild 12	Öffnungsweiten der beiden Schieber in der Grundstellung	62
Bild 13	Feinjustierung am Gestänge des Abflussschiebers.....	62
Bild 14	Betätigung des Verlegungshebels durch den Schwimmer (rote Pfeile) ..	63
Bild 15	Wesentliche Arbeitsschritte zum Einbau der SSD 200	65
Bild 16	Einstau im Regenbecken und Betrieb der Drossel	68
Bild 17	SüwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser.....	68
Bild 18	Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“ ...	69
Bild 19	Reinigung von Drosselorgan und Regenbecken	69
Bild 20	Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge	70

Bild 21	Beispiel für eine funktionierende Verlegebeseitigung der Drossel, hervorgerufen durch festhängende Hygieneartikel an der Spitze des Schiebers	71
Bild 22	Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse	71
Bild 23	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl ₃ -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich	72
Bild 24	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der SSD 200 nach Prüf-programm mit geforderten Sollabflüssen (vgl. Zahlen im roten Rahmen).....	73
Bild 25	Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der SSD 200 in Prozent	74
Bild 26	Funktionselemente der Waage-Drossel	77
Bild 27	Waage-Drossel.....	77
Bild 28	Wesentliche Arbeitsschritte bei dem Einbau der Waage-Drossel.....	79
Bild 29	Betrieb der Waage-Drossel mit Klarwasser (SüwVO I-Prüfung).....	82
Bild 30	SüwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser	82
Bild 31	Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“ ...	83
Bild 32	Reinigung von Waage-Drossel und Regenbecken	83
Bild 33	Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge	84
Bild 34	Beispiel für eine funktionierende Verlegebeseitigung der Waage-Drossel, hervorgerufen durch festhängende Windeln mit anschließendem Spülstoß; am Segmentschutz festhängender Klinkerstein	85
Bild 35	Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse	85
Bild 36	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl ₃ -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich	86
Bild 37	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der Waage-Drossel nach Prüfprogramm mit Sollabflüssen	86
Bild 38	Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der Waage-Drossel in Prozent.....	87
Bild 39	Funktionselemente der Strahl-Drossel	90
Bild 40	Strahl-Drossel.....	90
Bild 44	Wesentliche Arbeitsschritte bei dem Einbau der Strahl-Drossel.....	92
Bild 42	Betrieb der Strahl-Drossel mit Klarwasser (SüwVO I-Prüfung).....	95
Bild 43	SüwVO II-Prüfung der Strahl-Drossel mit synthetischem Schmutzwasser	95

Bild 44	Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“ ...	96
Bild 45	Reinigung von Strahl-Drossel und Regenbecken	96
Bild 46	Versuchsdurchführung mit feststehendem Segmentschütz (Betriebstauglichkeit I, lfd. Nr. 8 des Prüfprogramms)	97
Bild 47	Strahl-Drossel während und nach der Durchführung der SÜwVO I- Prüfung (lfd. Nr. 9 des Prüfprogramms).....	97
Bild 48	Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge der Strahl-Drossel.....	98
Bild 49	Beeinträchtigung der Hydro-Mechanik während des Versuchs lfd. Nr.13	99
Bild 50	Prüfung der Verlegebeseitigung der Strahl-Drossel durch Zugabe von Hygieneartikeln und Störstoffen	100
Bild 51	Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse	100
Bild 52	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl ₃ - Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich	101
Bild 53	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der Strahl-Drossel nach Prüfprogramm mit Sollabflüssen.....	101
Bild 54	Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der Strahl-Drossel in Prozent.....	102
Bild 55	Baugruppen/-teile der Turbo-Wirbeldrossel.....	105
Bild 56	Wesentliche Arbeitsschritte zum Einbau der Turbo-Wirbeldrossel	107
Bild 57	Betrieb der Turbo-Wirbeldrossel mit Klarwasser (SÜwVO I-Prüfung) ...	110
Bild 58	SÜwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser.....	110
Bild 59	Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“ .	111
Bild 60	Reinigung von Turbo-Wirbeldrossel und Regenbecken	111
Bild 61	Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge	112
Bild 62	Prüfung der Verlegebeseitigung der Turbo-Wirbeldrossel durch Zugabe von Hygieneartikeln und Störstoffen.....	112
Bild 63	Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse	113
Bild 64	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl ₃ - Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich	113
Bild 65	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der Turbo- Wirbeldrossel nach Prüfprogramm mit Sollabflüssen	114
Bild 66	Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der Turbo-Wirbeldrossel in Prozent	115

Bild 67	Alpheus Automatik während des Einbaus	118
Bild 68	Wesentliche Arbeitsschritte zum Einbau des Alpheus Automatik	121
Bild 69	Alpheus Automatik in Betrieb (Befüllung des Regenbeckens für die SÜwVO I-Prüfung)	124
Bild 70	Versuche mit synthetischem Schmutzwasser	124
Bild 71	Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“ .	125
Bild 72	Reinigung von Drosselorgan und Regenbecken	125
Bild 73	Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge	126
Bild 74	Prüfung der Verlegebeseitigung, Beispiel mit Windeln.....	127
Bild 75	Geringfügig eingedrücktes Schieberblech nach dem Anprall der Reinigungsdüse (roter Pfeil)	127
Bild 76	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl ₃ -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich	128
Bild 77	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse des Alpheus Automatik nach Prüfprogramm mit geforderten Sollabflüssen (vgl. Zahlen im roten Rahmen).....	129
Bild 78	Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse des Alpheus Automatik in Prozent	130
Bild 79	HydroSlide Giehlmatic	133
Bild 80	Mechanik des HydroSlide Giehlmatic	133
Bild 81	Wesentliche Arbeitsschritte bei dem Einbau des HydroSlide Giehlmatic	135
Bild 82	Einstau des Regenbeckens und Betrieb des HydroSlide Giehlmatic (SÜwVO I-Prüfung)	138
Bild 83	SÜwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser	138
Bild 84	Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“ .	139
Bild 85	Reinigung von Drosselorgan und Regenbecken	139
Bild 86	Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge	140
Bild 87	Prüfung der Verlegebeseitigung mit Hygieneartikeln.....	141
Bild 88	Verhalten von Störkörpern (vgl. rote Markierung).....	141
Bild 89	Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit Eisen-III-Chlorid, Vorher-Nachher-Vergleich	142

Bild 90	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse des HydroSlide Giehlmatic nach Prüfprogramm mit geforderten Sollabflüssen (vgl. Zahlen im roten Rahmen).....	143
Bild 91	Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse des HydroSlide Giehlmatic in Prozent.....	144
Bild 92	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SüwVO I (B)-Prüfung (Abschlussprüfung in Phase 1)	146
Bild 93	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SüwVO I (N-A)-Prüfung (Abschlussprüfung in Phase 2)	147
Bild 94	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeits I (B)-Prüfung nach Schmutzwasserversuchen und mechanischer Belastung in Phase 1...	148
Bild 95	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeits I (U)-Prüfung nach Schmutzwasserversuchen und mechanischer Belastung in Phase 2...	149
Bild 96	Beispiel für geringfügig höhere Drosselwasserabflüsse während der Einstau- bzw. Befüllphasen des Regenbeckens (jew. rechter Ast der Graphen), der nahe an der Grenze der zulässigen Drosselwassermenge liegt (hier markiert durch die senkrechte braune Strich-Linie bei $Q_{Dr} + 20\%$)	150
Bild 97	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SüwVO II (E)-Prüfung in Phase 1	151
Bild 98	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SüwVO II (U)-Prüfung in Phase 2.....	152
Bild 99	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeit II (B)-Prüfung in Phase 1...	153
Bild 100	Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeit II (N)-Prüfung in Phase 2...	154
Bild 101	Drosselorgane für die In-situ-Untersuchungen	157
Bild 102	Sofern möglich, $Q(h)$ -Kennlinien als Ergebnisse der In-situ-Messungen; andernfalls Ganglinie oder Erläuterung für das Fehlen einer $Q(h)$ -Kennlinie.....	158
Bild 103	Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Qualitätssicherung“ ..	170
Bild 104	Wasserstands-Abfluss-Kurve für die SSD 250	198
Bild 105	Wasserstands-Abfluss-Kurve für die Strahl-Drossel.....	199
Bild 106	Kraft-Weg-Diagramm für die Kalibrierung der Waage-Drossel.....	200

Bild 107	Wasserstands-Abfluss-Kurve für die Waage-Drossel.....	201
Bild 108	MID-Schiebersysteme der Vor-Ort-Untersuchungen (vgl. Tabelle 53) .	209
Bild 109	Ablaufdiagramm: Montagehinweise für den Einbau von Drosselorganen	219

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Begriffsfestlegung nach Fachbericht LUA [16]	21
Tabelle 2:	Aufstellungsarten von Drosselorganen nach DWA-A 166 [15]	21
Tabelle 3:	Höhenbereiche nach DWA-A 111 [17].....	26
Tabelle 4:	Normensammlung zu Anforderungen an Messtechnik, aktualisiert aus [25]	29
Tabelle 5:	Normensammlung bzgl. Anforderungen an Bauwerke, aktualisiert aus [25]	30
Tabelle 6:	Ausschnitt Anlage 1 der SÜWVO Abw [1], reduziert auf Drosseleinrichtungen.....	33
Tabelle 7:	Ausschnitt aus Anhang 2 der EKVO Hessen [27].....	34
Tabelle 8:	Rangliste der gevoteten Drosselorgane	41
Tabelle 9:	Auswahl der Produkte für den IKT-Warentest „Drosselorgane“.....	42
Tabelle 10:	Übersicht zu Belastungen, Prüfungen und Zeitpunkten bzw. -dauern....	44
Tabelle 11:	Prüfprogramm mit Versuchsablauf	44
Tabelle 12:	Informationen über die Zugabestoffe zum Schmutzwasser.....	55
Tabelle 13:	Informationen über die Zugabestoffe zum Schmutzwasser.....	55
Tabelle 14:	Übersicht zu den Hygieneartikeln.....	56
Tabelle 15:	Übersicht zu den Störkörpern.....	57
Tabelle 16:	Grundsätzliche Ergebnisdarstellung der durchgeführten Drosselprüfungen	60
Tabelle 17:	Informationen zum Drosselorgan SSD 200	61
Tabelle 18:	Informationen zum Ein- und Umbau der SSD 200	64
Tabelle 19:	Testergebnisse für die SSD 200.....	66
Tabelle 20:	Informationen zur Waage-Drossel.....	76
Tabelle 21:	Informationen zum Ein- und Umbau der Waage-Drossel	78
Tabelle 22:	Testergebnisse für die Waage-Drossel	80
Tabelle 23:	Informationen zur Strahl-Drossel.....	89
Tabelle 24:	Informationen zum Ein- und Umbau der Strahl-Drossel	91
Tabelle 25:	Testergebnisse für die Strahl-Drossel	93
Tabelle 26:	Informationen zur Turbo-Wirbeldrossel	104
Tabelle 27:	Informationen zum Ein- und Umbau der Turbo-Wirbeldrossel.....	106
Tabelle 28:	Testergebnisse für die Turbo-Wirbeldrossel.....	108

Tabelle 29:	Informationen zum Alpheus Automatik.....	117
Tabelle 30:	Informationen zum Ein- und Umbau des Alpheus Automatik	120
Tabelle 31:	Testergebnisse für den Alpheus Automatik.....	122
Tabelle 32:	Informationen zum HydroSlide Giehlmatic	132
Tabelle 33:	Informationen zum Ein- und Umbau des HydroSlide Giehlmatic.....	134
Tabelle 34:	Testergebnisse für den HydroSlide Giehlmatic	136
Tabelle 35:	Drosselorgane für In-situ-Untersuchungen.....	157
Tabelle 36:	Bewertungsschema (Überblick) mit Wichtung	163
Tabelle 37:	Bewertungsschema „Systemprüfungen“.....	164
Tabelle 38:	Anzahl der Prüfungen mit Gewichtung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“	165
Tabelle 39:	Anzahl der Prüfungen mit Gewichtung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s“	166
Tabelle 40:	Bewertungsschema für die hydraulischen Prüfungen bei den Kriterien „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ und „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s“.....	166
Tabelle 41:	Bewertungsschema für das Kriterium „Verlegesicherheit“	167
Tabelle 42:	Bewertungsschema für das Kriterium „Gesamtzustand nach Nutzungsende“	168
Tabelle 43:	Bewertungsschema für das Kriterium „Qualitätssicherung“	170
Tabelle 44:	Benotung der Systemprüfungen „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“, „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“, „Verlegesicherheit“ und „Gesamtzustand nach Nutzungsende“	175
Tabelle 45:	Bewertung der Systemprüfung „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“	176
Tabelle 46:	Bewertung der Systemprüfung „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“	178
Tabelle 47:	Bewertung der Systemprüfung „Verlegesicherheit“	180
Tabelle 48:	Bewertung der Systemprüfung „Gesamtzustand nach Nutzungsende“	182
Tabelle 49:	Ergebnisse der Zusatzinformationen	183
Tabelle 50:	Benotung des Bewertungsschwerpunktes „Qualitätssicherung“	184
Tabelle 51:	A: SSD 250, B: Waage-Drossel, C: Stahl-Drossel, D: Turbo-Wirbeldrossel.....	195
Tabelle 52:	HOTSPOT-Anlagen der Begehung	204
Tabelle 53:	MID-Schiebersysteme der In-situ-Begehungen.....	209

Tabelle 54:	Ausschnitt Checkliste: Drosselorgan	225
Tabelle 55:	Ausschnitt Checkliste: Zugänglichkeit und Betrieb	226
Tabelle 56:	Ausschnitt Checkliste zur Vermeidung von Verlegungen	227
Tabelle 57:	Ausschnitt Checkliste zu Wartung / Instandhaltung	228
Tabelle 58:	Ausschnitt Checkliste zu Randbedingungen für die Kalibrierung	229

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

Abkürzungen:

Abkürzung	Bedeutung
A	Arbeitsblatt
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V.
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EKVO	Eigenkontrollverordnung
EU	Europäische Union
EÜV	Eigenüberwachungsverordnung
IKT	IKT – Institut für unterirdische Infrastruktur gGmbH
LK	Lenkungskreis
LUA	Landesumweltamt Nordrhein- Westfalen
M	Merkblatt
MID	Magnetisch-induktive Durchflussmessung
NRW	Nordrhein- Westfalen
PVC	Polyvinylchlorid
RKB	Regenklärbecken
RRB	Regenrückhaltebecken
RRK	Regenrückhaltekanal
RÜ	Regenüberlauf
RÜB	Regenüberlaufbecken
SK	Stauraumkanal
SüwVO	Selbstüberwachungsverordnung
SüwVO Abw	Selbstüberwachungsverordnung Abwasser
SüwVO Kan	Selbstüberwachungsverordnung Kanal
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

Symbole:

Symbol	Bedeutung	Einheit
C1	Lokaler Abweichungsfaktor	-
C2	Mittlerer Abweichungsfaktor	-
D	Kreisrohrdurchmesser	mm
DN	Diameter Nominal (Nennweite)	mm
Dr	Drossel	mm
h	Höhe	m
h_b	Bemessungshöhe	m
h_{max}	Maximale Höhe	m
Q	Durchfluss	l/s
Q_{Dr}	Drosselabfluss	l/s
$Q_{Dr,B,min}$	Kleinster zulässiger Bemessungsabfluss eines Drosselorgans	l/s
Q_{ist}	Gemessener Drosselabfluss	l/s
Q_{soll}	Vorgegebener Drosselabfluss	l/s
$Q_{T,h,max}$	Tagesstundenspitze des Trockenwetterabflusses	l/s
Q_{Zu}	Zulauf	l/s

1 Einleitung

Drosseleinrichtungen sind ein wichtiger Bestandteil von Kanalnetzen bzw. Mischwasserbehandlungsanlagen und dienen dazu, insbesondere die aus Regenbecken und Stauraumkanälen zur Kläranlage weitergeleiteten Abflüsse zu begrenzen. Gleichzeitig sollen vorhandene Beckenvolumina optimal genutzt werden, um Abschläge von Mischwasser in die Vorfluter auf das vorgesehene Maß einzuhalten. Mit Blick auf den Gewässerschutz kommt diesen Einrichtungen somit eine hohe Bedeutung zu. Funktionieren Drosseleinrichtungen nicht ordnungsgemäß, ist zum Teil ein deutlich überhöhter oder reduzierter Zufluss zur Behandlungsanlage oder zum Gewässer zu erwarten. Des Weiteren bestimmt die Abflusscharakteristik des Drosselorgans maßgeblich das Betriebsverhalten des Regenbeckens bzw. der vor- und nachgeschalteten Anlagen.

Erfahrungen der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen aus der Überprüfung von über 500 Drosseleinrichtungen zeigen, dass bauartbedingt Drosselorgane mit einer hydro-mechanischen Steuerung mit beweglichen Teilen in halbtrockener Aufstellung oder in Nassaufstellung auffällig im Betriebsverhalten sein können und dabei unplanmäßige und i.d.R. nicht genehmigte Drosselabflüsse weiter leiten können. Insbesondere bei nass aufgestellten Drosselorganen werden die beweglichen Teile des Drosselorgans bei einem Regenereignis vollständig vom Abwasser ein- oder überstaut. In der Folge sind diese nahezu nach jedem Einstauereignis zu kontrollieren, um Ablagerungen und Verzopfungen zu entfernen, welche andernfalls zu dauerhaften Funktionsstörungen führen können.

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist 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 Informationen sind für Netzbetreiber bei der regelmäßigen hydraulischen Überprüfung der Einrichtungen und bei zukünftigen Investitionsentscheidungen von großer Bedeutung.

Im Zuge des Vorhabens werden Labor- und Betriebsprüfungen sowie ergänzende In-situ-Untersuchungen durchgeführt. Zentraler Aspekt ist die Eignung der Drosselorgane unter langfristigen Betriebsbedingungen. Die Prüfung der Übereinstimmung mit dem technischen Regel- und Normenwerk steht nicht im Vordergrund. Die vergleichenden Untersuchungen des IKT (IKT-Warentests) berücksichtigen hingegen die Praxiserfahrungen der Netzbetreiber, so dass durch das entwickelte Testprogramm langfristige Betriebsbedingungen simuliert und somit der Lebenszyklus der einzelnen Drosselorgane durch hydraulische und mechanische Belastungen durchlaufen wird.

Basierend auf den Ergebnissen der Untersuchungen werden Handlungsempfehlungen für die Mitarbeiter der Kommunen und Wasserverbände sowie Planungsbüros erarbeitet, die wesentliche Hinweise zum Bau, Betrieb und zur Prüfung von Drosseleinrichtungen beinhalten. Ziel dieser Empfehlungen ist es aufzuzeigen, welche Vorgaben und Randbedingungen mit Blick auf Bau und Betrieb von Drosseleinrichtungen wichtig sind und somit die Wasserqualität positiv oder negativ beeinflussen können.

2 Veranlassung, Zielstellung und Vorgehensweise

Die Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen (Selbstüberwachungsverordnung Abwasser – SÜwVO Abw [1]) des Landes Nordrhein-Westfalen sieht vor, dass eine hydraulische Kalibrierung von Drossleinrichtungen innerhalb bestimmter Prüffristen durchzuführen ist. In vergleichbarer Weise finden sich diese Anforderungen in den Eigenkontrollverordnungen weiterer Bundesländer [2, 3].

Drosselorgane verfügen mitunter über eine komplexe Regelungsmechanik, die zum Teil unter Abdeck- und Schutzhauben untergebracht ist. Betriebserfahrungen zeigen, dass es während des Betriebes häufig zur Bildung von Ablagerungen und Verzopfungen im Bereich des Drosselorgans kommt. Dabei wird zum Teil auch die Regelungsmechanik des Drosselorgans stark beansprucht. Nicht selten führt dies zu einer vollständigen Verlegung des Drosselorgans und damit zum Versagen der Drosselfunktion. Vor diesem Hintergrund kommt der richtigen Wartung von Drosselorganen und der Kenntnisse von Stärken und Schwächen sowie des Funktionsprinzips eine entscheidende Bedeutung zu.

Zudem ergeben sich im Zuge der Überwachung und Überprüfung häufig Probleme. So kann beispielweise die hydraulische Überprüfung (vgl. SÜwVO Abw [1]) bei bestimmten Anlagen nur mit großem Betriebsaufwand oder auch gar nicht durchgeführt werden. Ursache hierfür können Planungs-, Bau- und Montagefehler oder fehlende Informationen über das Betriebsverhalten dieser Einrichtungen sein.

Im Rahmen dieses Projektes werden diese Informationen zu ausgewählten Drosselorganen anhand eines praxisnahen Prüfprogramms erarbeitet. Im Einzelnen werden die nachstehend beschriebenen Arbeitspakete (AP) umgesetzt:

Arbeitspaket 1 – Produktrecherche und -auswahl:

Zunächst wird eine **Marktübersicht** erstellt, aus der die beteiligten Netzbetreiber (Mitglieder des Lenkungskreises) in der ersten Projektsitzung sechs Drosselorgane¹ per Voting für die weiteren Untersuchungen auswählen. Hierzu wird im Vorfeld eine umfassende Recherche durchgeführt, um die in Deutschland verfügbaren Hersteller und Anbieter von Drosselorganen und deren Produkte zu identifizieren. Von den Herstellern werden Unterlagen angefordert, ausgewertet und in sogenannten Drosselsteckbriefen zusammengefasst (z.B. Konstruktionsskizzen, Abbildungen, hydraulische Kenndaten etc.). Details, die Auswahl der Drosselorgane betreffend, werden in dem entsprechenden Abschnitt des Berichts erläutert.

Arbeitspaket 2 – Qualitätsanforderungen und Prüfprogramm:

In diesem AP werden die **Qualitätsanforderungen** an Produkte zur Abflussdrosselung erarbeitet und zusammengestellt. Dies erfolgt basierend auf einer Literaturrecherche

¹ Nach Einschätzung der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen können die Marktverhältnisse der derzeit in Deutschland angebotenen Produkte mit Hilfe der sechs ausgewählten Drosselorgane ausreichend abgebildet werden. Eine Überprüfung weiterer Drosselorgane ist jedoch im Rahmen von Nachtests grundsätzlich möglich.

sowie anhand der Erfahrungen der beteiligten Netzbetreiber. Auf Grundlage dieser Anforderungen wird ein **Prüfprogramm** entwickelt.

Arbeitspaket 3 – Produktprüfung auf Basis festgelegter Anforderungen:

Bei der eigentlichen **Prüfung der Drosselorgane** wird zunächst die **Qualitätssicherung** der Produkthanbieter näher betrachtet. Dies betrifft z.B. vorliegende Zulassungen und Nachweise für bestimmte Prüfungen seitens der Hersteller, Anwendungs-, Einbaubeschreibungen und Wartungshinweise. Dazu werden diese aufgefordert, entsprechende Unterlagen bzw. Informationen zu liefern. Die vorliegenden Unterlagen werden sodann mit Blick auf zuvor festgelegte Kriterien gesichtet und ausgewertet.

In der Versuchshalle des IKT wird ein Versuchsstand mit Regenbecken, Drosselschacht und Auffangbecken errichtet. Anschließend werden die Drosselorgane in dieser Versuchseinrichtung eingebaut und hydraulisch kalibriert. Während des Einbaus der Drosselorgane werden Hinweise zur Montage und Justierung der Produkte gewonnen. Der Einbau wird anschließend optisch und manuell überprüft. In den nachfolgenden Versuchen der **Systemprüfung** werden die Drosselorgane hydraulisch kalibriert. Die Systemprüfung dient z. B. dazu, die Genauigkeit des abgeleiteten Drosselabflusses im Vergleich zu dem vom Hersteller angegebenen Sollabfluss zu erfassen bzw. die Abflusskennlinie (Wasserstand-Abfluss-Beziehung) der Drossel festzustellen und mit den Angaben des Herstellers zu vergleichen. Des Weiteren werden im Rahmen des Prüfprogramms Nebeneffekte (z. B. durch Festsetzen von Schwimmern und Abflussblenden) aufgenommen. In der Systemprüfung werden unterschiedliche auftretende Betriebszustände simuliert, die in der Praxis relevant sind, z. B. wird die Funktionssicherheit des Drosselorgans bei Verlegungen untersucht.

Darüber hinaus führt die Prüfstelle für Durchflussmessungen des IKT **In-situ-Untersuchungen** sowie die **hydraulische Kalibrierung** der Drosselorgane bei Netzbetreibern durch. Im Rahmen dieser In-situ-Untersuchungen werden weitere Betriebserfahrungen mit den Drosselorganen gesammelt, insbesondere soll auch das Thema **Robustheit und Verschleiß** im persönlichen Gespräch mit den beteiligten Netzbetreibern aufgegriffen werden. Ergänzend werden hierzu auch Informationen unter den Kunden der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen bzw. den projektbeteiligten Lenkungskreis-Mitgliedern abgefragt.

Um ein ggf. auffälliges Betriebsverhalten von Drosselorganen während realer Einstauereignisse erkennen zu können, werden **Langzeitmessungen** an den Drosseln mit beweglichen Teilen durchgeführt. Im ersten Arbeitsschritt wird der optische Zustand der Drosselorgane sowie die Funktionstüchtigkeit der Drosseln überprüft und bewertet. Durch Anheben des Schwimmers wird z.B. die Leichtgängigkeit des Schwimmers und damit verbunden die Funktionstüchtigkeit der Abflussblende überprüft und dokumentiert. Im zweiten Arbeitsschritt wird, sofern die Randbedingungen vor Ort dies zulassen, die Steuerbewegung des Drosselorgans gemessen, durch Erfassung des Zusammen-

hangs zwischen Schwimmerweg und Blendenöffnungsweite. Sofern die Randbedingungen es zulassen, wird versucht, den Durchfluss zu ermitteln, um diesen ggf. mit dem berechneten Abfluss vergleichen zu können

Drosseleinrichtungen an Regenbecken sollten so ausgewählt und eingebaut sein, dass sie mit möglichst wenig Betriebsaufwand die notwendige Drosselwassermenge sicher weiterleiten und darüber hinaus möglichst einfach zu überprüfen sind. Die Erfahrungen der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen haben jedoch gezeigt, dass insbesondere die hydraulische Überprüfung (vgl. SüwVO Abw [1]) häufig nur mit großem Betriebsaufwand oder auch gar nicht durchgeführt werden kann. Diese im Rahmen des Projektes „HOTSPOT“ genannten Anlagen ergänzen diese Arbeitsposition. An diesen **HOTSPOT-Anlagen** der projektbeteiligten Netzbetreiber werden insgesamt 36 **Einzelanalysen** in situ durchgeführt. In diesem Zusammenhang werden zunächst vorhandene Unterlagen (z.B. Messaufzeichnungen, Baupläne) analysiert und die Situation vor Ort erfasst. Darauf aufbauend erfolgt eine Situationsbeschreibung und Problemanalyse. Mögliche Lösungsvorschläge zur Problembeseitigung werden aufgezeigt. Die Ergebnisse dieser Einzelanalysen werden in Prüfberichten sowie Begehungsprotokollen für die betreffenden Netzbetreiber dargestellt und zusammengefasst. Die Kernergebnisse werden darüber hinaus im Bericht dargestellt.

Arbeitspaket 4 – Hinweise zur Qualitätssicherung:

Auf Grundlage der in den o.g. Arbeitspaketen erzielten Untersuchungsergebnisse werden **Hinweise für Planung, Bau und Betrieb** von hydromechanischen Drosselorganen und Maßnahmen zur Qualitätssicherung erarbeitet. Ebenfalls mit Blick auf die Qualitätssicherung werden **MID-Schiebersysteme** im Rahmen einer Sonderbetrachtung untersucht. Hier steht im Wesentlichen die Qualität der Regelung, die abhängig von hydro-metrischen Randbedingungen, der hard- und softwareseitigen Regelung sowie der Qualität der eingesetzten Schieber ist, im Fokus der Untersuchungen. Um die Zusammenhänge erkennen zu können, werden bei Ortsbegehungen MID-Schiebersysteme untersucht und die Problemstellung der Anlagen, sofern vorhanden, beschrieben. Im Ergebnis werden wiederum Hinweise für Ausschreibung, Bau und Betrieb dieser Anlagen zusammengestellt.

Arbeitspaket 5 – Bewertung und Ergebnisdarstellung:

Die Ergebnisse aller Untersuchungen werden in dem vorliegenden, wissenschaftlichen Endbericht zusammengefasst und die festgestellten Eigenschaften der untersuchten Drosselorgane in einer Übersichtstabelle vergleichend gegenübergestellt. Darüber hinaus sind wesentliche Projektergebnisse in einem Hinweisleitfaden (Kurzfassung des Endberichtes) zusammenfassend dargestellt.

3 Drossleinrichtungen - Stand von Wissenschaft und Technik

3.1 Wasserwirtschaftlicher Hintergrund

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 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 [5] 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. Es zeichnet sich dadurch aus, dass es einen wichtigen Nutzen für die Gesellschaft erbringt. 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).

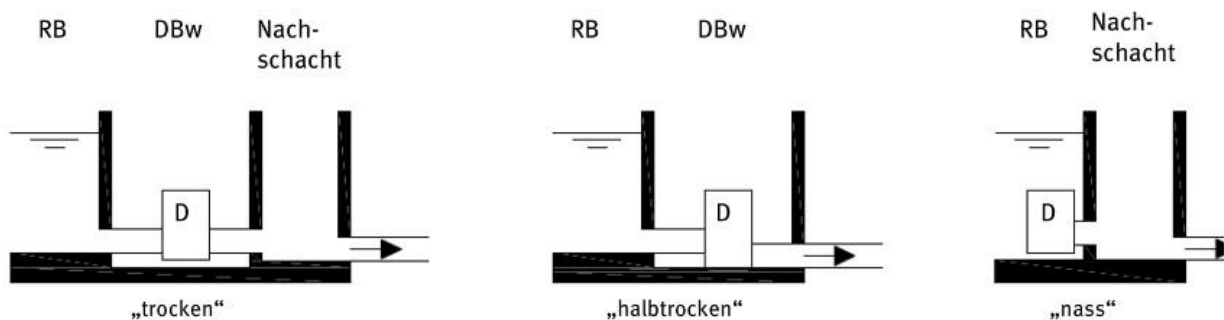


Bild 1 Beispielhafte, schematische Darstellung von unterschiedlich aufgestellten Drosselorganen, aus [15]

3.2 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 bewegte 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	
		<p>Strömungsmechanisches Ventil</p>	Gibt es noch nicht		
aktiv		<p>Oberwassergesteuertes Drosselorgan</p>		mit bewegten Teilen	
		<p>Unterswassergeregeltes 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 Rohreibung 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 löst [19]². 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 zum Bericht) 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 (vgl. Abschnitt Off) der Systemprüfungen zum besseren Verständnis.

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 frequenzgeregelter 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] 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.

² 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

3.3 Bau und Betrieb von Drosseleinrichtungen

3.3.1 Regelwerke

Die wesentlichen Qualitätsanforderungen an Drosseleinrichtungen 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 Drosseleinrichtungen 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 3.3.1.1),
- Funktionsprüfung und Probetrieb (vgl. Abschnitt 3.3.1.2),
- Regelwerke für Messeinrichtungen und Bauwerke für MID-Schiebersysteme (vgl. Abschnitt 3.3.1.3),
- Überwachung und Wartung mit Informationen zu: Zugänglichkeit, Aufstellungsart und Mindestmaße von Drosselbauwerken (vgl. Abschnitt 3.3.1.4),
- Verhinderung von Verlegungen und Ablagerungen (vgl. Abschnitt 3.3.1.5) 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 7.6).

3.3.1.1 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 $2DN_{Dr}$ 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 3.3.2.2.

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.

3.3.1.2 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].

3.3.1.3 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]).

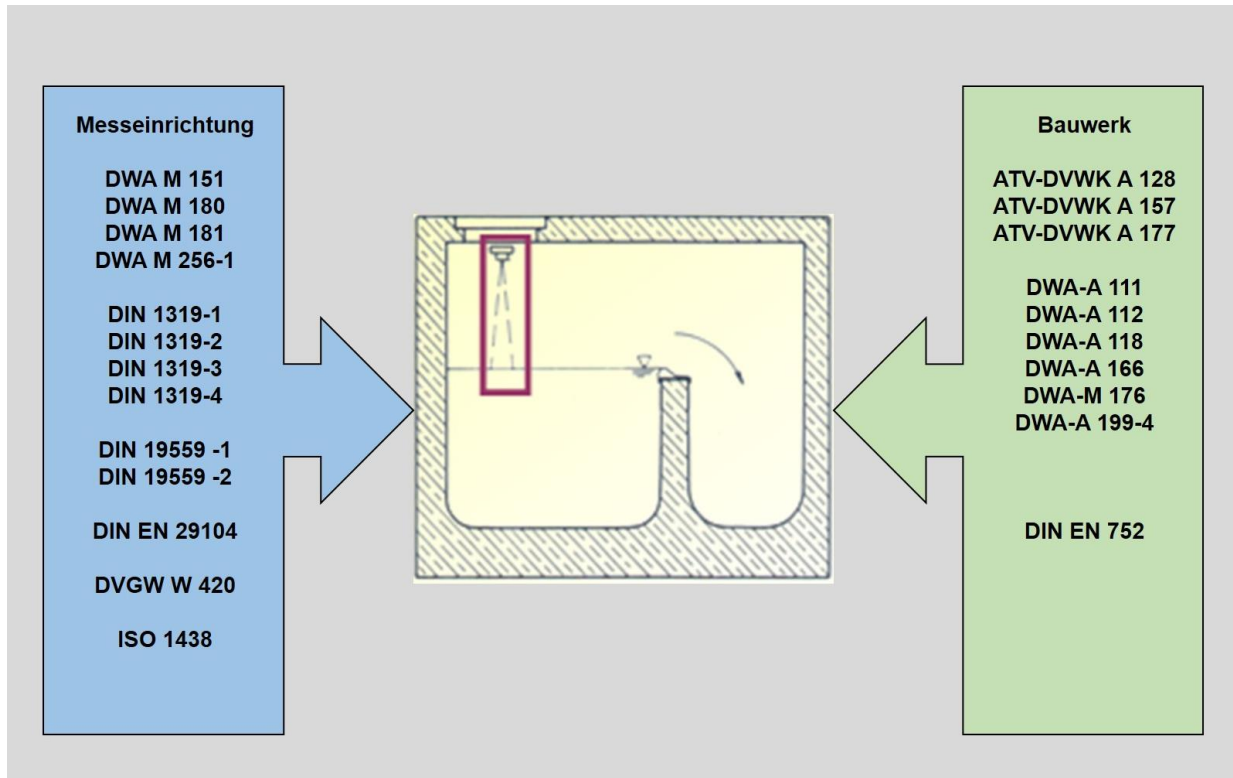


Bild 4 Übersicht der Normen und Regelwerke zu MID-Schiebersystemen, aktualisiert aus [25]

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

3.3.1.4 Überwachung und Wartung

Drosseleinrichtungen 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 einfache 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 Drosseleinlauf und -auslauf gut einsehbar sind und ebenfalls zugänglich ausgeführt werden. [22]

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 3.3.1.5), 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]

3.3.1.5 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 Regen-

wasser 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 Eingangsgröße 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 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]

3.3.2 Rechtliche Randbedingungen

3.3.2.1 Nordrhein-Westfalen

In der „Selbstüberwachungsverordnung von Abwasseranlagen“ (SüwVO Abw) [1] wurden in Nordrhein-Westfalen die Anforderungen u.a. auch 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 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]

3.3.2.2 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]

	Regenentlastungen (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 a) Sichtprüfung b) Funktionstest
Prüfberechtigt	Prüfstellen gemäß § 11 EKVO	Unternehmerinnen oder Unternehmer der Abwasseranlage	Unternehmerinnen oder Unternehmer der Abwasseranlage
Prüfintervall	Alle 5 Jahre	jährlich	c) Sichtprüfung min. monatlich d) 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 Prüfmethoden möglich sind.

Die im Merkblatt D 2.10 [24] aufgelisteten Anforderungen an Drosseleinrichtungen 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 Fernwirksystem angeschlossen werden kann. [24]

Die Anforderungen an die Genauigkeit des Drosselorgans sind im Merkblatt D 2.10 [24] zu finden. Die in Abschnitt 3.3.1.1 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 %)

3.3.2.3 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.

3.3.2.4 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.

4 Vergleichende Untersuchungen von hydromechanischen Drosselorganen – Warentest Drosselorgane

4.1 Untersuchungsprogramm

4.1.1 Konzept des IKT-Warentests

Ziel der IKT-Warentests ist es, den Netzbetreibern zuverlässige und unabhängige Informationen über Eigenschaften von marktgängigen Produkten und Verfahren zu liefern. Angaben in Verfahrensbeschreibungen und Werbeinformationen der Anbieter über die vermeintliche Qualität ihrer Produkte werden durch den IKT-Warentest einer unabhängigen und neutralen Prüfung unterzogen.

Zentraler Aspekt ist die Eignung von Produkten unter langfristigen Betriebsbedingungen. Die Prüfung der Übereinstimmung mit dem technischen Regel- und Normenwerk steht daher nicht im Vordergrund, sondern es werden vor allem während des Betriebs auftretende Beanspruchungen untersucht, denen die Produkte in der Praxis jahrzehntelang ausgesetzt sind.

Die Gewährleistungsfrist für Produkte der Kanalisationstechnik beträgt heute maximal fünf Jahre. Dies ist verglichen mit den üblicherweise angestrebten Nutzungsdauern eine sehr kurze Zeitspanne. Von besonderem Nachteil für Auftraggeber sind Schäden, die erst nach Ablauf der fünfjährigen Gewährleistungsfrist auftreten. Ein Rückgriff auf den Anbieter ist nur in den seltensten Fällen möglich und zudem mit langwierigen rechtlichen Auseinandersetzungen verbunden. Hieraus resultiert ein erhebliches finanzielles Risiko für die Netzbetreiber, das durch die vergleichenden IKT-Warentests reduziert werden kann.

Bei den Untersuchungen im IKT-Warentest stehen die Einbauqualität der Produkte und Verfahren und deren Abminderung während des Betriebs im Vordergrund. Dies geschieht mit Blick darauf, dass der Einsatz von Produkten bzw. Verfahren auf der Baustelle bereits eine erhebliche Qualitätsminderung im Vergleich zu der 100%igen, geprüften Werks- oder Laborqualität verursachen kann. Abhängig vom Verfahren ist im Betrieb mehr oder weniger mit einer weiteren Qualitätsminderung zu rechnen (vgl. Bild 5).

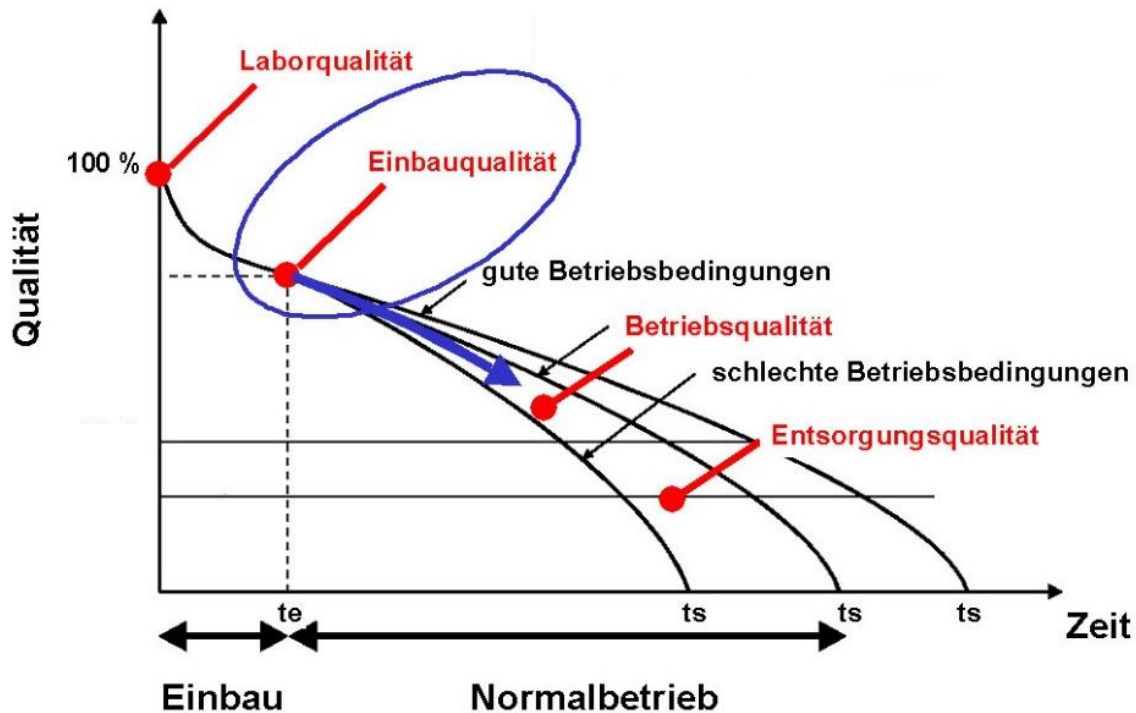


Bild 5 Untersuchungsschwerpunkt (blau) der IKT-Warentests

In diesem IKT-Warentest werden Drosselorgane insbesondere mit Blick auf ihre Leistungsfähigkeit vergleichend untersucht. Die beteiligten Netzbetreiber (vgl. Abschnitt 4.1.2) sowie die Vergabe der Lose (vgl. Kap. 4.2), das Prüfprogramm (vgl. Kap. 4.3) und der Versuchsaufbau (vgl. 4.4), das Bewertungsschema (vgl. Kap. 5.1), die Testergebnisse (vgl. Kap. 5.2) und die Warentest-Prüfzeugnisse (vgl. Kap. 5.3) werden in den entsprechenden Kapiteln dargestellt.

4.1.2 Beteiligte Netzbetreiber

Ein vergleichender IKT-Warentest wird stets durch eine Gruppe von Netzbetreibern begleitet, dem sogenannten Lenkungskreis. Dieser Lenkungskreis entscheidet in regelmäßigen Sitzungen über

- die Auswahl von Produkten bzw. Verfahren für die erste Testreihe
- die Bau- bzw. Instandhaltungsaufgabe für den Einsatz der Produkte bzw. Verfahren im Test
- die maßgeblichen Leistungsziele und Qualitätsanforderungen
- den Umfang und die Ausrichtung des Prüfprogramms
- den Informationsaustausch mit den Produkt- bzw. Verfahrensanbietern
- die Bewertung und die Veröffentlichung der Ergebnisse

An dem IKT-Warentest „Drosseleinrichtungen an Regenbecken“ und an dem Partnerprojekt „Sonderfragen der Hydraulik“ waren folgende Netzbetreiber beteiligt:

- Emschergenossenschaft
- Erftverband
- Niersverband
- Ruhrverband
- Stadt Rheda-Wiedenbrück
- Stadtentwässerung Frankfurt am Main
- Technische Betriebe Velbert AöR
- Technische Werke Burscheid AöR
- Wasserverband Eifel-Rur
- Wirtschaftsbetriebe Duisburg AöR
- Wirtschaftsbetrieb Hagen – WBH (AöR)
- Wupperverband
- Zweckverband Wasser und Abwasser Vogtland

Die eigentliche Prüfung sowie die Dokumentation der Ergebnisse erfolgen durch das IKT als unabhängiges Institut. Das IKT ist im Rahmen der Prüfung insbesondere verantwortlich für die ingenieurtechnische Entwicklung und Umsetzung der Prüfaufbauten und des Prüfprogramms. Diesbezügliche Entscheidungen sowie insbesondere auch die Auswahl der Prüfobjekte (hier: Drosselorgane, vgl. Abschnitt 4.2) werden in unmittelbarer Abstimmung mit dem Lenkungskreis getroffen.

4.2 Vergabe der Lose (Auswahl der Drosselorgane)

In einem ersten Schritt wurde eine Marktrecherche durchgeführt, um einen Überblick über die Verfügbarkeit von Drosselorganen und deren Hersteller zu erlangen. Diese wurde anschließend den Lenkungskreismitgliedern zur Vervollständigung vorgelegt. Aus der Gesamtauswahl der auf dem deutschen Markt verfügbaren Drosselorgane (99 Stück) wurden in der Folge die hydromechanischen Drosselorgane herausgefiltert. Diese sind mit zusätzlichen Informationen der Hersteller im Anhang des Forschungsberichtes zusammengefasst.

Für die Vergabe der Lose wurden insgesamt 28 hydromechanische Drosselorgane recherchiert. Die Liste der recherchierten hydromechanischen Drosselorgane wurde den Teilnehmern des Lenkungskreises vorgestellt. Es wurde seitens der Lenkungskreismitglieder grundsätzlich festgelegt, dass insgesamt sechs hydromechanische Drosselorgane mit beweglichen Teilen getestet werden. Es können zwei Produkte von einem Anbieter untersucht werden, wenn sich diese Drosselorgane bauartbedingt unterscheiden. Passive Drosselorgane, d.h. ohne bewegliche Teile, werden nicht berücksichtigt.

Mittels eines gewichteten Votings wurde anschließend durch die Lenkungskreismitglieder folgende Rangliste der zu untersuchenden hydromechanischen Drosselorgane festgelegt. Dargestellt sind alle Produkte mit wenigstens einem Votingpunkt.

Tabelle 8: Rangliste der gevoteten Drosselorgane

Drosselorgane	Anbieter	Punkte
HydroSlide Standard	Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein	33
Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Standard	BIOGEST AG, Taunusstein	24
Strahl-Drossel Typ I	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld	17
Waage-Drossel Typ II	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld	15
Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik	BIOGEST AG, Taunusstein	14
HydroSlide Automatikregler Giehlmatic	Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein	13
Kompakt-Abflussregler	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld	10
Abflussregler RW	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld	6
APA-SSD	APA Abwassertechnik GmbH, Pfedelbach-Windischenbach	5
HydroSlide Combi	Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein	5
HydroMat – M	HST Systemtechnik GmbH & Co. KG, Meschede	4
Alpheus-Abflussbegrenzer Typ AT	BIOGEST AG, Taunusstein	4
Brillenklappe UFT-FluidMoon	UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH, Bad Mergentheim	3
Schlauchdrossel UFT-FluidHose	UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH, Bad Mergentheim	2
Kaskadenregler UFT-FluidCasca	UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH, Bad Mergentheim	2
Hydroslide Flat Flow	Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein	2
Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200	UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH, Bad Mergentheim	

Bei der Diskussion zu den sechs am höchsten geordneten Drosselorganen trat jedoch zutage, dass die ersten zwei Ränge von Drosselorganen belegt werden, für die bereits höherwertige Varianten existieren und auch ggf. eingesetzt werden sollen. Vor diesem Hintergrund wurde einstimmig beschlossen, dass die beiden höchst geordneten Drosselorgane (Rang 1 und 2) im Warentest nicht berücksichtigt werden, sondern nur deren Produktalternativen, d.h. Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik und HydroSlide Automatikregler Giehlmatic. Gemäß der Votingliste rückt für Rang 5 aufgrund der gewünschten Anbietervielfalt seitens der Lenkungskreismitglieder das Drosselorgan „APA-SSD 200 Typ II“ nach. Für das weitere Los (Rang 6) wird beschlossen, dass – in Ergänzung zu den Anlagen der Votingliste – auch die „Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200“ getestet wird. Bei diesem Drosselorgan handelt es sich um ein weiterentwickeltes passives Drosselorgan mit beweglichen Teilen.

Im Ergebnis wurde die folgende Auswahl von sechs Drosselorganen (vgl. Tabelle 9) seitens der Lenkungskreismitglieder beschlossen.

Tabelle 9: Auswahl der Produkte für den IKT-Warentest „Drosselorgane“

Drosselorgane	Anbieter
HydroSlide Automatikregler Giehlmatic	Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein
Alpheus-Abflussbegrenzer Typ Automatik	BIOGEST AG, Taunusstein
Strahl-Drossel Typ I	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld
Waage-Drossel Typ II	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld
APA-SSD 200 Typ II	APA Abwassertechnik GmbH, Pfedelbach-Windischenbach
Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200	UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr.H.Brombach GmbH, Bad Mergentheim

Mit Blick auf die Drosselabflüsse (Q_{Dr}) wurden folgende **Zielgrößen** festgelegt, die [17] entnommen sind:

25 Liter je Sekunde (Ausgangswert, entspricht minimalem Drosselabfluss für Abfluss-Steuerungen) und 10 Liter je Sekunde (planmäßige Umstellung im Drossel-Lebenszyklus, entspricht minimalem Drosselabfluss für Abfluss-Regelungen). Diese Sollereinstellungen werden durch die Hersteller vorgenommen. Recherchen bei den Herstellern ergaben, dass bis auf ein Drosselorgan (Strahl-Drossel Typ I) alle weiteren Produkte die o.a. Anforderungen erfüllen können. Nach Auskunft des Herstellers liegt der Minimalwert der Drosselwassermenge bei der Strahl-Drossel Typ I bauartbedingt bei 15 Liter je Sekunde (l/s). Ein alternativ verfügbares Drosselorgan des Herstellers, das Drosselabflüsse von 25 und 10 l/s ermöglicht, entspricht allerdings nicht der gewünschten und vom Lenkungskreis ausgewählten Bauart einer typischen Strahl-Drossel. Aus diesem Grund beschließen die projektbeteiligten Netzbetreiber, dass die

Strahl-Drossel Typ I im Untersuchungsprogramm eingesetzt, im Warentest allerdings lediglich für der Drosselabfluss von 25 l/s benotet wird. Die weiteren Prüfungen nach Umstellung der Drosselwassermenge auf 15 l/s werden im Einklang mit dem Prüfprogramm durchgeführt, jedoch nicht bewertet.

Für die Versuchsreihe wurde in Abstimmung mit dem Lenkungskreis ein Prüfprogramm entwickelt, das den Lebenszyklus eines Drosselorgans widerspiegelt. Einzelheiten sind im nachstehenden Abschnitt 4.3 erläutert.

4.3 Prüfprogramm

In Abstimmung mit dem Lenkungskreis wurde ein Prüfprogramm beschlossen, mit dem ein etwa 25-jähriger Lebenszyklus [13]³ von Drosselorganen simuliert wird. Diese Simulation erfolgt durch hydraulische und mechanische Belastungen, die Beanspruchungen zu bestimmten Zeitpunkten bzw. für bestimmte Zeitdauern abbilden (vgl. Tabelle 10). In der Tabelle sind die mechanischen Belastungen in rotbraunem Farbton hinterlegt.

Tabelle 10: Übersicht zu Belastungen, Prüfungen und Zeitpunkten bzw. -dauern

Belastung/ Prüfung nach ...	Art der Belastung/Prüfung	Zeitpunkt der Prüfung/ Dauer Betriebssimulation
... Einbau (E)	Hydraulisch mit Klar- und Schmutzwasser, vgl. Prüfprogramm in Tabelle 11/ In Anlehnung an Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1]	Nach 0 Jahren
Betriebssimulation Z1 (E-B)	Mechanische Beanspruchung beweglicher Teile	15 Jahre
... Betriebsdauer (B)	Hydraulisch mit Klar- und Schmutzwasser, vgl. Prüfprogramm in Tabelle 11/ In Anlehnung an Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1]	Nach 15 Jahren
... Umbau (U)	Hydraulisch mit Klar- und Schmutzwasser, vgl. Prüfprogramm in Tabelle 11/ In Anlehnung an Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1]	Nach 15 Jahren
Betriebssimulation Z2 (U-N)	Mechanische Beanspruchung beweglicher Teile	10 Jahre
... Nutzungsende (N) bzw. Nutzungsende- Ausbau (N-A)	Hydraulisch mit Klar- und Schmutzwasser, vgl. Prüfprogramm in Tabelle 11/ In Anlehnung an Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1]	Nach 25 Jahren

Die Reihenfolge der Prüfungen und Belastungen zeigt Tabelle 11. Details werden im Anschluss dargestellt. In der Tabelle sind „Inspektionen“ an den Drosselorganen in beige hinterlegt, „Betriebssimulationen“ in rotbraunem und „Betriebsbeanspruchungen“ in blauem Farbton. Die hydraulischen Prüfungen wie „SÜwVO“- und „Betriebstauglichkeitsprüfungen“ sind farblich nicht hinterlegt.

Tabelle 11: Prüfprogramm mit Versuchsablauf

Lfd. Nr.	Versuchsablauf	Art der Belastung/Prüfung	Simulierter Zeitpunkt / Intervall Lebenszyklus
1	Inspektion	Aufnahme/Dokumentation IST-Zustand (Bauabnahme), händische Kontrolle der Gängigkeit	E
2	Prüfung nach SÜwVO I	hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustieren); Drosselzustand sauber	E
3	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Einstau Regenbecken, hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand sauber	E

³ „Als Planungszeitraum der Regenwasserbehandlungsanlagen ist daher der Planungszeitraum der Kläranlage von etwa 15 - 25 Jahren anzusetzen.“

4	Prüfung nach SÜwVO II	hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand vor Versuch sauber	E
5a	Betriebssimulation Z1 (15 Jahre)	mechanische Belastung beweglicher Teile, Drosselzustand ungereinigt	E-B
5b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung; Drosselzustand ungereinigt	E-B
6	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt	B
7	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel mit Wasserhochdruck	B
8	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Einstau Regenbecken, hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand sauber	B
9	Prüfung nach SÜwVO I	hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand sauber	B
10	Betriebssimulation	Umstellung der Q_{Dr} von 25 auf 10 l/s	U
11	Inspektion	Aufnahme/Dokumentation IST-Zustand (Bauabnahme), händische Kontrolle der Gängigkeit	U
12	Prüfung nach SÜwVO I	hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustieren); Drosselzustand sauber	U
13	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Einstau Regenbecken, hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand sauber	U
14	Prüfung nach SÜwVO II	hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand vor Versuch sauber	U
15a	Betriebssimulation Z2 (10 Jahre)	mechanische Belastung beweglicher Teile, Drosselzustand ungereinigt	U-N
15b		Durchfluss mit stark konzentriertem Schmutzwasser (SKS), anschließend Trocknung; Drosselzustand ungereinigt	U-N
16	Prüfung auf Betriebstauglichkeit II	hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt	N
17	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel mit Wasserhochdruck	B
18	Prüfung auf Betriebstauglichkeit I	Einstau Regenbecken, hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand sauber	N
19	Prüfung nach SÜwVO I	hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand sauber	N
20	Betriebsbeanspruchung	Anprall von Störkörpern, Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung	B
21	Betriebsbeanspruchung	Reinigung der Drossel mit Wasserhochdruck	N
22	Prüfung nach SÜwVO I	hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand sauber	N-A
23	Betriebssimulation	Ausbau der Drossel	N
24	Inspektion	Aufnahme/Dokumentation IST-/Ausbau-Zustand, händische Kontrolle der Gängigkeit	N
25	Betriebsbeanspruchung	Korrosionsangriff mit $FeCl_3$ -Lösung	N
26	Inspektion	Kontrolle der Beständigkeit verwendeter Bauteile; Dokumentation Zustand	N
27	Inspektion	Allgemeinzustand/ Inaugenscheinnahme durch LK-Mitglieder (Bewertungskreis)	N

Unter Berücksichtigung der chronologischen Reihenfolge der Prüfungen werden diese mit Blick auf deren Durchführung nachfolgend erläutert:

- **Inspektion** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 1, 11, 24, 26, 27)
Optische Kontrolle beweglicher Teile, Kontrolle auf Auffälligkeiten, Dokumentation durch IKT und LK. Vorgehensweise analog zur Erstabnahme von

Drosseleinrichtungen durch zugelassene Prüfstellen (z.B. Abgleich Typenschild, Erfassung der Nennweiten von Zu- und Ablauf, Schwimmer-Schieberstellungen etc.).

- **SüwVO I-Prüfung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 2, 9, 12, 19, 22)
6-stufiger Plan der hydraulischen Prüfung mit Klarwasser bei gereinigter Drossel:
 1. Stufe 1 (100% = 2,8m Wasserstand im Regenbecken)
 2. Stufe 2 (83% = 2,3m Wasserstand im Regenbecken)
 3. Stufe 3 (66% = 1,9m Wasserstand im Regenbecken)
 4. Stufe 4 (50% = 1,4m Wasserstand im Regenbecken)
 5. Stufe 5 (33% = 0,9m Wasserstand im Regenbecken)
 6. Stufe 6 ($2 \cdot Q_{DN300}$ Auslauföffnung, ca. 21% = 0,6m Wasserstand im Regenbecken)

Abschließender, variabler Einstau der Drossel unter einem konstanten Zufluss von 40l/s über 5 Minuten. Dabei Messung der Drosselwassermenge und des Füllstandes im Regenbecken). Anlass: Angelehnt an die Vorgehensweise bei Drosselprüfungen mit Nutzung von Frischwasser zur Füllung des Regenbeckens; jede Stufe sowie der abschließende Einstau dauert fünf Minuten und dient im Rahmen der Versuche zur Verlängerung der Prüfzeit (ca. 40 min) und damit der Vergrößerung der praxisrelevanten Durchflussmenge auf mehr als 50 m³ (entspricht dem empfohlenen Mindestvolumen eines Fangbeckens gemäß [13]).

- **Betriebstauglichkeit I-Prüfung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 3, 8, 13, 18)
Hydraulische Prüfung mit Klarwasser bei gereinigter Drossel (Beckeneinstau mit $Q_{Zu} = 40 \text{ l/s} > Q_{Dr}$, Start ab Regelbeginn Drossel bis Volleinstau Regenbecken von 2,8 m). Dabei Messung der Drosselwassermenge und des Füllstandes im Regenbecken). Anlass: Simulation Beckeneinstau mit Drosselaktivierung, „Spülstoß“.
- **SüwVO II-Prüfung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 4, 14)
Hydraulische Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser (schwach konzentriert, Inhaltsstoffe siehe 4.4.3, vgl. [31]) bei gereinigter Drossel. Dabei Messung der Drosselwassermenge und des Füllstandes im Regenbecken). Start der Prüfung bei Volleinstau des Regenbeckens von 2,8 m, Berücksichtigung der Messdaten erst ab einer Füllstandshöhe im Regenbecken von 2,5 m wg. Abklingen der Anlaufwelle nach Öffnen des Schiebers. Anlass: Angelehnt an die Vorgehensweise bei Drosselprüfungen mit Nutzung vorhandenen Mischwassers.
- **Betriebssimulation Z1 und Z2** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 5a, 5b und 15a, 15b); Details zur Umsetzung finden sich zu jedem untersuchten Drosselorgan in den jeweiligen Abschnitten der Systemprüfungen:

1. **Mechanische Beanspruchung** (5a, 15a) der beweglichen Teile einer Drossel ohne Wasser (Anlass: Simulation der Drossel-Bewegungen während Lebensdauer, $Z1=15a$ und $Z2=10a$). Mechanische Beanspruchung: Zunächst wird bei der ersten Einstellung die Dauerbeanspruchung abgefahren (maximale Amplitude, z.B. entsprechend dem Schwimmerweg bei einer Frequenz von 5 Zyklen je Minute). Nach Beendigung dieser Belastungseinheit werden zur Simulation eines Wellengangs die Endschalter des Pneumatik-Zylinders umgestellt auf eine Amplitude von +/- 2 cm bei einer Schwimmerstellung von etwa 66% des Beckenfüllstands und Erhöhung der Frequenz auf 15 Zyklen je Minute. Sofern die Funktionsweise des Drosselorgans die gewählte Frequenz der Zyklen nicht zulässt, wird die maximal mögliche Frequenz eingestellt für die Durchführung der Versuche (vgl. entsprechende Abschnitte zu den Systemprüfungen der einzelnen Drosselorgane).
Die Zyklenanzahl für die Dauerbeanspruchung beträgt bei dem ersten Belastungsszenario 1100 und für den Wellengang 550, bei dem zweiten Belastungsszenario entsprechend 734 und 366. Hieraus ergibt sich ein Verhältnis der Zyklenanzahl von 2 zu 1. Grundlage für die Zyklen bzw. Aktivierungen der bewegten Bauteile sind sehr oft eintretende Überlaufereignisse an Fangbecken gem. [29], auf 110 Stck. pro Jahr gerundet und hochgerechnet auf den Lebenszyklus einer Drossel von 25 Jahren.
 2. **Durchfluss von stark konzentriertem Schmutzwasser** (5b, 15b) bei ungereinigter Drossel, Inhaltsstoffe siehe 4.4.3, vgl. [31], Regenbecken mit 1,0 m Höhe deutlich über $2xD_{Dr}$ eingestaut, danach Leerlaufen des Beckens. Anschließend Trocknung der Bauteile mittels Ventilator über ca. 15 Stunden bei $19^\circ \pm 2^\circ$ Celsius; als Referenzwert dient getrocknetes Papiertuch, das an der Drossel befestigt ist (erforderlicher Messwert der Feuchtemessung: 0 Masse-%, Messgerät: Elcometer 118). Anlass: Simulation von Verschmutzungen und Anhaftungen, Steigerung des Verschleißes an beweglichen, mit „Abwasser“ benetzten Bauteilen.
- **Betriebstauglichkeit II-Prüfung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 6, 16)
Hydraulische Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser (schwach konzentriert, Inhaltsstoffe siehe 4.4.3, vgl. [31]) bei ungereinigter Drossel. Dabei Messung der Drosselwassermenge und des Füllstandes im Regenbecken). Start der Prüfung bei Volleinstau des Regenbeckens von 2,8 m, Berücksichtigung der Messdaten erst ab einer Füllstandshöhe im Regenbecken von 2,5 m wg. Abklingen der Anlaufwelle nach Öffnen des Schiebers. Anlass: Simulation eines typischen Betriebs der Drossel.
 - **Betriebsbeanspruchung Reinigung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 7, 17, 21)
Äußerliche Reinigung der Drosselorgane nach Schmutzwasserbelastung bzw. vor Klarwasserprüfungen mit Wasserhochdruck: Mindestabstand der Lanze zum Objekt von 50 cm und Betriebsdruck des HD-Gerätes von maximal 130 bar. Anlass: Simulation einer typischen Arbeitsanweisung im Betrieb: Reinigung einer Drosselreinigung nach Einstauereignis.

- **Betriebssimulation Umstellung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 10)
Umstellung der Drosselwassermenge durch den Hersteller nach Simulation von 15 Jahren Betrieb, dabei Dokumentation der Arbeiten. Anlass: Simulation eines typischen Ereignisses innerhalb eines Drossel-Lebenszyklus.

- **Betriebsbeanspruchung Anprall von Störkörpern und Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 20)
 1. Zunächst Prüfung des **Durchgangs von Hygieneartikeln** (Präservative, Damenbinden, Tampons und Babywindeln, jeweils eingelegt in Wasser für 15 Minuten). Auswahl von Hygieneartikeln anhand von Praxiserfahrungen des Lenkungskreises, Verwendung von Hygieneartikeln mittlerer Größe verfügbarer Produkte mittels „Steigerungslauf“, beginnend mit wenigen kleinen/leichten Objekten (z.B. Präservativ oder Tampon) bis hin zu vielen und größeren Objekten (z.B. Windeln) zur Prüfung der Drossel-Verlegebeseitigungseinrichtungen.
Dabei Einstellen eines Wasserstroms von 10 l/s (Trockenwetterfall), dann jeweils Zugabe von einem Präservativ, einem Tampon, einer Damenbinde und zuletzt einer Windel, Kontrolle des Durchgangs am Auslauf der Drossel. Anschließend Einbringen aller vier Artikel zusammen in einem 12-Liter-Eimer in den Wasserstrom und Kontrolle des Durchgangs.
In zweiter Phase in gleicher Weise Zugabe von jeweils zwei Artikeln in den Wasserstrom und dann wiederum gleichzeitig aus dem Eimer. Dies wird wiederholt bis zu einer maximalen Zugabe von fünf Artikeln bzw. bis zur endgültigen Verlegung des Drosselorgans.
 2. Im Anschluss **mechanische Belastungen** der Drossel durch Anprall bzw. Zugabe von jeweils einem Bohrkern ($d=h=10$ cm), $\frac{1}{2}$ MW-Klinker, Steinzeug-Scherben (je einmal mit Abmessungen von 5×5 / $7,5 \times 7,5$ / 10×10 cm), Holzstab ($L=20$ cm, $D=5, 10, 20$ mm) in den Zufluss von 10 l/s; siebenmaliger Anprall einer Rundstrahldüse ca. 7,8 kg Gewicht, eingefahren von der Ablaufseite mit einer Geschwindigkeit von ca. 1 m/s. Anlass: Simulation von Betriebszuständen.

- **Betriebssimulation Ausbau der Drossel** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 23)
Ausbau der Drossel, Dokumentation der Arbeiten und Feststellung des Zeitaufwands. Anlass: Simulation eines typischen Ereignisses innerhalb eines Drossel-Lebenszyklus.

- **Betriebsbeanspruchung Korrosion** (vgl. lfd. Nr. im Prüfprogramm: 25)
Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch Einstreichen des Drosselorgans mit 40 %-iger FeCl_3 -Lösung. Anlass: Simulation Alterung, Prüfung der Qualität und Korrosionsbeständigkeit.

Die in den Versuchen eingesetzten Prüfmedien, -materialien und Hilfsstoffe sind in Abschnitt 4.4.3 dargestellt.

Wartungsarbeiten an den Drosselorganen werden nicht vorgesehen, da die Zeitdauer der Versuchsreihe mit zwei bis drei Wochen je Drosselorgan deutlich unterhalb von üblicherweise von Herstellern vorgesehenen Wartungsintervallen von bis zu zwei Jahren liegt. Darüber hinaus erfahren die Drosselorgane keinen Alterungsprozess bzw. Verschleiß, wie er unter realen Betriebsbedingungen (Kanalatmosphäre vs. Randbedingungen in der Versuchshalle, Abwasserfreiheit etc.) entsteht.

4.4 Versuchsaufbau und Prüfmaterialien

4.4.1 Versuchsstand für halbtrocken aufgestellte Drosselorgane

Gesamtübersicht des Versuchsstandes

Der Versuchsstand für die halbtrocken aufgestellten Drosselorgane ist schematisch in der nachstehenden Skizze dargestellt (vgl. Bild 6). Im Wesentlichen besteht dieser Aufbau aus einem Regenbecken und angeschlossenem Drosselbauwerk. An das Drosselbauwerk schließt eine Auslaufleitung an, die ein schadloses Abführen des Drosselwasserabflusses ohne Rückstau in den Schacht bzw. zur Drossel ermöglicht. Aufgefangen werden die Wassermengen in einem Tosbecken.

Um ausreichende Wassermengen für die Prüfungen vorzuhalten, werden insgesamt ca. 44 m³ Klarwasser in vier Stahltanks (Vorlage- und Sammelbehälter) gebunkert. Die installierte Pumpenleistung von jeweils 40 Liter je Sekunde ist ausreichend, die Wassermengen aus dem Tosbecken in die Sammelbehälter zu befördern und von dort in die Vorlagebehälter. Die hier eingebauten Kreiselpumpen ermöglichen eine genaue Zudosierung der gewünschten Wassermengen in das Regenbecken. Das Klarwasser kann somit im Kreislauf gepumpt werden. Nachfolgend sind Details der Versuchsanlage dargestellt.

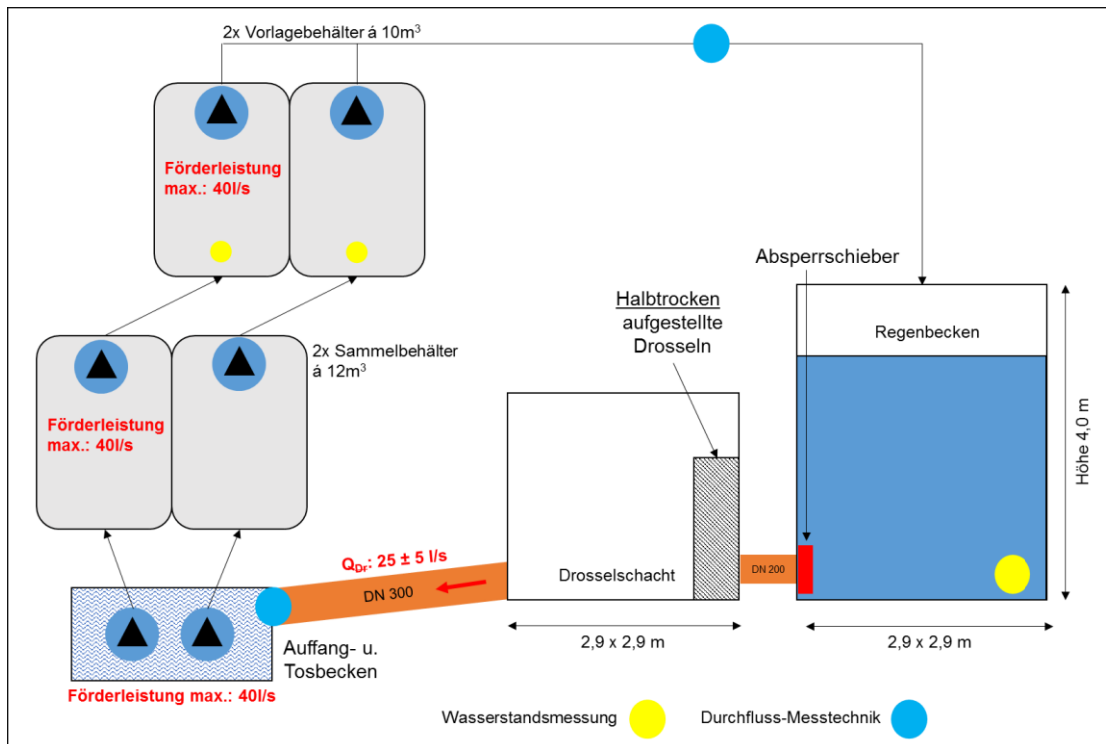


Bild 6 Skizze der Versuchsanlage mit Regenbecken, Drosselbauwerk und Vorlagebehältern einschließlich Auffangbecken und Pumpen

Regenbecken und Drosselbauwerk

Bei dem Versuchsaufbau (vgl. Bild 6 und Bild 7) für halbtrocken aufgestellte Drosselorgane dient ein quadratisches Betonbauwerk als Regenbecken. Dabei besitzt es eine Seitenlänge (Außenabmessung) von 2,9 m mit einer Wandstärke von 0,2 m. Die Außenhöhe beträgt 4,0 m. Ein weiteres quadratisches Betonbauwerk mit gleichen Grundflächenabmessungen dient als Drosselbauwerk. Dieses besitzt eine Außenhöhe von ca. drei Metern und dient zur Aufnahme der halbtrocken aufgestellten Drosselorgane.



Bild 7 Versuchsanlage mit Regenbecken, Drosselbauwerk und Vorlagebehältern

Bedingt durch den Einbau des Beckenbodens mit zwei Gerinnen aus Steinzeug der Nennweite DN 200 (Gefälle ca. 2,0 %) und Auftritten sowie Berücksichtigung eines Freibordes von ca. 0,3 m ergibt sich ein maximaler Wasserstand im Regenbecken von 2,8 m. Bei maximalem Einstau befinden sich somit etwa 17.500 Liter Wasser in dem Bauwerk. Zur Messung der Wasserstandshöhe ist in einer Ecke des Beckens eine Drucksonde (PR36-XW, Seriennummer: 534460, Hersteller: Keller AG für Druckmesstechnik, Winterthur (CH); Linearitätsfehler: 0,004 %) installiert. Die beiden Zuläufe zum Drosselbauwerk sind über zwei ca. 0,6 m lange Steinzeugrohre (Gefälle ca. 1,7 %) mit dem Regenbecken verbunden. Die Querschnittsöffnungen der Ablaufrohre im Regenbecken können dabei jeweils durch einen Absperrschieber separat geöffnet oder geschlossen werden. Das Becken wird über eine PVC-Rohrleitung der Nennweite DN 250 befüllt. Diese kann über die Gerinne geschwenkt werden.

Darüber hinaus befinden sich am Boden des Regenbeckens in drei Reihen jeweils drei Belüftungsteller (vgl. Bild 8a). Mit diesen werden bei den Schmutzwasserprüfungen die zugegebenen Stoffe (partikulären Stoffe) in Schwebelage gehalten.



a) Anordnung der Belüftungsteller



b) Verbindung Regenbecken mit Drosselschacht

Bild 8 Einbauten im Regenbecken

Für die Aufnahme der sechs unterschiedlichen Drosselorgane wurden die Schachtunterteile des Drosselbauwerks entsprechend konfektioniert. Ein Schachtunterteil war für die halbtrocken aufgestellten Drosselorgane vorgesehen (vgl. Bild 9), das zweite für die Aufnahme der beiden nass aufgestellten (vgl. Abschnitt 4.4.2). Ziel war, mit einer minimalen Anzahl von Bauteilen und Umbauten die von den Herstellern genannten Anforderungen an einen ungestörten Betrieb der Drosselorgane einzuhalten. Dies betrifft bei den halbtrocken aufgestellten Drosselorganen insbesondere die Ableitung der Drosselwassermenge aus dem Organ und weniger die Modellierung der Schachtböden.



a) Ablaufleitung (v. außen)



b) Drosselschacht-Unterteil

Bild 9 Drosselbauwerk für halbtrocken aufgestellte Drosselorgane

Ablaufleitungen und Auffang-/Tosbecken

Der Abfluss aus dem Drosselschacht erfolgt über eine PVC-Rohrleitung mit einem Innendurchmesser von 300 mm (DA 315) und einem Gefälle von 3 ‰. Die jeweils angeschlossene Rohrleitung mündet nach ca. 17 Metern (Rohrleitung an linkem Anschluss in Bild 10a) und ca. 18 Metern (Rohrleitung an rechtem Anschluss in Bild 10a) in das Tosbecken (vgl. Bild 10b). Wie hier zu erkennen ist, wurde für den Einbau des Messgerätes „NIVUS Pipe Profiler“ eine Dükerung mit Beruhigungsstrecke am Auslauf von insgesamt 3,5 Metern vorgenommen.

An der tiefsten Stelle in dem Tosbecken befindet sich ein Korb mit zwei schwimmergesteuerten Tauchpumpen mit einer Leistung von je 20 l/s. Diese pumpen das Wasser aus dem Tosbecken bei den Versuchen mit Klarwasser zurück in die Vorlagebehälter. Die Vliesummantelung dient dem Rückhalt von Schwimmstoffen.



a) Ablauf-Rohrleitung aus dem Drosselbauwerk



b) Gedückerter Auslauf ins Tosbecken

Bild 10 Ablaufleitung vom Drosselbauwerk bis in das Tosbecken

Das synthetische Schmutzwasser hingegen wird der Kanalisation zugeführt und die entsprechende Wassermenge aus dem Trinkwassernetz ersetzt und in die Tanks gefüllt.

Vorlagebehälter und Förderpumpen

Aus dem Tosbecken gelangt das Wasser in zwei Sammelbehälter mit einem Fassungsvermögen von jeweils 12 m³. Die Sammelbehälter dienen als Speicherraum, um eine ausreichende Wassermenge im System zu halten. Innerhalb der Sammelbehälter befindet sich jeweils eine schwimmergesteuerte Pumpe mit einer Förderleistung von 20 l/s,

die den Wasserstand reguliert. Die Pumpensteuerung ist derart konzipiert, dass je nach Füllstand in den einzelnen Tanks diejenigen mit freien Kapazitäten gefüllt werden. Über die auf dem Bild 11a erkennbaren, grünen Wasserschläuchen gelangt das Wasser in die beiden Stahl tanks (Bild 11b). Von dort fördern zwei frequenzgesteuerte Kreiselpumpen (Bild 11c) das Wasser bei Bedarf ins Regenbecken.



a) Sammelbehälter mit Schläuchen



b) Vorlagebehälter



c) Kreiselpumpe (rot)

Bild 11 Sammel-/Vorlagebehälter und Rohrstrang mit Förderpumpe

Mit diesem Versuchsaufbau ist es möglich, einen Wasserkreislauf mit bis zu 40 l/s einzustellen.

Messtechnik für Durchfluss und Wasserstand

Um die Durchflussmessung praxisnah und in vergleichbarer Weise wie bei Kalibrierprüfungen an In-situ-Regenbecken durch die IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen durchzuführen, wurde ein extern [30] kalibriertes Messgerät (Hersteller: NIVUS, Eppingen; Typ: Pipe Profiler Typ DN 300; Seriennummer: 1417NPP1125, maximale Abweichung zur volumetrischen Referenzmessung von 1,01 %) eingesetzt (vgl. Bild 12a und b). Während der Versuche misst der NIVUS Pipe Profiler in Abständen von jeweils zehn Sekunden den Durchfluss am Ende des Ablaufs in das Tosbecken. Diese Daten werden auf eine Speicherkarte geschrieben und können im Anschluss am Computer ausgelesen und weiter verarbeitet werden. Als Anzeige- und Bedieneinheit für diese Messungen wird das zugehörige NIVUS PCM pro-Gerät (Hersteller: NIVUS; Typ: PCM pro; Seriennummer: 1602PCP2345) verwendet. Somit ist ein Genauigkeits- und Beurteilungsniveau gegeben, dass die übliche Praxissituation bzgl. der Prüf- und Messtechnik widerspiegelt.

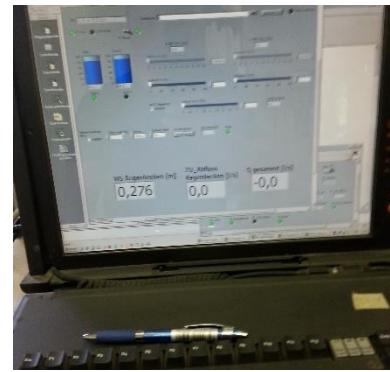
Um jedoch nicht ausschließlich auf die Messungen an der Ablaufseite mit dem vorab genannten Messgerät von NIVUS angewiesen zu sein, wurde im Regenbecken (Zulaufseite) mit Hilfe der Drucksonde für die Höhenstandsmessung eine volumetrische Messung installiert. Das Becken wurde in Grundriss und Höhe vermessen und über die Höhenstandsänderungen im betrachteten Zeitintervall wurde der Durchfluss ermittelt (vgl. Bild 12c). Auf diese Weise war eine Plausibilitätsprüfung von Messwerten, die mit dem NIVUS-Messgerät aufgezeichnet wurden, möglich.



a) NIVUS Pipe Profiler DN300



b) NIVUS PCM pro



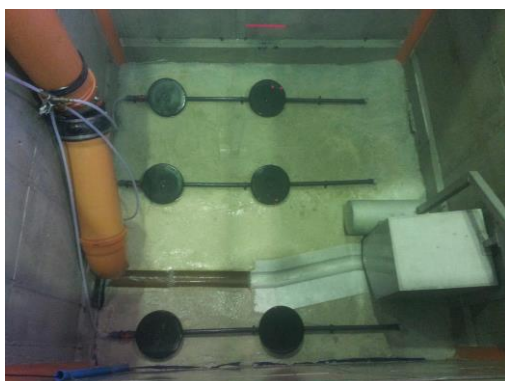
c) Kontrollmessung

Bild 12 Eingesetzte Messtechnik während der Versuche

4.4.2 Versuchsstand für nass aufgestellte Drosselorgane

Der Versuchsaufbau für die nass aufgestellten Drosselorgane unterscheidet sich im Wesentlichen darin, dass die Versuche in lediglich einem Schachtbauwerk durchgeführt werden, da sich nass aufgestellte Drosselorgane üblicherweise im Regenbecken selbst befinden. In der Folge wurde das vorgesehene Schachtunterteil für die beiden Drosselorgane verbaut und mit zwei weiteren Schachtringen auf Höhe des Regenbeckens für die halbtrocken aufgestellten Organe gebracht. Am linken unteren Rand von Bild 13 ist die verwendete Drucksonde zur Wasserstandsmessung installiert. Des Weiteren ist die Anordnung der Belüftungsteller zu erkennen. Die Anzahl dieser wurde auf drei Reihen, allerdings mit jeweils nur zwei Tellern reduziert. Dies soll bewirken, dass sich die zugefügten Stoffe des synthetischen Schmutzwassers im Regenbecken in der Schwebelage halten, jedoch keine Luft unter den Schwimmern strömt. Die Modellierung der Schachtböden wurde nach Angaben der Hersteller vorgenommen, um erforderliche Gefälle von Bermen und Gerinne zu berücksichtigen.

In Bild 13b ist die Ablaufleitung aus dem Regenbecken dargestellt, welche mit gleichem Gefälle verläuft wie bei den Versuchen mit halbtrocken aufgestellten Drosselorganen. Diese wird durch einen außenliegenden Absperrschieber geöffnet bzw. verschlossen (vgl. Bild 13b, roter Kreis).



a) Blick in das Regenbecken mit Drossel



b) Ablaufleitung mit Schieber (roter Kreis)

Bild 13 Versuchsaufbau für nass aufgestellte Drosselorgane

4.4.3 Prüfmateriale für die Einzelversuche

Für die Prüfungen werden zusätzlich zu dem eingesetzten Klarwasser aus dem kommunalen Trinkwassernetz weitere Medien, Materialien, Störkörper etc. je nach entsprechendem Prüfprogramm punkt zugegeben. Dies betrifft zum einen die beiden synthetischen Schmutzwässer, zum anderen die Störkörper, die dem Abwasserstrom zugegeben werden zur Überprüfung der Verlegebeseitigungseinrichtungen an den Drosselorganen.

Stark und schwach konzentrierte synthetische Schmutzwässer

Etwa die Hälfte der hydraulischen Versuche erfordert den Einsatz von synthetischem Schmutzwasser, das zum einen reproduzierbar ist und zum anderen angelehnt an Eigenschaften von in Kanalisationen auftretendem Schmutz- bzw. Mischwasser ist. Entsprechende Untersuchungen wurden vom Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Duisburg-Essen vorgenommen und in [31] zusammen getragen. Für die Versuche wurden somit zwei synthetische Schmutzwässer konfektioniert, die sich mit Blick auf ihre Zusammensetzung lediglich in den Zugabemengen (Konzentrationen) unterscheiden. Im Einzelnen sind dies handelsübliches Streusalz, Quarzmehl und Feuchttücher aus einem Discounter, die in Tabelle 12 aufgelistet sind.

Tabelle 12: Informationen über die Zugabestoffe zum Schmutzwasser

Stoff	Produkt	Größe	Hersteller
Streusalz	Natriumchlorid	Korngröße: 0-5 mm	Hamann
Quarzmehl	Millisil W4	Korngröße: 0,2-0,8 mm	Quarzwerte Gruppe
Feuchttücher	toujours sensitive (Baby-Feuchttücher)	12 x 20 cm	ROSTAM Vertriebsgesellschaft mbH

Die Konzentrationen der Inhaltsstoffe sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.






Tabelle 13: Informationen über die Zugabestoffe zum Schmutzwasser

Stoff	Schmutzwasser (stark konzentriert)	Schmutzwasser (schwach konzentriert)
Streusalz	20 kg/m ³	20 kg/m ³
Quarzmehl	10 kg/m ³	0,285 kg/m ³
Feuchttücher	0,04 kg/m ³ (= 170 Stck. je Beckeninhalt)	0,04 kg/m ³ (= 470 Stck. je Beckeninhalt)

Störstoffe/-körper

Tabelle 14 zeigt die bei den Versuchen in den Wasserstrom hinzugegebenen Hygieneartikel nach der Entnahme aus der Verpackung und weitere Produktinformationen.

Tabelle 14: Übersicht zu den Hygieneartikeln






Hygieneartikel	Produkt	Größe	Hersteller	Bild
Präservativ	Billy Boy Bunte Vielfalt	normal	MAPA GmbH	
Damenbinde	always ultra	normal	Procter & Gamble	
Tampon	o.b. Original	normal	Johnson & Johnson GmbH	
Windel	Pampers baby-dry	4 (8-16kg)	Procter & Gamble	
Beispiel für Konglomerat aller gewässerten Hygieneartikel	(s.o.)	(s.o.)	(s.o.)	

Vor der Zugabe in den Wasserstrom wurden die Produkte den Verpackungen entnommen und für etwa 15 Minuten in Leitungswasser gelegt. Nach dieser Zeit war die Wasseraufnahme der Hygieneartikel (bis auf die Präservative) beendet, so dass die Versuche mit aufgequollenen Hygieneartikeln durchgeführt werden konnten (vgl. Tabelle 14)

Durch die Zugabe unterschiedlicher Mengen bzw. Stückzahlen der Hygieneartikel wird die Verlegebeseitigungseinrichtung überprüft. Hier ist von Interesse, welche Störkörper in welcher Anzahl ggf. ein Risiko für den Betrieb bedeuten.

In Tabelle 15 sind wesentliche Informationen zu den Störkörpern zusammengefasst.

Tabelle 15: Übersicht zu den Störkörpern

Störkörper		Abmessungen, ca. [mm]		Gewicht, ca. [g]	Bild
Holzstab	Klein	Länge: 20	Durchmesser: 5	3	
	Mittel	Länge: 20	Durchmesser: 10	11	
	Groß	Länge: 20	Durchmesser: 20	50	
Steinzeugscherbe	Klein	Kantenlänge: 50 x 50	Höhe: 40	130	
	Mittel	Kantenlänge: 75 x 75	Höhe: 60	340	
	Groß	Kantenlänge 100 x 100	Höhe: 80	590	
Bohrkern		Länge: 100	Durchmesser: 100	1490	
Halber Mauerwerksklinker		Kantenlänge: 120 x 120	Höhe: 70	2100	
Kanalreinigungsdüse		Länge: 200	Durchmesser: 100	8000	

Der abschließende Versuch sieht vor, die Bauteile der Drosselorgane auseinander zu bauen und anschließend mit einer 40 %-igen FeCl₃-Lösung einzustreichen. Im Ergebnis sollen ggf. Bauteile aus minderwertigerem Material erkannt werden. Die Lösung wurde von einem Chemikalienvertrieb (WHC WasserHygieneChemie GmbH, Hilgertshausen) bezogen. Um die Wirkung der Lösung abschätzen zu können, wurde in einem Vorversuch das Schadensbild dieser Korrosionsbeanspruchung an einem V2A-Stahl ermittelt (vgl. Bild 14).

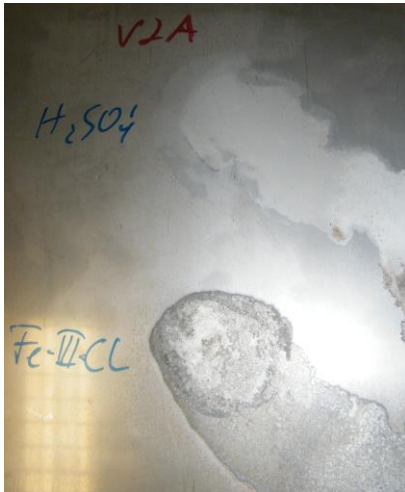


Bild 14 Mit Eisen(III)-Chlorid- (FeCl_3 -) Lösung und Schwefelsäure (H_2SO_4) beaufschlagte Oberflächen einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (Stahlsorte 1.4301 entsprechend dem verwendeten Stahl aller Drosselorgane im Test): Visuell erkennbare Veränderung an der Oberfläche im Vergleich zu nicht-beaufschlagten Bereichen

4.5 Systemprüfungen - Test der Drosselorgane im Versuchsstand

4.5.1 Reihenfolge der Einzelversuche

Der bereits in Abschnitt 4.4 beschriebene Versuchsaufbau stellt die Ausgangssituation für die sukzessive durchgeführten Systemprüfungen der Drosselorgane dar. Diese beginnen mit dem Einbau der ersten halbtrocken aufgestellten Drossel. Nachdem die vier ausgewählten Drosselorgane (vgl. Abschnitt 4.2) für den Einbau in halbtrockener Aufstellung abgeprüft sind, erfolgt ein Umbau des Versuchsstandes für die nass aufgestellten Drosselorgane. Somit ergibt sich die nachstehende Testabfolge, die sich im Wesentlichen aufgrund der Lieferzeiten der Hersteller ergab:

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).

Im Anschluss erfolgt der Umbau des Versuchsstandes für die Prüfung der nass aufgestellten Drosselorgane:

5. Alpheus Abflussbegrenzer Automatik Typ AA (Biogest AG, Taunusstein)
6. HydroSlide Automatikregler Giehlmatic DR 200/150 (Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein)

Den Ergebnissen vorangestellt sind zunächst jeweils allgemeine Informationen über das Drosselorgan sowie seiner Funktionsweise bzgl. der Abflussdrosselung sowie Verlegebeseitigung.

Mit Blick auf die Versuchsreihe unter Berücksichtigung des Prüfprogramms (vgl. Abschnitt 4.3) werden die Versuchs- bzw. Prüfergebnisse in den nachfolgenden Abschnitten für jedes Drosselorgan in gleicher Weise tabellarisch dargestellt. Dabei werden die Ergebnisse von hydraulischen Prüfungen mit Zahlenwerten belegt, Erkenntnisse aus Beobachtungen von Betriebsbeanspruchungen und -simulationen qualitativ und grundsätzlich bewertet (vgl. Tabelle 16).

Darüber hinaus werden Auffälligkeiten erläutert, die aus Betriebsbeanspruchungen und -simulationen resultieren (z.B. Schäden infolge einer Reinigung, Anprallprüfung, Korrosion etc.). Diese Auffälligkeiten, ggf. ergänzt um erläuternde Bilder, sind nach den Tabellen mit den Testergebnissen aufgeführt.

Tabelle 16: Grundsätzliche Ergebnisdarstellung der durchgeführten Drosselprüfungen

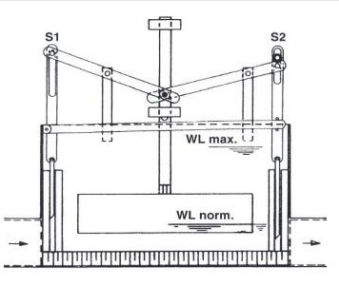

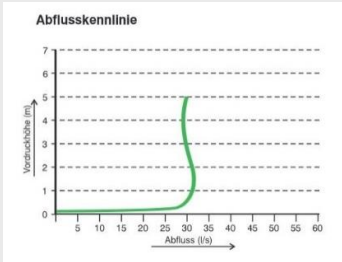
Lfd. Nr.	Versuchsablauf / Prüfung	Durchführung	Ergebnis										
1	Inspektion	Bauabnahme, Aufnahme IST-Zustand, Kontrolle der Gängigkeit	Feststellen von Auffälligkeiten										
2	Prüfung nach ... (Art der hydraulischen Prüfung)	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung > ± X% vom Mittelwert gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	<table border="0"> <tr> <td>Messwerte:</td> <td>Abweichungen:</td> </tr> <tr> <td>Q_{Ist, mittel} = l/s</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Q_{max.} = l/s</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Q_{min.} = l/s</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">(Ohne oder mit Nachjustierung)</td> </tr> </table>	Messwerte:	Abweichungen:	Q _{Ist, mittel} = l/s	%	Q _{max.} = l/s	%	Q _{min.} = l/s	%	(Ohne oder mit Nachjustierung)	
Messwerte:	Abweichungen:												
Q _{Ist, mittel} = l/s	%												
Q _{max.} = l/s	%												
Q _{min.} = l/s	%												
(Ohne oder mit Nachjustierung)													

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

4.5.2.1 Allgemeines

In Tabelle 17 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise SSD 200 gewählt.

Tabelle 17: Informationen zum Drosselorgan SSD 200

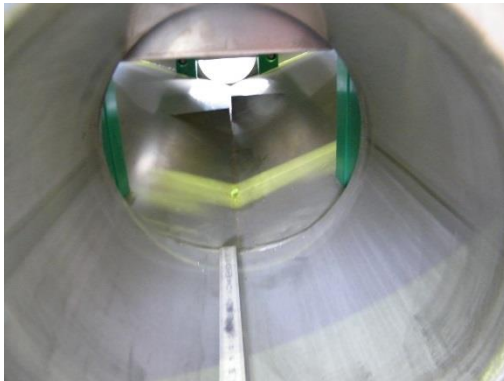
APA Abwassertechnik GmbH (Hersteller)	SSD 200 Typ II (Bezeichnung)	Schwimmer-Schieber (Typ)	
Abflussbereich:	10-50 l/s		
Funktionsweise:	unterwassergeregelt	Aufstellung:	halbtrocken, trocken
Abmessungen L x B x H:	ca. 1,7 x 0,9 x 1,4 m	Gewicht:	ca. 430 kg
Anwendungsbereich:	Misch- und Schmutzwasser	Material:	V2A-Edelstahl
Skizze	Bild	Q(h)-Kennlinie	
			
Von Website des Herstellers [32]	Angelieferte Drossel für das Projekt	Von Website des Herstellers [32]	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

4.5.2.2 Funktionsweise

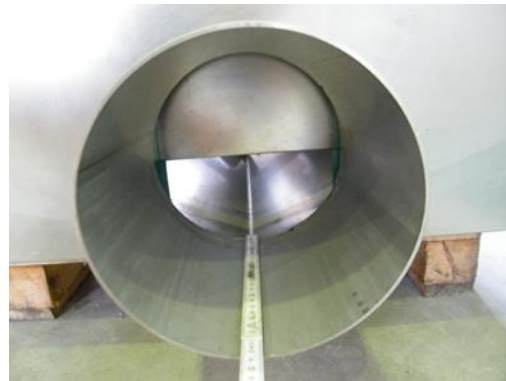
Für die Beschreibung der Funktionsweise und des Aufbaus des Drosselorgans ist die SSD 200 in Tabelle 17 als Skizze und Bild dargestellt. Die nachstehenden Informationen beruhen auf Angaben des Herstellers.

Wie der Skizze in Tabelle 17 entnommen werden kann, reguliert die Drossel den Abfluss über das Zusammenspiel des in der Drossel hängenden Schwimmers und der beiden Schieber S1 und S2. Die SSD 200 wird somit als aktives Drosselorgan mit beweglichen Teilen kategorisiert, welche ohne Fremdenergie betrieben wird. In Bild 15 ist die Grundstellung der Schieber dargestellt, wie sie auch im Trockenwetterfall vorzufinden ist. Bild 15a zeigt Schieber S1, welcher in der Grundstellung der Drossel vollständig geöffnet ist.

Hier ist zu erkennen, dass die Unterseite des Gerinnes der Drossel eine dreieckige Form besitzt, wodurch der Schwimmer nicht auf dem Grund des Gerinnes aufliegt. In Bild 15b ist Schieber S2 dargestellt, welcher auf die Öffnungsweite des geforderten Sollabflusses eingestellt ist.



a) Schieber S1



b) Schieber S2

Bild 15 Öffnungsweiten der beiden Schieber in der Grundstellung

Bei Trockenwetter bzw. bei geringen Niederschlägen ist es durch diese Bauweise möglich, dass die Wassermenge ohne eine entsprechende Regulierung durch das Drosselorgan strömen kann. Bei Regenwetter bewirkt die vollständige Öffnung von Schieber S1 einen schnellen Anstieg des Wasserstandes in dem Drosselbehälter. Der Schwimmer schwimmt auf und reguliert über die beiden Verbindungsschienen von Schieber S1 und S2 die Öffnungsweiten. Hauptaufgabe von Schieber S1 ist dabei, durch die Verringerung des Zulaufquerschnitts, den Zufluss in die SSD 200 annähernd konstant zu halten. Die Öffnungsweite von Schieber S2 verändert sich dabei nur geringfügig, da dieser bereits in der Grundstellung auf den gewünschten Sollabfluss eingestellt wird. Zur Einhaltung des geforderten Sollabflusses ist somit der Wasserstand innerhalb des Drosselbehälters maßgebend (vgl. $Q(h)$ -Kennlinie). Da dieser Wasserstand jedoch durch die Schieberstellung beeinflusst wird, müssen die Steuerwege und die Hebelkräfte zwischen Schwimmer, Verbindungsschienen und Öffnungsweiten der Schieber angepasst werden (vgl. Bild 16).



Bild 16 Feinjustierung am Gestänge des Abflussschiebers

Diese Anpassung erfolgt über ein von APA entwickeltes EDV-Programm, in welches alle bisherigen Messergebnisse implementiert wurden. Eine entsprechende Feinjustierung des Bemessungsabflusses ist im firmeneigenen Drosselprüfstand oder vor Ort möglich.

4.5.2.3 Verlegebeseitigung

Die SSD 200 verfügt über eine selbstständig arbeitende Verlegebeseitigungseinrichtung. Mit Blick auf potenzielle Verlegungen erkennt das Drosselorgan, ob sie sich an Schieber S1 oder an Schieber S2 befinden.

Eine Verlegung an Schieber S1 verringert den Zufluss in den Drosselbehälter teilweise oder vollständig, sodass der Wasserstand dort absinkt. Dieses Absinken bewirkt, dass sich somit auch der Schwimmer zurück in seine Ausgangslage bewegt und dabei Schieber S1 den Zuflussquerschnitt vollständig öffnet (vgl. Bild 17a).



a) Zulaufseite Schieber S1 fährt hoch



b) Ablaufseite Schieber S2 fährt hoch

Bild 17 Betätigung des Verlegungshebels durch den Schwimmer (rote Pfeile)

Eine Verlegung an Schieber S2 bewirkt hingegen einen Anstieg des Wasserstandes innerhalb des Drosselbehälters. In Folge dessen betätigt der aufsteigende Schwimmer den Verlegungshebel, welcher mit Schieber S2 verbunden ist, sodass der Abflussquerschnitt vollständig öffnet (vgl. Bild 17b).

4.5.2.4 Einbau des Drosselorgans

Das Drosselorgan und der passende Flanschanschluss wurden bereits vor dem Einbau angeliefert. Alle erforderlichen Materialien und Werkzeuge für den Einbau wurden von den Mitarbeitern des Drosselherstellers vorgehalten. Das IKT stellte einen Kran zur Verfügung, um die Drossel in den Schacht zu verbringen.

Tabelle 18 gibt einen Überblick zu den ausgeführten Tätigkeiten und dem zeitlichen Aufwand für den Ein- und Umbau des Drosselorgans.

Tabelle 18: Informationen zum Ein- und Umbau der SSD 200

Allgemeine Informationen	
Drosselorgan	SSD 200 Typ II
Hersteller	APA Abwassertechnik GmbH, Pfedelbach
Einbau durch	Hersteller; Umstellung durch Hersteller
1) Vorarbeiten für den Einbau	ca. 50 Minuten
Tätigkeiten	Rüsten, Vorbereiten und Montieren Flansch
2) Einbau der Drosseleinrichtung	ca. 35 Minuten
Tätigkeiten	Ausrichten des Drosselorgans im Schacht, Anschrauben der Rohrverbindung zum Flansch
3) Nacharbeiten	ca. 10 Minuten
Tätigkeiten	Zusammenpacken Montagmaterial
4) Zeitaufwand für den Einbau	
Gesamtzeit der Arbeiten vor Ort	ca. 1 h 35 Min
Gesamtzeit inkl. An-/Abreise	1 Tag
5) Aufwand für die Umstellung der Drosselwassermenge	
Tätigkeiten	Kontrolle des Drosselorgans, Ausmessen der Schieber- und Gestängestellungen, Anpassen des Schieberbleches an Gerinnegeometrie
Gesamtzeit der Umbauarbeiten einschließlich Nachjustierung	ca. 4 h

Bild 18 zeigt wesentliche Arbeitsschritte des Einbauvorgangs:

1. Angelieferter Prüfgegenstand (Drosselorgan, Bild a),
2. Anbringen des Flansches an den Drosselschacht (Bild b) zur Verbindung des Drosselorgans mit dem angeschlossenen Regenbecken,
3. Beförderung des Drosselorgans in den Schacht mittels Kran (Bild c),
4. Ausrichten des Drosselorgans in Längs- und Querrichtung durch Drehen der Gewindestangen in deren Aufnahmen.



a) Drosselorgan nach Anlieferung



b) Flanschanschluss



c) Einbringen des Drosselorgans mittels Kran



d) Ausrichten des Drosselorgans

Bild 18 Wesentliche Arbeitsschritte zum Einbau der SSD 200

Abschließend wurde der Drosselauslauf mit dem Auslauf des Drosselschachtes verbunden. Die Mitarbeiter verzichteten auf eine Prüfung mit Wasser, etwaige Nachjustierungen zum Erreichen der Abfluss-Sollvorgabe/Drosselwassermenge würden bei einer Abweichung von $\pm 7\%$ vom Mittelwert vorgenommen werden (vgl. Ergebnisse des Prüfprogramms, Abschnitt 4.5.2.5). Da diese bei 3,3 % lag, wurde somit auf eine Nachjustierung verzichtet, das Prüfprogramm konnte gestartet werden.

4.5.2.5 Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 19 sind die Testergebnisse für die SSD 200 anhand des Prüfprogramms dargestellt.

Tabelle 19: 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	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung $> \pm 7\%$ vom Mittelwert gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,83 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,76 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 23,83 \text{ l/s}$ Abweichungen: +3,3 % +7,0 % -4,7 % (Ohne 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	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 23,97 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,10 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 21,02 \text{ l/s}$ Abweichungen: -4,1 % +4,4 % -15,9 %
4	Prüfung nach SÜWVO II	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 24,21 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,32 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 21,91 \text{ l/s}$ 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 Betriebstauglichkeit II	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 23,42 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,72 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 22,12 \text{ l/s}$ Abweichungen: -6,3 % +6,9 % -11,5 %
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	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 25,39 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 27,13 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 22,62 \text{ l/s}$ Abweichungen: +1,6 % +8,5 % -9,5 %
9	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{\text{Soll}} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 24,43 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 28,08 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 21,40 \text{ l/s}$ 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	$Q_{\text{Soll}} = 10,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser (ggf. Nachjustierung); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{\text{Ist, mittel}} = 9,33 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 10,91 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 8,04 \text{ l/s}$ 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	

Erläuterungen/Auffälligkeiten zu einzelnen Prüfprogramm-Punkten in Tabelle 19

SüwVO I-Prüfung

Exemplarisch sind in Bild 19 der Beckeneinstau zu Beginn und Ende der SüwVO I-Prüfung (vgl. Ifd. Nr. 2) mit der aktiven Drossel während der hydraulischen Prüfung dargestellt.



a) Voll eingestautes Regenbecken b) Drossel in Betrieb (SüwVO I) c) Wieder-Befüllen des Beckens
Bild 19 Einstau im Regenbecken und Betrieb der Drossel

SüwVO II-Prüfung

Bild 20 zeigt das Regenbecken im Volleinstau mit synthetischem Schmutzwasser für die SüwVO II- oder Betriebstauglichkeits II-Prüfung (vgl. Ifd. Nr. 4, 6), die Anordnung im Gerinne der nach Ablauf des Beckeninhalts verbliebenen Feuchttücher für die Folgeprüfung sowie den Durchgang von Tüchern durch das Drosselorgan.



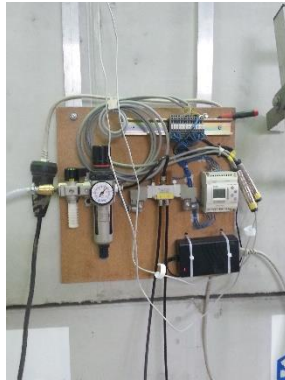
a) Voll eingestautes Regenbecken b) Ablagerungen nach dem Versuch c) Durchgang Tücher (Pfeil)
Bild 20 SüwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser

Betriebssimulation Z1 (mechanische Belastung des Drosselorgans)

Um die beweglichen Teile des Drosselorgans mechanisch zu belasten (Prüfprogramm Ifd. Nr. 5 und 15, vgl. Bild 21), wurde ein Pneumatik-Zylinder am Gestänge des Schwimmers befestigt. Über Endschalter am Zylinder wurde der vorgesehene Hubweg des Kolbens bzw. Schwimmers des Drosselorgans eingestellt (Bild 21a). Bild 21b zeigt die Steuereinheit einschließlich Zählwerk. Bild 21c zeigt im Drosselbehälter im Bereich des Schiebers anhaftende Schmutz- und Störstoffe



a) Pneumatik-Zylinder und



b) Steuerungseinheit und Zählwerk



c) Anhaftende Schmutzstoffe

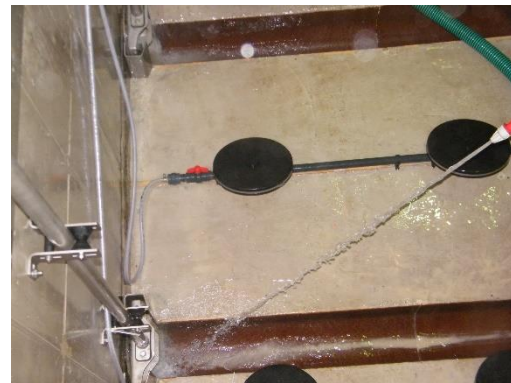
Bild 21 Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“

Reinigung des Drosselorgans und Regenbeckens

Insbesondere nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser bedarf die Drosseleinrichtung einer Reinigung (Ifd. Nr. 7, 17) als Vorbereitung für die nachfolgenden Versuche mit Klarwasser. Bild 22a zeigt exemplarisch die Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck. Ein auf der Reinigungslanze montierter Gliedermaßstab hilft, einen Mindestabstand von 50 cm zum Objekt einzuhalten. Bild B zeigt die Reinigung des Regenbeckens nach den Schmutzwasserversuchen mittels Strahldüse (Feuerwehrspritze). Im Ergebnis wird ein augenscheinlich sauberes Regenbecken – ohne Rückstände an Wänden, Boden und Gerinne sowie Anhaftungen an Armaturen etc. – für die folgenden Versuche wieder hergestellt.



a) Hochdruck-Reinigung der Drossel



b) Reinigen des Beckens mit Wasserstrahl

Bild 22 Reinigung von Drosselorgan und Regenbecken

Umstellung der Drosselwassermenge

Im Rahmen des Prüfprogramms (Ifd. Nr. 10) erfolgt einmalig die Umstellung der Drosselwassermenge von $Q_{Dr} = 25 \text{ l/s}$ auf 10 l/s durch den Hersteller (vgl. Bild 23). Mit dem Hinweis des Mitarbeiters, keine Betriebsgeheimnisse darzustellen, werden die durchgeführten Arbeitsschritte lediglich skizzenhaft dargestellt: Eine Spülklappen-Öffnung wurde verschlossen (Bild A), die Schiebergeometrie verändert (Bild B) und zusätzlich die Lagegenauigkeit sowie Gängigkeit des Gestänges kontrolliert und justiert (Bild C). Letzterer Schritt als Wartung war nach Ansicht des Herstellers erforderlich, da die Drossel Verschleißerscheinungen aufwies, die auf eine mehrjährige (ca. 10 bis 15 Jahre) Betriebsbelastung schließen ließen. Darüber hinaus merkte er nach der Sichtkontrolle

an, dass das Spaltmaß der Schieber-Führungsschienen am Zu- und Ablauf größer scheint als üblich. In der Folge wäre die Wassermenge dieser Umläufigkeit höher als vorgesehen.



a) Verschließen einer Spülöffnung b) Ändern der Schiebergeometrie c) Kontrolle des Gestänges
Bild 23 Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge

Anprall von Störkörpern und Prüfung der Verlegebeseitigung

Im Rahmen dieser Prüfung (Ifd. Nr. 20) finden zwei unterschiedliche Belastungen statt: Zum einen wird der Durchgang von Hygieneartikeln und Anprall von Störkörpern durch das Drosselorgan überprüft (vgl. Bild 24). Damit wird die Funktionsfähigkeit der Verlegebeseitigungseinrichtung des Testobjekts überprüft. Zum anderen werden die Auswirkungen auf diejenigen Bauteile des Drosselorgans – insbesondere der Schieber S2 – festgestellt, auf welche die Reinigungsdüse prallt (vgl. Bild 25).

Zunächst zeigt sich bei der Zugabe von Hygieneartikeln in den Wasserstrom, dass einzelne Präservative, Damenbinden und Tampons die Drosselaktivität nicht beeinflussen. Im Gegensatz dazu setzten drei dem Wasserstrom zugegebene Windeln sich am Schieberblech S2 (Ablauf des Drosselorgans) fest. Diese stauten in der Folge auch weitere Hygieneartikel auf (Bild 24a). Der Abfluss aus der Drossel lag z.T. deutlich unter dem eingestellten Soll-Drosselabfluss von 10 l/s mit dem Effekt, dass sich Wasser in der Drossel und im Regenbecken aufstaute und somit die Verlegebeseitigungseinrichtung aktivierte (Bild 24b). Der steigende Wasserstand im Drosselbehälter hebt den Schieber an und gibt eine größere Fläche des Abflussquerschnitts frei. Auf diese Weise lösten sich die Windeln und flossen mit dem Wasserstrom aus der Drossel ab. Daraufhin sank der Wasserstand im Drosselbehälter wieder ab und der Schieber fiel wieder in seine Normalstellung (bis zur nächsten Verlegung). In gleicher Weise arbeitete die Verlegebeseitigungseinrichtung auch bei Zugabe von vier und fünf Windeln.

Die Zugabe von Hölzern in den Wasserstrom erzeugte keine unmittelbare Verlegung, allerdings verblieben diese bis zum Versuchsende im Drosselbehälter.

Steinzeugscherben, ein halber Mauerstein und der Bohrkern ließen ebenfalls keine Beeinträchtigung erkennen. Sofern sie mit dem Wasserstrom in den Drosselbehälter bzw. dessen Auslauf gelangen, werden sie mit dem Wasserstrom davon getragen. Die beiden Objekte mit den größten Abmessungen (Bohrkern und Halb-Klinkerstein) blieben zunächst an der Spitze des Schieberblechs hängen. Hier zeigte sich in der Folge ein langsamer Wasseranstieg im Drosselbehälter. Da der Wasseranstieg jedoch derart gering war, dass ein Aufstau mit Aktivierung der Verlegebeseitigungseinrichtung mehrere Stunden erfordert hätte, wurde diese von Hand aktiviert. Der Abflussquerschnitt wurde

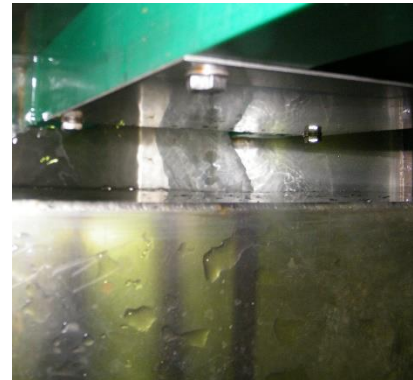
wiederum vergrößert und der Wasserstrom beförderte den Halb-Klinkerstein und den Bohrkern fort.



a) Verlegung



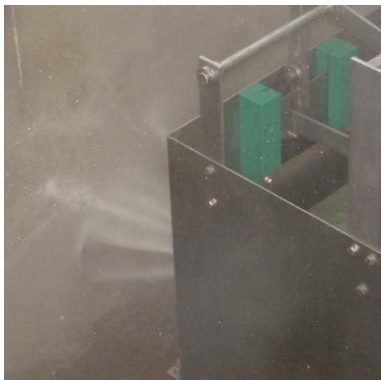
b) Verlegebeseitigung aktiv



c) Beseitigte Verlegung

Bild 24 Beispiel für eine funktionierende Verlegebeseitigung der Drossel, hervorgerufen durch festhängende Hygieneartikel an der Spitze des Schiebers

Der siebenmalige Anprall der Kanalreinigungsdüse (Bild 25a) zeigte abgesehen von Kratzspuren am Schieberblech (Bild 25b) keine weiteren Auffälligkeiten wie etwa Verformungen o.Ä..



a) Eingefahrene Düse



b) Kratzspuren am Schieberblech S2 durch Düsenanprall

Bild 25 Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse

Abschließende hydraulische Prüfung nach SÜWVO I

Bei der abschließenden hydraulischen Prüfung mit Klarwasser zeigte sich zu Beginn, dass der Schieber S2 am Ablauf des Drosselorgans bei Beginn der Prüfung nicht in der Sollstellung verharrte mit der Folge eines deutlich überhöhten Abflusses von ca. 20 l/s. Da anhand der Stellung von Schieber, Schwimmer und Gestänge visuell nicht erkennbar war, ob eine Fehlstellung vorlag, wurde nach ca. drei Minuten der Schieber von Hand hochgehoben und abgesenkt. Anschließend hatte sich ein Sollabfluss von etwa 10 l/s eingestellt. Sodann begann die vorgesehene Prüfung/Prüfzeit. Diese Auffälligkeit war ebenfalls bei der SÜWVO I-Prüfung vor Durchführung der Anprallprüfungen gegeben.

Betriebsbeanspruchung: Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Mit Blick auf die Versuchsergebnisse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Der Korrosionsangriff (vgl. Bild 26) erzeugt keine visuell feststellbaren Unterschiede auf den Oberflächen der verwendeten Materialien des Drosselorgans. Alle zeigen nach einer Woche einen einheitlichen Zustand und entsprechen dem Zustand einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (vgl. Bild 14).
2. Die verwendeten Schrauben zeigen ebenfalls keine Auffälligkeiten, die auf eine minderwertigere Qualität schließen lassen können.
3. Das Drosselorgan war vor dem Ausbau und Korrosionsangriff funktionsfähig, die Gestänge und Schwimmer/Schieber beweglich und das optische Erscheinungsbild weitgehend ohne Auffälligkeiten (Kratzspuren am Schieber S2 durch Anprall der Reinigungsdüse gemäß Prüfprogramm).



a) Drosselbauteile vorher



b) Drosselbauteile nachher

Bild 26 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl_3 -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich

4.5.2.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In dem nachstehenden Bild 27 werden die mittleren Drosselabflüsse in Liter je Sekunde für die einzelnen hydraulischen Prüfungen als Balkengruppe je Prüfprogramm dargestellt. Darüber hinaus sind die beiden Soll-Drosselabflüsse von 25 l/s und 10 l/s mit einem roten Rahmen eingezeichnet.

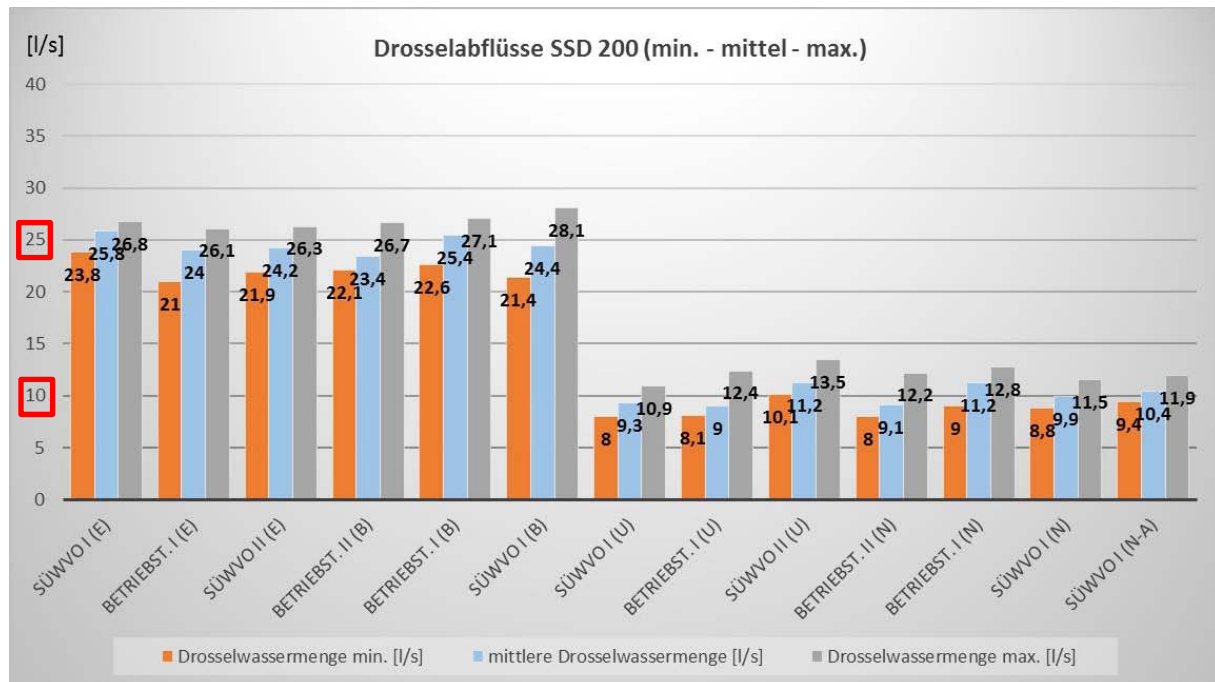


Bild 27 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der SSD 200 nach Prüfprogramm mit geforderten Sollabflüssen (vgl. Zahlen im roten Rahmen)

Die Balkengruppen für beide Soll-Drosselabflüsse zeigen in ihrer Tendenz ein vergleichbares Betriebs- bzw. Regelverhalten für die unterschiedlichen, aufeinander folgenden Prüfungen. Dabei liegen die Mittelwerte durchweg im zulässigen Bereich von Sollwert $\pm 20\%$ [1]. Jedoch liegen die Maximalwerte bei vier Prüfungen nach Umstellung der Drosselwassermenge auf 10 l/s oberhalb dieser zulässigen Grenzwerte (> 12 l/s entspricht $> 20\%$, vgl. Bild 28).

Um die Abweichungen von Mittel-, Minimal- und Maximalwerten vergleichbar und mit Blick auf eine Bewertung in Abhängigkeit von Anforderungen darstellen zu können, sind diese in Bild 28 als grüne Punkte im Diagramm dargestellt. Diese symbolisieren Abweichungen der Mittelwerte der Drosselabflüsse vom 100-Prozentwert (Soll-Drosselwassermenge entspricht 100 %). Darüber hinaus verläuft durch jeden Punkt eine senkrechte Linie, deren unterer Endpunkt den Minimalwert einer gemessenen Abweichung in Prozent und deren oberer Endpunkt den Maximalwert einer gemessenen Abweichung in Prozent anzeigt.

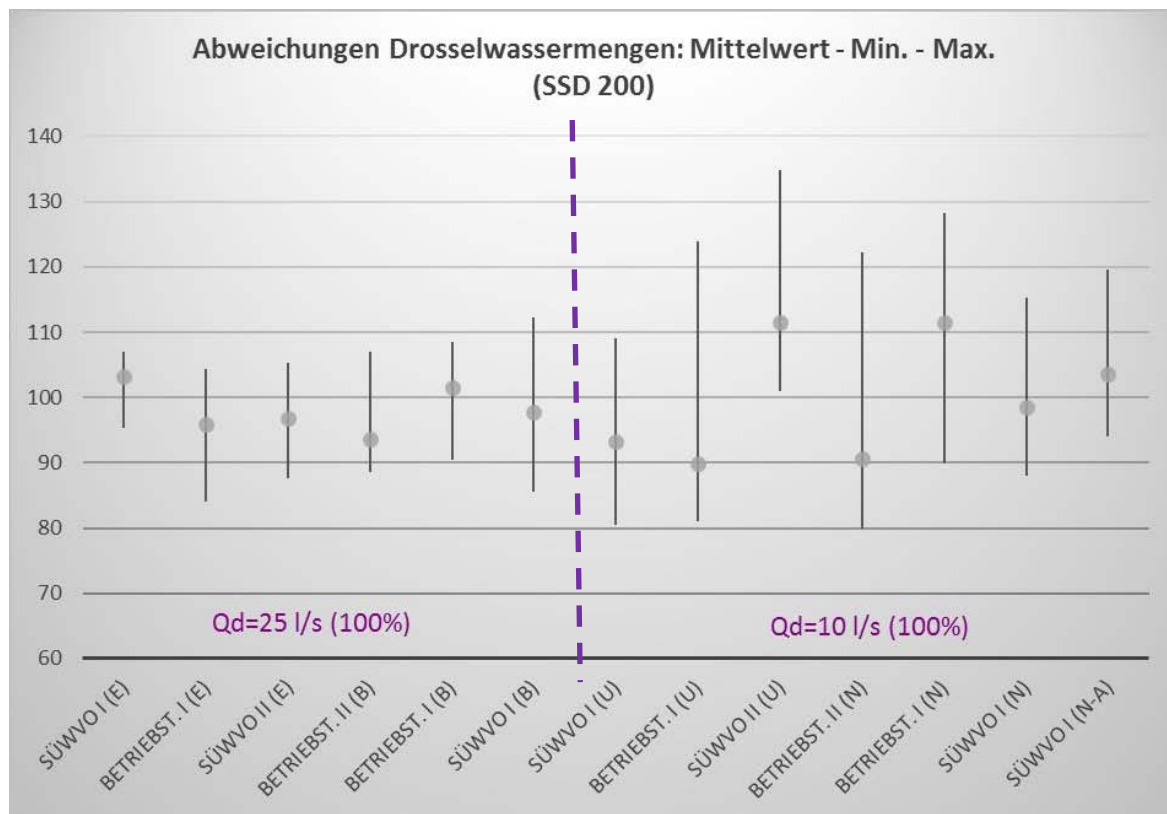


Bild 28 Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der SSD 200 in Prozent

Die Prüfungen zeigen bei einem Sollabfluss von 25 l/s mit synthetischem Schmutzwasser einen geringeren Drosselabfluss als diejenigen mit Klarwasser. Diese Unterscheidung ist bei der Versuchsreihe mit einem Sollabfluss von 10 l/s hingegen nicht erkennbar. Inwieweit sich hier bereits Verschleißerscheinungen widerspiegeln, kann abschließend nicht geklärt werden. Jedoch bemerkte ein Mitarbeiter des Herstellers ein augenscheinlich höheres Spaltmaß der Schieber-Führungsschienen als üblich und vorgesehen. Tatsächlich weist diese Drossel zum Ende ihrer Betriebsdauer einen um etwa 8% höheren Drosselabfluss auf als unmittelbar nach der Umstellung.

Ebenfalls ist für beide Soll-Drosselabflüsse erkennbar, dass der Drosselzustand (gereinigt und ungereinigt, Prüfung SÜWVO II und Betriebstauglichkeit II) offensichtlich einen Einfluss auf die Abflussleistung bedingt. Bei der höheren Drosselwassermenge ist mit Blick auf den Mittelwert ein Unterschied von 0,8 l/s vorhanden, bei der geringeren Drosselwassermenge sind dies schon 2,0 l/s. Allerdings zeigt das Drosselorgan hier einen Unterschied: Liegt der Drosselabfluss mit synthetischem Schmutzwasser bei ungereinigter Drossel in drei von vier Fällen unterhalb der Mittelwerte mit Klarwasser, liegt der Mittelwert für den Versuch mit synthetischem Schmutzwasser und gereinigter Drossel deutlich über dem Soll-Abflusswert. Inwieweit hier Verschleiß und Medienbelastung das Betriebsverhalten beeinflussen, kann abschließend nicht beurteilt werden. In der Summe bleibt festzuhalten, dass das Regelverhalten der Drossel zum Ende ihres Lebenszyklus unsteter wird bezogen auf den tatsächlichen Drosselabfluss.

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Bis auf die Untersuchungen im Rahmen der Anprallprüfungen (Ifd. Nr. 20 im Prüfprogramm) zeigten alle weiteren Betriebssimulationen bzw. -beanspruchungen keine visuell erkennbaren Auffälligkeiten an dem Drosselorgan, die auf eine Funktionsbeeinträchtigung bzw. -störung durch Verschleiß o.ä. hätten schließen lassen können.

Bei der Prüfung auf Durchgang von Hygieneartikeln und Störkörpern wurde die Verlegebeseitigungseinrichtung auf Funktionalität geprüft. Sofern Verlegungen auftraten, konnten sie durch das Drosselorgan beseitigt werden. Die Dauer der Beseitigung war im Wesentlichen abhängig von Form, Größe und Gewicht des Störkörpers. Die auf das Schieberblech S2 treffende Reinigungsdüse erzeugte hier lediglich Kratzspuren.

Fazit

Mit Blick auf die in Nordrhein-Westfalen geltenden Anforderungen bzgl. der Abweichungen von Drosselabflüsse (Kalibrierprüfung gemäß SüwVO Abw [1]) zeigte das Drosselorgan bei hydraulischen Prüfungen mit der Werkseinstellung von 25 l/s keine Auffälligkeiten. Im Gegensatz dazu wiesen die Ergebnisse nach Umstellung der Drosselwassermenge auf 10 l/s häufiger Abweichungen auf, insbesondere mit Blick auf die Überschreitungen der maximal zulässigen Drosselwassermenge von 12 l/s (20 %-Abweichung). Welchen Anteil die nachträgliche Umstellung der Drosselwassermenge oder aber die im Rahmen des Prüfprogramms fortgeschrittenen Belastungen daran haben, bleibt offen.

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

4.5.3.1 Allgemeines

In Tabelle 20 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Waage-Drossel gewählt.

Tabelle 20: 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>Via Email zur Verfügung gestellt</p>	<p>Angelieferte Drossel für das Projekt</p>	<p>Vom Hersteller beim Einbau übergeben</p>	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

4.5.3.2 Funktionsweise

Die Waage-Drossel wird als aktive Drossel mit beweglichen Teilen kategorisiert, welche ohne Fremdenergie betrieben wird.

Sie (vgl. Bild in Tabelle 20) besteht im Wesentlichen aus drei Funktionselementen (Segmentschütz, Wiegerinne, Regelgewicht, vgl. Bild 29), die im Zusammenspiel den Abfluss einstellen.



a) Segmentschütz (roter Pfeil)



b) Wiegerinne



c) Regelgewicht

Bild 29 Funktionselemente der Waage-Drossel

Im Trockenwetterfall befinden sich diese drei Bauteile im Ruhezustand, der Drosselquerschnitt ist vollständig geöffnet (Bild 30a). Der Trockenwetterabfluss wird dabei nicht aufgestaut, er läuft im Freigefälle durch die Drossel. Bei einem Niederschlagsereignis fließt mehr Wasser durch/auf die Wiegerinne (Bild 30b). Durch das (zunehmende) Gewicht des Wassers bewegt sie sich nach unten. Das über Hebelarme angeschlossene Segmentschütz stellt in Abhängigkeit der Oberwasserhöhe bzw. der Gewichtskraft des Wassers auf der Wiegerinne den Öffnungsquerschnitt des Zulaufs ein und somit den gewünschten Drosselabfluss. Durch dieses Zusammenspiel der Baugruppen wird bei unterschiedlichen Stauhöhen ein konstanter Abfluss gewährleistet.



a) Waage-Drossel im Trockenwetterzustand



b) Waage-Drossel im Betrieb

Bild 30 Waage-Drossel

4.5.3.3 Verlegebeseitigung

Die Waage-Drossel verfügt über eine automatische Verlegebeseitigungseinrichtung. Bei Verlegungen unmittelbar vor dem Segmentschütz nimmt automatisch die Wassermenge und somit auch die Gewichtskraft ab, welche auf die Waagerinne einwirkt. Durch die nunmehr geringere Gewichtskraft des Wassers hebt sich die Waagerinne an, wodurch das Segmentschütz den Abflussquerschnitt weiter öffnet bzw. vollständig freigibt. Die angesammelten bzw. fest hängenden Feststoffe werden somit unter Druck ausgespült (Freispüleffekt). Im Anschluss pegelt sich die Waage-Drossel selbstständig wieder auf ihren Sollwert ein.

4.5.3.4 Einbau des Drosselorgans

Das Drosselorgan und der passende Flanschanschluss wurden bereits vor dem Einbau angeliefert. Alle erforderlichen Materialien und Werkzeuge für den Einbau wurden von den Mitarbeitern des Drosselherstellers vorgehalten. Das IKT stellte einen Kran zur Verfügung, um die Drossel in den Schacht zu verbringen.

Tabelle 21 gibt einen Überblick zu den ausgeführten Tätigkeiten und dem zeitlichen Aufwand für den Ein- und Umbau des Drosselorgans.

Tabelle 21: Informationen zum Ein- und Umbau der Waage-Drossel

Allgemeine Informationen	
Drosselorgan	Waage-Drossel Typ II
Hersteller	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld
Einbau durch	Hersteller; Umstellung durch Hersteller
1) Vorarbeiten für den Einbau	45 Minuten
Tätigkeiten	Rüsten, Vorbereiten und Montieren Flansch
2) Einbau der Drosseleinrichtung	40 Minuten
Tätigkeiten	Ausrichten der Drossel im Schacht, Anschrauben der Drossel an den Flansch, Anbringen der Wiegerinne
3) Nacharbeiten	ca. 10 Minuten
Tätigkeiten	Zusammenpacken Montagematerial
4) Zeitaufwand für den Einbau	
Gesamtzeit der Arbeiten vor Ort	1 h 35 Min
Gesamtzeit inkl. An-/Abreise	1 Tag
5) Aufwand für die Umstellung der Drosselwassermenge	
Tätigkeiten	Kontrolle des Drosselorgans, Ausmessen des Hebelarms und Verschieben des Gewichtes
Gesamtzeit der Umbauarbeiten einschließlich Nachjustierung	ca. 10 Min (ohne Nachjustierung)

Bild 31 zeigt wesentliche Arbeitsschritte des Einbauvorgangs:

1. Angelieferter Prüfgegenstand (Drossel ohne Gewicht und Wiegerinne, Bild a),
2. Montierter Flansch im Drosselschacht (Bild b) zur Verbindung der Drossel mit dem angeschlossenen Regenbecken,
3. Beförderung des Drosselorgans in den Schacht mittels Kran (Bild c),
4. Aus- und Einrichten des Drosselorgans sowie Montage des Kontergewichtes und der Wiegerinne.



a) Drosselorgan nach Anlieferung



b) Flanschanschluss



c) Einbringen des Drosselorgans mittels Kran



d) Ausrichten des Drosselorgans

Bild 31 Wesentliche Arbeitsschritte bei dem Einbau der Waage-Drossel

Die Mitarbeiter hätten bei einer Abweichung größer als $\pm 5\%$ vom Sollwert des Drosselabflusses eine Justierung vorgenommen. Nach dem Einbau und Einrichten des Drosselorgans zeigte sich bei der hydraulischen Kontrolle eine mittlere Abweichung von $-0,2\%$ vom Sollwert, so dass der Hersteller keine Justierung vornahm. Das Prüfprogramm wurde gestartet (vgl. Ergebnisse des Prüfprogramms, Abschnitt 4.5.3.5).

Um die Stellung des Segmentschützes in Abhängigkeit der Wiegerinne für zusätzliche Untersuchungen mittels Seilwegaufnehmern messtechnisch erfassen zu können, wurde in Abstimmung mit dem Hersteller die Schutzkappe, die lediglich als Spritzschutz dient, oberhalb des Segmentschützes nach dem Einrichten des Drosselorgans nicht wieder montiert (vgl. rote Pfeile in Bild 31a und d).

4.5.3.5 Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 22 sind die Testergebnisse für die Waage-Drossel anhand des Prüfprogramms dargestellt.

Tabelle 22: 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 Betriebstauglichkeit 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 Betriebstauglichkeit 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	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} = 25,73 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	

Erläuterungen/Auffälligkeiten zu einzelnen Prüfprogramm-Punkten in Tabelle 22

SüwVO I-Prüfung

Exemplarisch ist in Bild 32 die hydraulische SüwVO I-Prüfung (vgl. lfd. Prüf.-Nr. 2) mit der in Betrieb befindlichen Drossel dargestellt.



a) Seitenansicht



b) Detailbild des Waagesystems

Bild 32 Betrieb der Waage-Drossel mit Klarwasser (SüwVO I-Prüfung)

SüwVO II-Prüfung

Bild 33 zeigt das Regenbecken im Volleinstau mit synthetischem Schmutzwasser für die SüwVO II- oder Betriebstauglichkeits II-Prüfung (vgl. lfd. Nr. 4, 6), die Anordnung im Gerinne der nach Ablauf des Beckeninhalts verbliebenen Feuchttücher für die Folgeprüfung sowie das mit synthetischem Schmutzwasser durchflossene Drosselorgan.



a) Voll eingestautes Regenbecken



b) Ablagerungen nach dem Versuch



c) Schmutzwasserdurchfluss

Bild 33 SüwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser

Betriebssimulation Z1 (mechanische Belastung des Drosselorgans)

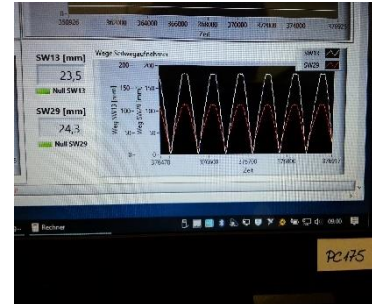
Um die beweglichen Teile des Drosselorgans mit den vorgesehenen Zyklen mechanisch zu belasten (Prüfprogramm lfd. Nr. 5 und 15, vgl. Bild 34), wurde ein Pneumatik-Zylinder am Gestänge der Wiegerinne befestigt. Über Endschalter am Pneumatik-Zylinder wurde der vorgesehene Hubweg des Kolbens an den Weg der Wiegerinne bzw. des Gestänges der Drossel eingestellt (Bild 34a). Bild 34b zeigt die Steuereinheit einschließlich Zählwerk. Bild 34c zeigt die Erfassung der Messdaten mittels EDV.



a) Pneumatik-Zylinder



b) Steuerungseinheit und Zählwerk



c) EDV-Erfassung Hubwege

Bild 34 Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“

Es konnten keine wesentlichen Auffälligkeiten an dem Drosselorgan nach Ablauf dieser Prüfung festgestellt werden. Lediglich eine geringfügige Tropfenbildung am Kolben des Dämpfers war nach Ablauf der Zyklen vorhanden.

Reinigung des Drosselorgans und Regenbeckens

Insbesondere nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser bedarf die Drossel-einrichtung einer Reinigung (Ifd. Nr. 7, 17) als Vorbereitung für die nachfolgenden Versuche mit Klarwasser. Bild 35a zeigt exemplarisch die Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck. Ein auf der Reinigungslanze montierter Gliedermaßstab hilft, einen Mindestabstand von 50 cm zum Objekt einzuhalten. Bild 35b zeigt das bereits gereinigte Regenbecken nach den Schmutzwasserversuchen. Im Ergebnis ist ein augenscheinlich sauberes Regenbecken – ohne Rückstände an Wänden, Boden und Gerinne sowie Anhaftungen an Armaturen etc. – für die folgenden Versuche wieder hergestellt.



a) Hochdruck-Reinigung der Drossel

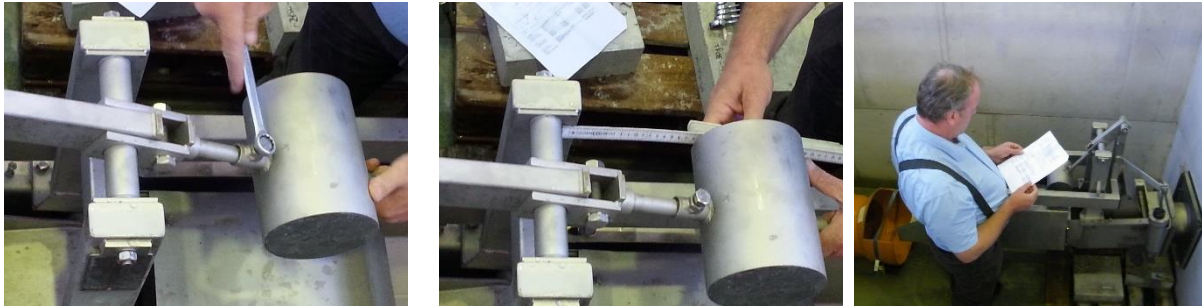


b) Gereinigtes Becken

Bild 35 Reinigung von Waage-Drossel und Regenbecken

Betriebssimulation Umstellung der Drosselwassermenge

Im Rahmen des Prüfprogramms (Ifd. Nr. 10) erfolgt einmalig die Umstellung der Drosselwassermenge von $Q_{Dr} = 25 \text{ l/s}$ auf 10 l/s durch den Hersteller (vgl. Bild 36). Dazu löste der Mitarbeiter die Befestigung des Gewichtes (Bild 36a) und verschob dieses auf dem Gestänge in die vorgesehene Position (Bild 36b). Anschließend kontrollierte er die Lagegenauigkeit des Gewichtes mit den Vorgaben (Bild 36c) sowie die Gängigkeit des Gestanges. Diese Arbeiten waren innerhalb von fünf Minuten abgeschlossen und das Drosselorgan somit für die weiteren Prüfungen bereit.



a) Lösen der Befestigungsschraube b) Verschieben des Gewichtes c) Kontrolle der Maße
Bild 36 Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge

Anprallprüfungen (Verlegung und Kanalreinigung)

Im Rahmen dieser Prüfung (Ifd. Nr. 20) finden zwei unterschiedliche Belastungen statt. Zum einen wird der Durchgang von Hygieneartikeln und Anprall von Störkörpern durch das Drosselorgan überprüft (vgl. Bild 37), womit die Funktionsfähigkeitsprüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung des Testobjekts verbunden ist. Zum anderen wird festgestellt, ob der Anprall einer Reinigungsdüse (vgl. Bild 38) Auswirkungen auf die Abflussleistung der Drossel besitzt.

Zunächst zeigte sich bei der Zugabe von Hygieneartikeln in den Wasserstrom, dass einzelne Präservative, Damenbinden und Tampons die Drosselaktivität nicht beeinflussen. Im Gegensatz dazu wurde die Verlegebeseitigungseinrichtung aktiviert bedingt durch ein Zusetzen des Drosselzulaufs mit mindestens drei Windeln. Hierdurch war der Durchfluss deutlich reduziert, so dass die aufgehende Wiegerinne das Segmentschütz anhebt und den gesamten Abflussquerschnitt freigibt. Somit werden die Störkörper (Windeln) durch die Drossel geleitet. Die Verlegebeseitigung funktioniert ebenfalls bei vier und fünf dem Wasserstrom zugegebenen Windeln.

Die Zugabe von Hölzern erzeugte keine Verlegung, da diese, auf dem Wasserstrom schwimmend, ungehindert durch die Drossel fließen.

Die beiden größeren Steinzeugscherben, der halbe Mauerstein sowie der Bohrkern blieben so lange an dem Segmentschütz der Drossel hängen, bis weitere Störstoffe zu einer stärkeren Verlegung des Drosselzulaufs mit anschließender Aktivierung der Verlegebeseitigung führten. Die kleine Steinzeugscherbe hingegen passierte das Drosselorgan mit dem Wasserstrom.



Bild 37 Beispiel für eine funktionierende Verlegebeseitigung der Waage-Drossel, hervorgerufen durch festhängende Windeln mit anschließendem Spülstoß; am Segmentschütz festhängender Klinkerstein

Unter Berücksichtigung des minimalen Abstandes von Wiegerinne und Gerinne von 9,5 cm und der Dicke der Reinigungsdüse von 10 cm führte die siebenmalige Einfahrt der Kanalreinigungsdüse (Bild 38a und b) zu einem „Unterfahren“ der Wiegerinne. Dies erzeugte keine Verformungen, jedoch waren Kratzspuren sichtbar, die bereits einen Tag später bei dem Ausbau der Drossel Rostbildung zeigten.



Bild 38 Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse

Abschließende hydraulische Prüfung nach SÜwVO I

Bei der abschließenden hydraulischen Prüfung mit Klarwasser waren keine Auffälligkeiten bzgl. des Drosselabflusses vorhanden. Übliche Anforderungen gemäß SÜwVO [1] werden eingehalten.

Betriebsbeanspruchung: Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Mit Blick auf die Versuchsergebnisse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Der Korrosionsangriff (vgl. Bild 39) erzeugt keine visuell feststellbaren Unterschiede auf den Oberflächen der verwendeten Materialien des Drosselorgans. Alle zeigen nach einer Woche einen einheitlichen Zustand und entsprechen dem Zustand einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (vgl. Bild 14).
2. Die verwendeten Schrauben zeigen ebenfalls keine Auffälligkeiten, die auf eine minderwertigere Qualität schließen lassen können.
3. Das Drosselorgan war vor dem Ausbau funktionsfähig, die Gestänge und das Segmentschütz beweglich und das optische Erscheinungsbild ohne wesentliche

Auffälligkeiten (Kratzspuren mit Rostbildung auf der Unterseite der Wiegerinne bedingt durch das Anprallen bzw. Unterfahren der Kanalreinigungsdüse).



a) Drosselbauteile vorher

b) Drosselbauteile nachher

Bild 39 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit $FeCl_3$ -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich

4.5.3.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In dem nachstehenden Bild 40 werden die mittleren sowie die minimal und maximal gemessenen Drosselabflüsse in Liter je Sekunde für die einzelnen Prüfprogramm-Punkte als Balken dargestellt. Darüber hinaus sind die beiden Soll-Drosselabflüsse (25 l/s und 10 l/s) mit einem roten Rahmen eingezeichnet.



Bild 40 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der Waage-Drossel nach Prüfprogramm mit Sollabflüssen

Die Balkengruppen für beide Soll-Drosselabflüsse (25 l/s und 10 l/s) zeigen ein vergleichbares Betriebs- bzw. Regelverhalten für die unterschiedlichen, aufeinander folgenden Prüfungen. Dabei liegen alle Mittelwerte durchweg im zulässigen Bereich von Sollwert $\pm 20\%$ [1]. Allerdings liegen die Minimalwerte beider Soll-Drosselabflüsse bei den Betriebstauglichkeits II-Prüfungen (synthetisches Schmutzwasser bei ungereinigtem Drosselorgan) außerhalb der Grenzwerte. Ein Bewegen der Drosselmechanik von Hand nach Abschluss der jeweiligen Versuche ließ hierbei erkennen, dass diese schwergängiger war und dies ggf. als Ursache für die ungenaue Regelung angesehen werden kann. Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass die Drosselabflüsse bei den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser geringer sind als bei den Klarwasser-Versuchen. Hier erzeugt offensichtlich die höhere Dichte des Schmutzwassers (bei Q_{Dr} von 25 l/s ist das Wassergewicht je Liter auf der Waagerinne um ca. 350 Gramm höher als bei den Klarwasserversuchen) einen geringfügig größeren Verschluss des Abflussquerschnitts durch das Segmentschütz.

Um die Abweichungen von Mittel-, Minimal- und Maximalwerten vergleichbar und mit Blick auf eine Bewertung in Abhängigkeit der Anforderungen darstellen zu können, sind diese in Bild 28 als grüne Punkte im Diagramm dargestellt. Diese symbolisieren Abweichungen der Mittelwerte der Drosselabflüsse vom 100-Prozentwert (Soll-Drosselwassermenge entspricht 100%). Darüber hinaus verläuft durch jeden Punkt eine senkrechte Linie, deren unterer Endpunkt den Minimalwert einer gemessenen Abweichung in Prozent und deren oberer Endpunkt den Maximalwert einer gemessenen Abweichung in Prozent anzeigt.

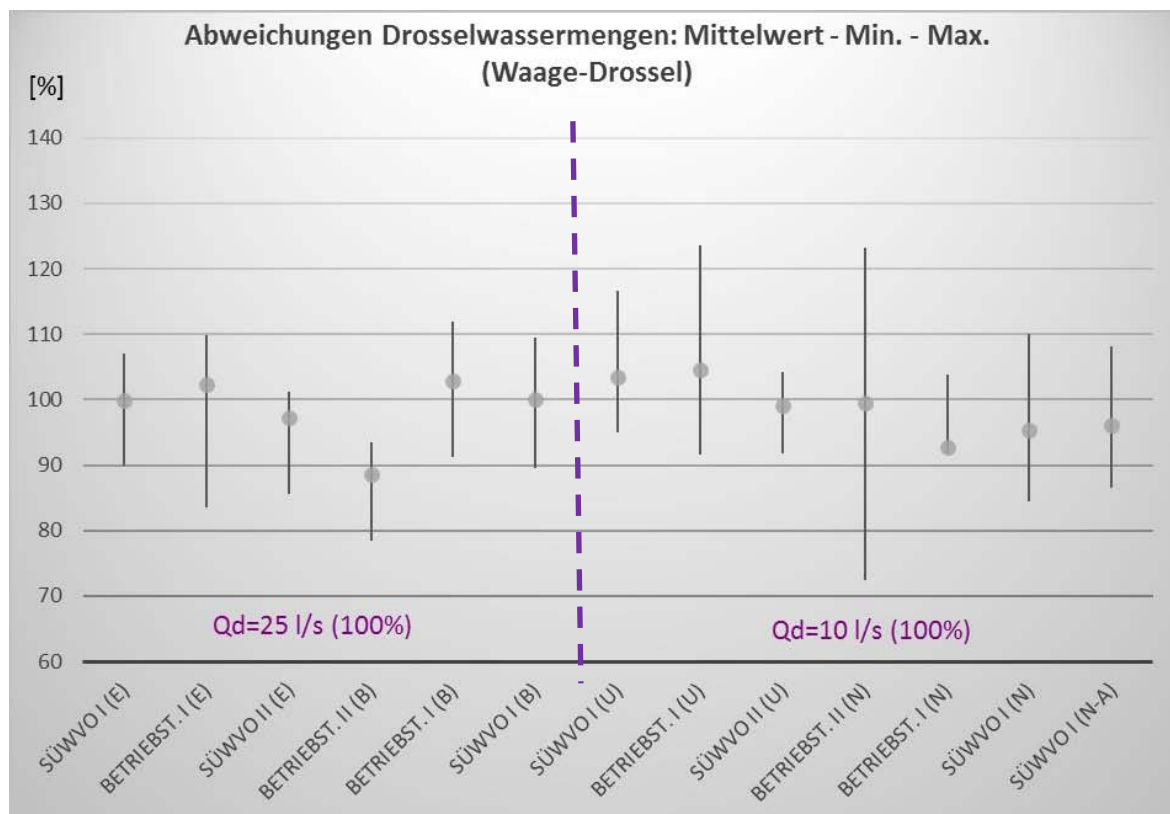


Bild 41 Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der Waage-Drossel in Prozent

Während im Rahmen der Prüfungen mit Drosselabflüssen von 25 l/s die Ergebnisse für gleiche Prüfungen sehr ähnlich ausfallen, z.B. SÜwVO- und Betriebstauglichkeitsprüfung I, kann zum Ende des Prüfprogramms bei 10 l/s Drosselwassermenge hingegen keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse innerhalb einer Prüfungsart festgestellt werden. Inwieweit hier Verschleiß und Medienbelastung das Betriebsverhalten beeinflussen bzw. bereits beeinflusst haben, kann jedoch abschließend nicht beurteilt werden.

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Bis auf die Untersuchungen im Rahmen der Anprallprüfungen (Ifd. Nr. 20 im Prüfprogramm) zeigten alle weiteren Betriebssimulationen keine visuell erkennbaren Auffälligkeiten an dem Drosselorgan, die auf eine Funktionsbeeinträchtigung bzw. -störung durch Verschleiß o.ä. hätten schließen lassen können.

Bei der Prüfung auf Durchgang von Hygieneartikeln und Störkörpern wurde die Verlegebeseitigungseinrichtung auf Funktionalität geprüft. Sofern Verlegungen auftraten, konnten sie durch das Drosselorgan beseitigt werden. Die Dauer der Beseitigung war im Wesentlichen abhängig von Form, Größe und Gewicht des Störkörpers. Die unter die Wiegerinne fahrende Reinigungsdüse erzeugte hier keine Verformung, lediglich Kratzspuren mit Rostbildung (Korrosion) auf der Unterseite der Wiegerinne waren erkennbar.

Fazit

Mit Blick auf die in Nordrhein-Westfalen geltenden Anforderungen bzgl. der Abweichungen von Drosselabflüssen (Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1]) zeigte das Drosselorgan bei hydraulischen Prüfungen mit der Werkseinstellung von 25 l/s keine Auffälligkeiten bei den Versuchen mit Klarwasser. Bei den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser lagen die Drosselabflüsse insgesamt niedriger. Dieses Betriebsverhalten kann im Wesentlichen auf die Dichteunterschiede der Medien (Klar- und Schmutzwasser) zurückgeführt werden. Dieses Phänomen trat ebenfalls nach Umstellung der Drosselwassermenge ($Q_{Dr} = 10$ l/s) auf.

Weiterhin war zu beobachten, dass zum Ende der hydraulischen Prüfungen mit $Q_{Dr} = 10$ l/s die Mittelwerte der Drosselabflüsse auf einem niedrigeren Niveau lagen als bei vergleichbaren Prüfungen zu Beginn dieser Lebenszyklus-Phase. Auch in diesem Fall bleibt offen, welchen Anteil die nachträgliche Umstellung der Drosselwassermenge oder aber die im Rahmen des Prüfprogramms fortgeschrittenen Belastungen daran haben.

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

4.5.4.1 Allgemeines

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

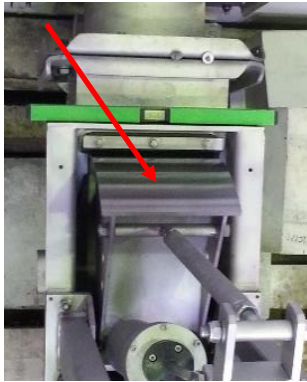
Tabelle 23: Informationen zur Strahl-Drossel

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		

4.5.4.2 Funktionsweise

Die Strahl-Drossel wird als aktive Drossel mit beweglichen Teilen kategorisiert, welche ohne Fremdenergie betrieben wird.

Sie (vgl. Bild in Tabelle 23) besteht im Wesentlichen aus drei Funktionselementen (Segmentschütz, Strahlschild, Kontergewicht, vgl. Bild 43), die im Zusammenspiel den Abfluss einstellen.



a) Segmentschutz (roter Pfeil) b) Strahlschild

c) Regelgewicht

Bild 42 Funktionselemente der Strahl-Drossel

Im Trockenwetterfall befinden sich diese drei Bauteile im Ruhezustand, das Segementschutz ist vollständig geöffnet (Bild 42a). Dabei liegt das Strahlschild eng am Drosselkasten an. Der Trockenwetterabfluss wird in diesem Fall dennoch nicht aufgestaut, sondern läuft im Freigefälle durch die Drossel. Bei einem Niederschlagsereignis und ansteigendem Wasserstand im Regenüberlaufbecken, trifft der über eine Schanze umgelenkte Wasserstrahl im Drosselgehäuse das bewegliche Strahlschild (vgl. Skizze in Tabelle 23 und Bild 42b). Die vom Wasserstrahl erzeugte Strahlkraft erzeugt eine Stellenergie, mit der das Strahlschild angehoben wird und gleichzeitig das gelenkig verbundene Segmentschutz in den Abflussquerschnitt eintaucht. Über das Regel- bzw. Kontergewicht kann dabei die Abflussmenge eingestellt werden. Durch dieses Zusammenspiel der Baugruppen wird bei unterschiedlichen Stauhöhen ein konstanter Abfluss gewährleistet.



a) Strahl-Drossel im Trockenwetterzustand b) Strahl-Drossel in Betrieb

Bild 43 Strahl-Drossel

4.5.4.3 Verlegebeseitigung

Die Strahl-Drossel verfügt über eine automatische Verlegebeseitigungseinrichtung. Bei Verlegungen unmittelbar vor dem Segmentschutz nehmen automatisch die Wassermenge und somit auch die Strahlkraft auf das Strahlschild ab. Das Strahlschild sinkt ab, wodurch das Segmentschutz den Abflussquerschnitt weiter öffnet bzw. vollständig freigibt. Die angesammelten bzw. fest hängenden Feststoffe werden somit unter Druck ausgespült (Freispüleffekt). Im Anschluss pegelt sich die Strahl-Drossel selbstständig wieder auf ihren Sollwert ein.

4.5.4.4 Einbau des Drosselorgans

Das Drosselorgan und der passende Flanschanschluss wurden bereits vor dem Einbau angeliefert. Alle erforderlichen Materialien und Werkzeuge für den Einbau wurden von den Mitarbeitern des Drosselherstellers vorgehalten. Das IKT stellte einen Kran zur Verfügung, um die Drossel in den Schacht zu verbringen.

Tabelle 24 gibt einen Überblick zu den ausgeführten Tätigkeiten und dem zeitlichen Aufwand für den Ein- und Umbau des Drosselorgans.

Tabelle 24: Informationen zum Ein- und Umbau der Strahl-Drossel

Allgemeine Informationen	
Drosselorgan	Strahl-Drossel Typ I
Hersteller	bgu-Umweltschutzanlagen GmbH, Bretzfeld
Einbau durch	Hersteller; Umstellung durch Hersteller
1) Vorarbeiten für den Einbau	ca. 15 Minuten
Tätigkeiten	Rüsten
2) Einbau der Drosseleinrichtung	ca. 140 Minuten
Tätigkeiten	Ausrichten der Drossel im Schacht, Anschrauben der Drossel an den vorhandenen Flansch, Einstellung des Segmentschützes, Ausrichten des Gewichtes
3) Nacharbeiten	ca. 10 Minuten
Tätigkeiten	Zusammenpacken Montagematerial
4) Zeitaufwand für den Einbau	
Gesamtzeit der Arbeiten vor Ort	ca. 2 h 45 Min
Gesamtzeit inkl. An-/Abreise	1 Tag
5) Aufwand für die Umstellung der Drosselwassermenge	
Tätigkeiten	Kontrolle und Instandsetzung des Drosselorgans, Ausmessen des Hebelarms und Verschieben des Gewichtes, Einstellen des Abstandes von Segmentschütz zur Dichtung
Gesamtzeit der Umbauarbeiten einschließlich Nachjustierung	ca. 2 h

Bild 44 zeigt wesentliche Arbeitsschritte des Einbauvorgangs:

1. Angelieferter Prüfgegenstand (Bild a),
2. Nutzung des vorhandenen Flansches (Bild b) zur Verbindung der Drossel mit dem angeschlossenen Regenbecken,
3. Beförderung des Drosselorgans in den Schacht mittels Kran (Bild c),
4. Aus- und Einrichten des Drosselorgans.



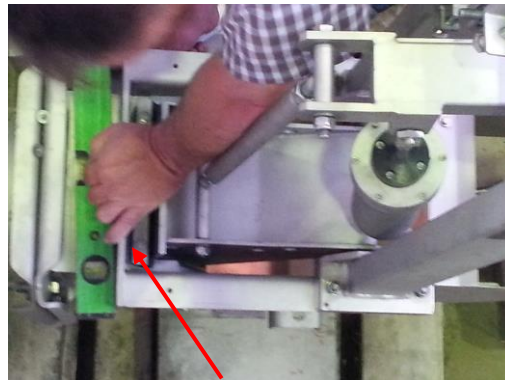
a) Drosselorgan nach Anlieferung



b) Nutzung des vorhandenen Flanschanschlusses



c) Einbringen des Drosselorgans mittels Kran



d) Ausrichten des Drosselorgans

Bild 44 Wesentliche Arbeitsschritte bei dem Einbau der Strahl-Drossel

Obwohl die Drossel nach Aussage des Herstellers im eigenen Labor auf einen Drosselabfluss von 25 l/s voreingestellt wurde, justierten die Mitarbeiter die Drossel zweimal nach, da die gemessenen Abflüsse ihnen noch zu hoch erschienen (mittlere Abweichung ca. 6 bis 7 % vom Sollwert). Bei einer maximalen Abweichung von $\pm 5\%$ vom Sollwert des Drosselabflusses würde keine weitere Justierung vorgenommen werden. Im Ergebnis zeigte sich im Rahmen des Prüfprogramms eine mittlere Abweichung von + 2,2 % vom Sollwert (vgl. Ergebnisse des Prüfprogramms, Abschnitt 4.5.4.5).

Um die Stellung von Segmentschütz und Strahlschild mittels Seilwegaufnehmern messtechnisch erfassen zu können, wurde in Abstimmung mit dem Hersteller die Schutzkappe, die lediglich als Spritzschutz dient, oberhalb des Segmentschützes nach dem Einrichten der Drossel nicht wieder montiert (vgl. rote Pfeile in Bild 44a und d).

Mit Blick auf das Prüfprogramm – Umstellung der Drosselwassermenge von 25 l/s auf 10 l/s (Ifd. Nr. 10 im Prüfprogramm) – wird darauf hingewiesen, dass der Hersteller im Gespräch mit IKT-Mitarbeitern darauf hingewiesen hat, dass die minimal einstellbare Drosselwassermenge für diesen Drossel-Typ bei 15 l/s liegt. Sofern eine Drosselwassermenge von 10 l/s realisiert werden muss, wäre ein Drosselorgan anderer Bauart (Typ Ie) zu verwenden, das sich allerdings von der Arbeitsweise der vom Lenkungskreis ausgewählten „klassischen“ Strahl-Drossel Typ I unterscheidet. Vor diesem Hintergrund hat der Lenkungskreis entschieden, die Strahl-Drossel Typ I zu untersuchen, allerdings mit der vom Hersteller vorgegebenen, minimal einstellbaren Drosselwassermenge von 15 l/s.

4.5.4.5 Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 25 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 25: 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_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; (ggf. Nachjustieren bei Abweichung > ± 5% vom Mittelwert gem. Aussage Hersteller); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,54 l/s Q _{max.} = 27,37 l/s Q _{min.} = 22,46 l/s Abweichungen: +2,2% +9,5% -10,1% (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} = 25,64 l/s Q _{max.} = 27,48 l/s Q _{min.} = 22,17 l/s Abweichungen: +2,6% +9,9% -11,3%
4	Prüfung nach SÜWVO II	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 17,17 l/s Q _{max.} = 21,89 l/s Q _{min.} = 10,33 l/s Abweichungen: -31,3% -12,4% -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_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand ungereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 25,86 l/s Q _{max.} = 36,95 l/s Q _{min.} = 15,17 l/s Abweichungen: +3,5% +47,8% -39,3%
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} = 38,62 l/s Q _{max.} = 41,23 l/s Q _{min.} = 22,96 l/s Abweichungen: +54,5% +64,9% - 8,2%
9	Prüfung nach SÜWVO I	Q_{Soll} = 25,00 l/s , hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: Q _{Ist, mittel} = 22,96 l/s Q _{max.} = 27,78 l/s Q _{min.} = 17,30 l/s Abweichungen: - 8,2% +11,1% -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	

Erläuterungen/Auffälligkeiten zu einzelnen Prüfprogramm-Punkten in Tabelle 25

SüwVO I-Prüfung

Exemplarisch ist in Bild 45 die hydraulische SüwVO I-Prüfung (vgl. lfd. Prüf.-Nr. 2) mit der in Betrieb befindlichen Drossel dargestellt.



a) Seitenansicht



b) Detailbild des Segmentschützes

Bild 45 Betrieb der Strahl-Drossel mit Klarwasser (SüwVO I-Prüfung)

SüwVO II-Prüfung

Bild 46 zeigt das Regenbecken im Volleinstau mit synthetischem Schmutzwasser (Bild a) für die SüwVO II- oder Betriebstauglichkeits II-Prüfung (vgl. lfd. Nr. 4, 6), das mit synthetischem Schmutzwasser durchflossene Drosselorgan (Bild b) und die Strahl-Drossel, deren Strahlschild und Segmentschütz bei Versuchsende nicht mehr selbstständig in die Grundeinstellung für den Trockenwetterfall zurückgefahren sind. Nach Abschluss des Versuchs wurden deren Öffnungsweiten dokumentiert: Das Strahlblech war ca. 13 cm von der Grundeinstellung entfernt und das Segmentschütz ca. 8 cm. Im Bereich von Dichtung-Segmentschütz konnten bei einem Abstreichen von Hand Rückstände aus dem synthetischen Schmutzwasser festgestellt werden. Diese lagen wie ein Film auf den Oberflächen und erzeugten offensichtlich die Schwergängigkeit der Mechanik.



a) Voll eingestautes Regenbecken



b) Schmutzwasserdurchfluss



c) Klemmen der Mechanik

Bild 46 SüwVO II-Prüfung der Strahl-Drossel mit synthetischem Schmutzwasser

Betriebssimulation Z1 (mechanische Belastung des Drosselorgans)

Um die beweglichen Teile des Drosselorgans mit den vorgesehenen Zyklen mechanisch zu belasten (Prüfprogramm lfd. Nr. 5 und 15, vgl. Bild 47), wurde ein Pneumatik-Zylinder an dem Arm des Gewichts befestigt (Bild 47a). Über Endschalter am Pneumatik-Zylin-

der wurde der vorgesehene Hubweg des Kolbens bzw. Gestänges der Drossel eingestellt (Bild 47b). Bild 47c zeigt den geringfügigen Austritt von Flüssigkeit aus dem Dämpfer nach Abschluss der Versuche.



a) Befestigung Kolben



b) Detailbild Pneumatikzylinder



c) Austritt von Dämpferflüssigkeit

Bild 47 Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“

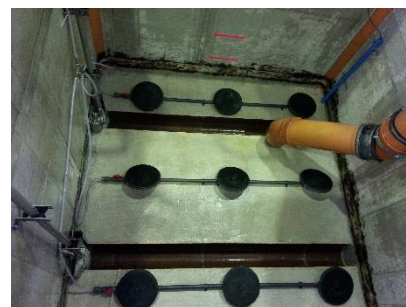
Abgesehen vom geringfügigen Austritt der Flüssigkeit aus dem Dämpfer wurden keine weiteren Auffälligkeiten festgestellt. Gemäß Wartungsanleitung ist ein geringfügiger Austritt von Flüssigkeit möglich und stellt in der vorliegenden Menge kein Betriebsproblem dar. Zudem arbeitete der Dämpfer einwandfrei, so dass keine Flüssigkeit aufgefüllt wurde durch den Hersteller. Dieser führte eine Funktionskontrolle durch bei der Umstellung des Drosselabflusses.

Reinigung des Drosselorgans und Regenbeckens

Insbesondere nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser bedarf die Drosseleinrichtung einer Reinigung (Ifd. Nr. 7, 17) als Vorbereitung für die nachfolgenden Versuche mit Klarwasser. Bild 48a zeigt exemplarisch die Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck. Ein auf der Reinigungslanze montierter Gliedermaßstab hilft, einen Mindestabstand von 50 cm zum Objekt einzuhalten. Bild 48b zeigt das bereits gereinigte Regenbecken nach den Schmutzwasserversuchen. Im Ergebnis sind ein augenscheinlich sauberes Regenbecken – ohne Rückstände an Wänden, Boden und Gerinne sowie Anhaftungen an Armaturen etc. – und Drosselorgan für die folgenden Versuche wieder hergestellt.



a) Hochdruck-Reinigung der Drossel



b) Gereinigtes Becken

Bild 48 Reinigung von Strahl-Drossel und Regenbecken

Prüfung auf Betriebstauglichkeit I

Im Anschluss an die Reinigung erfolgte die Prüfung auf Betriebstauglichkeit I (Ifd. Nr.8), bei der ein Zufluss von 40 l/s bei einem Soll-Drosselabfluss von 25 l/s auf das Drosselorgan trifft. Aufgrund der Schwergängigkeit der Drosselmechanik (vgl. Bild 49a und b) konnte die Strahlkraft des Wasserstrahls keine Stellwirkung des Strahlschildes/Segmentschützes erzeugen, so dass der zufließende Wasserstrom von 40 l/s ungedrosselt weiter geleitet wurde (vgl. Bild 49c).



a) Ungedrosselter Durchfluss (40l/s) b) Unbewegtes Strahlschild c) Kontrolle der Messwerte
Bild 49 Versuchsdurchführung mit feststehendem Segmentschütz
 (Betriebstauglichkeit I, Ifd. Nr. 8 des Prüfprogramms)

Prüfung nach SÜwVO I

Die gemäß Prüfprogramm abschließende SÜwVO I-Prüfung (Ifd. Nr.9) bei einer Soll-Drosselwassermenge von 25 l/s zeigt Messwerte, die nun wieder auf eine nahezu einwandfreie Arbeitsweise des Drosselorgans schließen lassen. Im Vergleich zum vorangegangenen Versuch war hier das Regenbecken jedoch vollgefüllt, so dass die Strahlkraft des Wasserstrahls höher war und das Strahlblech das Segmentschütz auf den erforderlichen Drosselquerschnitt einstellen konnte. Lediglich bei niedrigen Wasserständen im Regenbecken, die ein Öffnen des Querschnitts durch die Strahl-Drossel erfordert hätten, zeigte sich die Unbeweglichkeit der Mechanik, die weiterhin die gleichen Öffnungsweiten wie zu Versuchsbeginn aufwies. Nach Versuchsende wurden die Abstände von der Grundstellung am Strahlblech (18 cm) und vom Segmentschütz (9 cm) aufgenommen (vgl. Bild 50). Anschließend lösten Mitarbeiter des IKT den Dämpfer, um zu kontrollieren, ob dieser ggf. ursächlich für die Fehlfunktion der Strahl-Drossel ist. Der Dämpfer zeigte sich allerdings funktionsfähig.



a) Strahl-Drossel im Betrieb b) Abstand Strahlschild c) Abstand Segmentschütz
Bild 50 Strahl-Drossel während und nach der Durchführung der SÜwVO I-Prüfung
 (Ifd. Nr. 9 des Prüfprogramms)

Betriebssimulation Umstellung der Drosselwassermenge

Im Rahmen des Prüfprogramms (Ifd. Nr. 10) erfolgt einmalig die Umstellung der Drosselwassermenge von $Q_{Dr} = 25$ l/s auf 15 l/s durch den Hersteller (vgl. Bild 51). Auf Grund der aufgetretenen Probleme während der Versuche, wurde zu Beginn der Dämpfer von einem Mitarbeiter des Herstellers abgeschraubt und auf seine Gängigkeit hin untersucht (Bild 51a). Ohne Veränderungen am Dämpfer vorzunehmen wurde er wieder montiert. Im Anschluss erfolgte die eigentliche Umstellung des Drosselabflusses. Dazu löste der Mitarbeiter die Befestigung des Pendelgewichts und verschob den Hebelarm des Gewichts (Bild 51b). Anschließend kontrollierte er das Spaltmaß, den Abstand zwischen Abdichtung und Segmentschütz (Bild 51c), und stellte es geringfügig größer ein. Dadurch sollte die Gängigkeit der Mechanik auch bei den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser gewährleistet sein.

Die Arbeiten für die Umstellung des Drosselabflusses waren innerhalb von fünf Minuten abgeschlossen und das Drosselorgan somit für die weiteren Prüfungen bereit. Die Mitarbeiter kontrollierten die Messergebnisse der anschließenden SÜWVO I-Prüfung und mussten zwei weitere Nachjustierungen am Pendelgewicht durchführen.



a) Ausbau des Dämpfers



b) Verstellen des Pendelgewichts



c) Kontrolle des Spaltmaßes

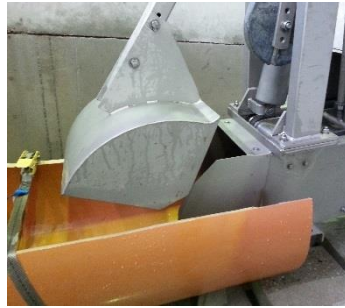
Bild 51 Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge der Strahl-Drossel

Prüfung auf Betriebstauglichkeit I

Die Prüfung auf Betriebstauglichkeit (Ifd. Nr.13) musste wiederholt werden, da sich bei der ersten Versuchsdurchführung ein Stück Folie (u.U. auch ein zerkleinertes Stück eines Präservativs aus vorangegangenen Versuchsreihen) mit einer Größe von etwa 5 x 5 cm im Wasserkreislauf befand. Dieses lagerte sich zwischen der Abdichtung und dem Segmentschütz ab und schränkte die Beweglichkeit dieser Bauteile deutlich ein. Zum Versuchsende verhinderte dieser Störstoff auch das vollständige Schließen des Strahlblechs/Segmentschützes am Versuchsende. Der bei diesem Versuch anwesende Mitarbeiter des Herstellers entdeckte den Störkörper, entfernte ihn aus dem Drosselorgan, überprüfte die Gängigkeit der beweglichen Bauteile und gab die Drossel für die Wiederholungsprüfung frei.



a) Drossel im Betrieb



b) Geöffnetes Strahlschild



c) Schwergängigkeit durch Störkörper

Bild 52 Beeinträchtigung der Hydro-Mechanik während des Versuchs lfd. Nr.13

Bei der Wiederholungsprüfung der SÜWVO I-Prüfung (lfd. Nr.13) arbeitete die Strahldrossel ohne Auffälligkeiten.

Anprallprüfungen (Verlegung und Kanalreinigung)

Im Rahmen dieser Prüfung (lfd. Nr. 20) finden zwei unterschiedliche Belastungen statt. Zum einen wird der Durchgang von Hygieneartikeln und Anprall von Störkörpern durch das Drosselorgan überprüft (vgl. Bild 53), womit die Funktionsfähigkeitsprüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung des Testobjekts verbunden ist. Zum anderen wird festgestellt, ob der Anprall einer Reinigungsdüse (vgl. Bild 54) Auswirkungen auf die Abflussleistung der Drossel besitzt.

Zunächst zeigte sich bei der Zugabe von Hygieneartikeln in den Wasserstrom, dass einzelne Präservative, Damenbinden und Tampons die Drosselaktivität nicht beeinflussen. Im Gegensatz dazu wurde die Verlegebeseitigungseinrichtung aktiviert bedingt durch ein Zusetzen des Drosselzulaufs mit mindestens drei Windeln. Hierdurch war der Durchfluss deutlich reduziert, so dass das zurückweichende Strahlschild das Segment-schütz anhebt und den gesamten Abflussquerschnitt freigibt. Somit werden die Störkörper (Windeln) durch die Drossel geleitet. Die Verlegebeseitigung funktioniert ebenfalls bei vier und fünf dem Wasserstrom zugegebenen Windeln.

Die Zugabe von Hölzern erzeugte keine Verlegung, da diese, auf dem Wasserstrom schwimmend, ungehindert durch die Drossel flossen.

Die beiden größeren Steinzeugscherben, der halbe Mauerstein sowie der Bohrkern blieben so lange an dem Segment-schütz der Drossel hängen, bis weitere Störstoffe zu einer stärkeren Verlegung des Drosselzulaufs mit anschließender Aktivierung der Verlegebeseitigung führten. Die kleine Steinzeugscherbe passierte das Drosselorgan mit dem Wasserstrom.



a) Durchfluss von Hygieneartikeln b) Durchfluss einer Windel c) Durchfluss einer Scherbe
Bild 53 Prüfung der Verlegebeseitigung der Strahl-Drossel durch Zugabe von Hygieneartikeln und Störstoffen

Unter Berücksichtigung des Abstandes von > 10 cm von Strahl-Drossel und Gerinne führte die siebenmalige Einfahrt der Kanalreinigungsdüse (Bild 54a) zu einem vollständigen „Unterfahren“ des Drosselorgans. Obwohl die Gerinne-Halbschale für diesen Versuch angehoben wurde, um einen geringstmöglichen Abstand von Drosselunterkante und Gerinne bzw. Reinigungsdüse herzustellen (Bild 54b), waren keine Kratzer oder Deformationen an der Drossel vorhanden (Bild 54c).



a) Abstand Düse-Drossel b) Düse schlägt gegen das Umlenkblech c) Umlenkblech ohne Schäden
Bild 54 Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse

Abschließende hydraulische Prüfung nach SÜwVO I

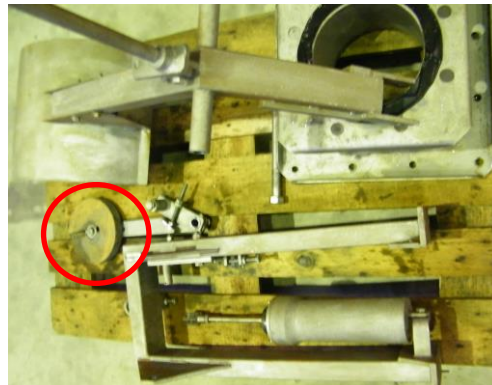
Bei der abschließenden hydraulischen Prüfung mit Klarwasser waren keine Auffälligkeiten bzgl. des Drosselabflusses vorhanden. Übliche Anforderungen gemäß SÜwVO [1] werden eingehalten.

Betriebsbeanspruchung: Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Mit Blick auf die Versuchsergebnisse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Der Korrosionsangriff (vgl. Bild 55) erzeugt keine visuell feststellbaren Unterschiede auf den Oberflächen der verwendeten Materialien des Drosselorgans mit Ausnahme des Kontergewichtes, dessen Oberfläche erkennbare Korrosion zeigt. Diese ist offensichtlich nicht aus Edelstahl. Alle anderen Bauteile hingegen zeigen nach einer Woche einen einheitlichen Zustand und entsprechen dem Zustand einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (vgl. Bild 14).
2. Die verwendeten Schrauben zeigen ebenfalls keine Auffälligkeiten, die auf eine minderwertigere Qualität schließen lassen können.

- Das Drosselorgan war vor dem Ausbau funktionsfähig, die Gestänge und das Segmentschütz beweglich, jedoch geringfügig schwergängiger als zu Beginn der Versuchsreihe. Das optische Erscheinungsbild war ohne Auffälligkeiten.



a) Drosselbauteile vorher

b) Drosselbauteile nachher, Kontergewicht (roter Kreis)

Bild 55 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit $FeCl_3$ -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich

4.5.4.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In dem nachstehenden Bild 56 werden die mittleren sowie die minimal und maximal gemessenen Drosselabflüsse in Liter je Sekunde für die einzelnen Prüfprogramm-Punkte als Balken dargestellt. Darüber hinaus sind die beiden Soll-Drosselabflüsse (25 l/s und 15 l/s) mit einem roten Rahmen eingezeichnet.

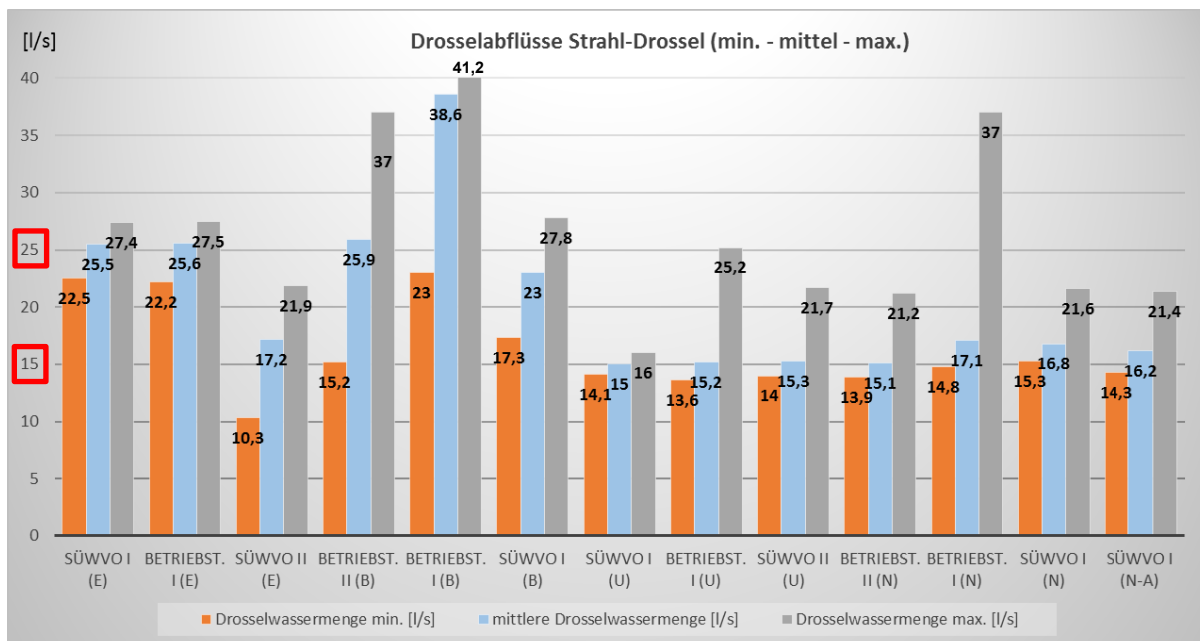


Bild 56 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der Strahl-Drossel nach Prüfprogramm mit Sollabflüssen

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die Strahl-Drossel nach ihrer Justierung mit Blick auf die Klarwasserversuche (SüwVO I- und Betriebstauglichkeits I-Prüfung) einwandfrei funktioniert und somit typische Anforderungen gemäß SüwVO [1] erfüllt. Hier war nach Umstellung der Drosselwassermenge jedoch zu erkennen, dass bei fallendem Wasserstand der Betriebstauglichkeits I-Prüfung geringfügig oberhalb (ca. 0,6 m) von $2x D_{Dr}$ die Drosselung bereits aussetzt und ein Spülstoß einsetzt. Dieser ist gemäß den Angaben des Herstellers auch zu erwarten, allerdings unterhalb von $2x D_{Dr}$.

Mit Blick auf sämtliche Versuche mit synthetischem Schmutzwasser bleibt festzuhalten, dass in diesen die Funktionsfähigkeit der Strahl-Drossel nachteilig beeinflusst ist. Dies betrifft sowohl die Unterschreitung der minimalen als auch die Überschreitung der maximalen Drosselabflüsse (vgl. Bild 57). Hier zeigte sich stets ein Film aus den Inhaltsstoffen des synthetischen Schmutzwassers (Millisil) im Bereich von Dichtung und Segmentschutz. Die Strahl-Drossel war dadurch bedingt schwergängig, darüber hinaus im Einzelfall bei nachfolgenden Prüfungen auch mit Klarwasser (Betriebstauglichkeits I-Prüfung mit Soll-Drosselabflüsse von 25 l/s) funktionsunfähig.

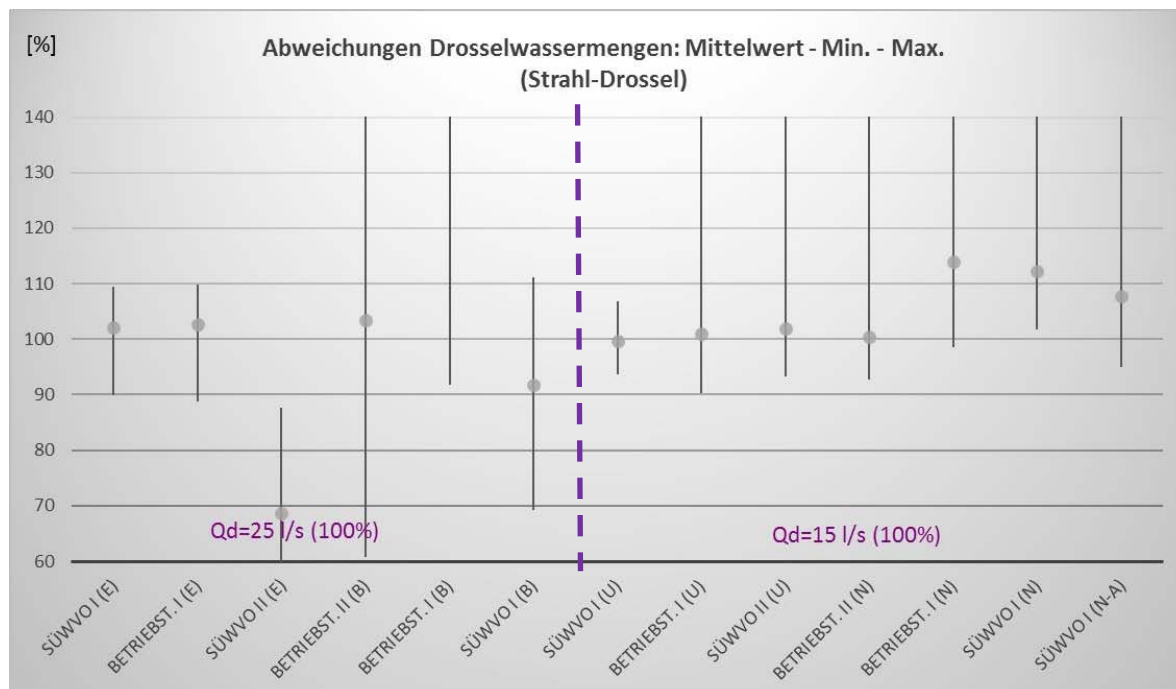


Bild 57 Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der Strahl-Drossel in Prozent

Abschließend kann festgestellt werden, dass die Funktionsfähigkeit der Strahl-Drossel bei Klarwasserversuchen ohne vorherige Verschmutzung offensichtlich gegeben ist. Die Versuchsfolge mit synthetischem Schmutzwasser und anschließenden Klarwasserversuchen zeigen allerdings eine deutliche Beeinträchtigung der Funktionsweise der Strahl-Drossel. Auch eine zwischenzeitliche Reinigung mittels Hochdruckreiniger (gemäß Prüfprogramm) konnte eine korrekte Funktionsweise des Drosselorgans nicht wiederherstellen.

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Bis auf die Untersuchungen im Rahmen der Korrosionsbeständigkeit (Ifd. Nr. 25) zeigten alle weiteren Betriebssimulationen und -beanspruchungen keine visuell erkennbaren, wesentliche Auffälligkeiten an dem Drosselorgan, die auf eine Funktionsbeeinträchtigung bzw. -störung durch Verschleiß o.ä. hätten schließen lassen können. Hier war lediglich während und nach den mechanischen Belastungen des Drosselorgans ein geringfügiger Austritt von Flüssigkeit aus dem Dämpfer zu erkennen. Dieser führte allerdings zu keiner Funktionsbeeinträchtigung und wurde auch nicht aufgefüllt.

Bei der Prüfung auf Durchgang von Hygieneartikeln und Störkörpern wurde die Verlegebeseitigungseinrichtung auf Funktionalität geprüft. Sofern Verlegungen auftraten, konnten sie durch das Drosselorgan beseitigt werden. Die Dauer der Beseitigung war im Wesentlichen abhängig von Form, Größe und Gewicht des Störkörpers. Die auf das Umlenkblech an der Unterseite des Drosselorgans treffende Reinigungsdüse erzeugte hier weder Verformungen noch Kratzspuren.

Fazit

Die Strahl-Drossel zeigt ein unauffälliges Betriebsverhalten unmittelbar nach Ein- und Umbau (Soll-Drosselabflüsse von 25 l/s und 15 l/s) mit Klarwasser. Hier liegen die bei den hydraulischen Prüfungen ermittelten Abweichungen deutlich innerhalb üblicher Anforderungen (vgl. Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1]).

Sobald im Rahmen der hydraulischen Prüfungen synthetisches Schmutzwasser eingesetzt worden ist, zeigten sich allerdings deutliche Funktionsbeeinträchtigungen bis hin zum Funktionsversagen. Hier führten offensichtlich die im Wasserstrom enthaltenen Stoffe (Millisil, Feuchttücher) zu einer Einschränkung der Beweglichkeit der Drosselmechanik. Hieraus lässt sich schließen, dass gerade beim Einbau des Drosselorgans der Abstand zwischen Dichtung und Segmentschutz optimal eingestellt werden muss, sofern möglich mit Blick auf das vorherrschende Medium (Klar- oder Schmutzwasser). Allerdings ist hierbei zu beachten, dass ein zu großer Abstand von Dichtung und Segmentschutz einen zu hohen Drosselabfluss im Vergleich zur erforderlichen Soll-Drosselwassermenge bewirken kann. Ein zu geringer Abstand hingegen birgt die Gefahr einer Funktionsbeeinträchtigung (Festsitzen der Mechanik).

Regelmäßige Wartungen und Kontrollen – insbesondere nach Regenereignissen – scheinen bei diesem Drosseltyp somit unerlässlich.

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

4.5.5.1 Allgemeines

In Tabelle 26 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Turbo-Wirbeldrossel gewählt.

Tabelle 26: 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:	unterwassergeregt	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>Aus gelieferten Produktinformationen des Herstellers</p>	<p>Angelieferte Drossel für das Projekt</p>	<p>Vom Hersteller geliefert</p>	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

4.5.5.2 Funktionsweise:

Für die Beschreibung der Funktionsweise und des Aufbaus des Drosselorgans ist die Turbo-Wirbeldrossel in Tabelle 26 als Skizze und Bild dargestellt. Die nachstehenden Informationen beruhen auf Angaben des Herstellers.

Die Turbo- Wirbeldrossel ist ein hydromechanisches Drosselorgan, welches eine Weiterentwicklung der „klassischen“ Wirbeldrossel ist. Sie wird als aktive Drossel mit beweglichen Teilen kategorisiert, welche ohne Fremdenergie betrieben wird. Dabei kann die Turbo-Wirbeldrossel in zwei wesentliche Baugruppen unterteilt werden (vgl. Bild 58), welche im Zusammenspiel den Durchfluss regulieren.



a) Hydraulikzylinder, Schieber b) Drosselorgan mit Auslauf
Bild 58 Baugruppen/-teile der Turbo-Wirbeldrossel

c) Wirbelkammer/Turbinenrad

Im Trockenwetterfall gibt der Plattenschieber den Abflussquerschnitt vollständig frei, wodurch das ankommende Wasser ungehindert in und durch das Drosselorgan fließen kann. Das Turbinenrad im Drosselorgan hängt in diesem Fall über dem Abwasserstrom und wird somit durch die geringe Wassermenge nicht in Bewegung gesetzt.

Bei einem Niederschlagsereignis ist der Zufluss erhöht, die größeren Wassermengen setzen das Turbinenrad in Bewegung. Durch die Drehbewegung des Turbinenrades drückt die Ölpumpe (vgl. Skizze in Tabelle 26) das Hydrauliköl durch einen Filter in eine Steuereinheit, welche im Kopfflansch des Hydraulikzylinders untergebracht ist. Diese Steuereinheit wiederum aktiviert einen Niederdruck-Hydraulik-Gleichlauf-Zylinder, der den Plattenschieber bewegt und damit den Zulaufquerschnitt sowie die zuströmende Wassermenge zur Wirbelkammer verändert. Durch die Abhängigkeit von Schieberstellung und Drehzahl des Turbinenrades sowie das Zusammenspiel der Baugruppen soll der gewünschte Drosselabfluss eingehalten werden.

4.5.5.3 Verlegebeseitigung

Die Turbo-Wirbeldrossel besitzt eine automatische Verlegebeseitigungseinrichtung. Sobald der Soll-Drosselabfluss durch Störkörper im Zulauf- bzw. Schieberbereich unterschritten wird, verringert sich die Drehzahl des Turbinenrades in der Wirbelkammer, ggf. auch bis zum Stillstand. Im Hydraulikzylinder befindet sich eine Rückholfeder, welche den Plattenschieber aus jeder Position aus eigener Kraft wieder hoch zieht und den Abflussquerschnitt frei gibt. Die vollständige Öffnung des Querschnitts kann dazu beitragen, die Verlegung zu beseitigen.

4.5.5.4 Einbau des Drosselorgans

Das Drosselorgan und der passende Flanschanschluss wurden bereits vor dem Einbau angeliefert. Alle erforderlichen Materialien und Werkzeuge für den Einbau wurden von den Mitarbeitern der beauftragten Einbaufirma (vom Drosselhersteller autorisiert) vorgehalten. Das IKT stellte einen Kran zur Verfügung, um die Drossel in den Schacht zu verbringen.

Tabelle 27 gibt einen Überblick zu den ausgeführten Tätigkeiten und dem zeitlichen Aufwand für den Ein- und Umbau des Drosselorgans.

Tabelle 27: Informationen zum Ein- und Umbau der Turbo-Wirbeldrossel

Allgemeine Informationen	
Drosselorgan	Turbo-Wirbeldrossel TUR 3,3 DN 200
Hersteller	UFT Umwelt- und Fluidtechnik Dr. H. Brombach GmbH, Bad Mergentheim
Einbau durch	autorisierte Firma im Beisein des Herstellers; Umstellung durch autorisierte Firma
1) Vorarbeiten für den Einbau	ca. 45 Minuten
Tätigkeiten	Rüsten, Vorbereiten und Montieren Flansch
2) Einbau der Drosseleinrichtung	ca. 45 Minuten
Tätigkeiten	Anbringen des hydraulischen Plattenschiebers an den Flansch, Anschrauben der Wirbelkammer an den Schieber und Ausrichten des Organs, Verbinden der Hydraulikleitungen Schieber-Pumpe
3) Nacharbeiten	ca. 10 Minuten
Tätigkeiten	Zusammenpacken Montagematerial
4) Zeitaufwand für den Einbau	
Gesamtzeit der Arbeiten vor Ort	1 h 40 Min
Gesamtzeit inkl. An-/Abreise	1 Tag
5) Aufwand für die Umstellung der Drosselwassermenge	
Tätigkeiten	Ausbau der vorhandenen Blende, Einlegen der neuen Blende in Silikon
Gesamtzeit der Umbauarbeiten einschließlich Nachjustierung	ca. 1 h

Bild 59 zeigt wesentliche Arbeitsschritte des Einbauvorgangs:

1. Angelieferter Prüfgegenstandes (Drosselorgan, Bild a),
2. Anbringen des Flansches an den Drosselschacht (Bild b) zur Verbindung der Drossel mit dem angeschlossenen Regenbecken,
3. Beförderung des Drosselorgans in den Schacht mittels Kran (Bild c),
4. Ausrichten des Drosselorgans und Verbinden des Plattenschiebers mit der Wirbelkammer (Bild c und d)



a) Drosselorgan nach Anlieferung



b) Flanschanschluss



c) Einbringen des Drosselorgans mittels Kran



d) Eingebautes Drosselorgan

Bild 59 Wesentliche Arbeitsschritte zum Einbau der Turbo-Wirbeldrossel

Abschließend wurde der Drosselauslauf mit dem Auslauf des Drosselschachtes verbunden. Die Mitarbeiter von Hersteller und Einbaufirma verzichteten auf eine Prüfung mit Wasser zur etwaigen Nachjustierung.

4.5.5.5 Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 28 sind die Testergebnisse für die Turbo- Wirbeldrossel anhand des Prüfprogramms dargestellt.

Tabelle 28: 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 Betriebstauglichkeit I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, Einstau hydraulisch mit Klarwasser ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$); Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 27,03 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 36,90 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 23,65 \text{ l/s}$ Abweichungen: + 8,1% +47,6% - 5,4% (Spülstoß bei Einstauvorgang)
4	Prüfung nach SÜWVO II	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 28,39 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 74,0 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 24,45 \text{ l/s}$ Abweichungen: +13,6% 196,0% - 2,2% (noch nicht abgeklungene Anlaufwelle)
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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 25,33 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 34,60 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 22,79 \text{ l/s}$ Abweichungen: +1,3% +38,4% - 8,8% (noch nicht abgeklungene Anlaufwelle)
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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 26,11 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 35,47 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 22,38 \text{ l/s}$ Abweichungen: + 4,5% +41,9% -10,5% (Spülstoß bei Einstauvorgang)
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	

Erläuterungen/Auffälligkeiten zu einzelnen Prüfprogramm-Punkten in Tabelle 28

SüwVO I-Prüfung

Exemplarisch ist in Bild 60 die hydraulische SüwVO I-Prüfung (vgl. lfd. Prüf.-Nr. 2) mit der in Betrieb befindlichen Drossel dargestellt.



a) Draufsicht Schieber-Wirbelkammer-Ablauf



b) Detailansicht: Herunter gefahrener Schieber

Bild 60 Betrieb der Turbo-Wirbeldrossel mit Klarwasser (SüwVO I-Prüfung)

SüwVO II-Prüfung

Bild 61a zeigt das Regenbecken im Volleinstau mit synthetischem Schmutzwasser für die SüwVO II- oder Betriebstauglichkeits II-Prüfung (vgl. lfd. Nr. 4, 6). In Bild 61b sind die Rückstände im Regenbecken nach Abschluss der jeweiligen Schmutzwasserversuche dargestellt. Der Blick auf das laufende Turbinenrad in der Wirbelkammer ist in Bild 61c beispielhaft gezeigt.



a) Voll eingestautes Regenbecken



b) Ablagerungen nach dem Versuch



c) Wirbelkammer

Bild 61 SüwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser

Betriebssimulation Z1 (mechanische Belastung des Drosselorgans)

Um die beweglichen Teile des Drosselorgans (Schieber und Turbinenrad) mit den vorgesehenen Zyklen mechanisch zu belasten (Prüfprogramm lfd. Nr. 5 und 15, vgl. Bild 62), wurde eine Bohrmaschine mit passendem Kopfstück an das Turbinenrad der Wirbeldrossel angekoppelt (Bild 62a). Mit Hilfe einer Intervallschaltung lief die Bohrmaschine 30 Sekunden lang, sodass der Schieber vollständig heruntergefahren ist. Im Anschluss war die Maschine 60 Sekunden lang ausgeschaltet, damit der Schieber vollständig hochfahren konnte. Die weiteren mechanischen Belastungen verliefen analog, allerdings angepasst an die vorgesehene Zyklanzahl und den Hubweg des Schiebers.



a) Antrieb des Turbinenrades

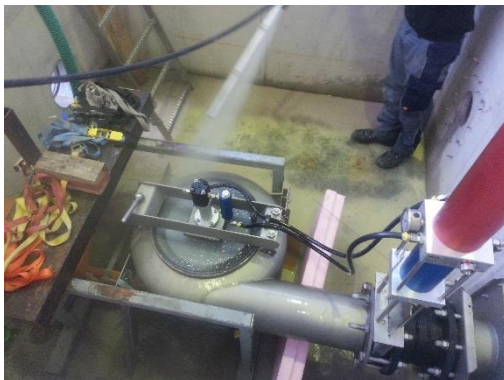


b) Steuereinheit für die Ein-/Ausschaltphasen der Maschine

Bild 62 Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“

Reinigung des Drosselorgans und Regenbeckens

Insbesondere nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser bedarf die Drosseleinrichtung einer Reinigung (Ifd. Nr. 7, 17) als Vorbereitung für die nachfolgenden Versuche mit Klarwasser. Bild 63a zeigt exemplarisch die Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck. Ein auf der Reinigungslanze montierter Gliedermaßstab hilft, einen Mindestabstand von 50 cm zum Objekt einzuhalten. Bild 63b zeigt die Reinigung des Regenbeckens nach den Schmutzwasserversuchen mittels Strahldüse (Feuerwehrspritze). Im Ergebnis wird ein augenscheinlich sauberes Regenbecken – ohne Rückstände an Wänden, Boden und Gerinne sowie Anhaftungen an Armaturen etc. – für die folgenden Versuche wiederhergestellt.



a) Hochdruck-Reinigung der Drossel



b) gereinigtes Regenbecken

Bild 63 Reinigung von Turbo-Wirbeldrossel und Regenbecken

Betriebssimulation Umstellung der Drosselwassermenge

Im Rahmen des Prüfprogramms (Ifd. Nr. 10) erfolgt einmalig die Umstellung der Drosselwassermenge von $Q_{Dr} = 25 \text{ l/s}$ auf 10 l/s durch den Hersteller (vgl. Bild 64). Hierfür wird lediglich der Querschnitt am Drosselauslass verringert durch Einbau einer Austauschblende (vgl. Bild 64c). Für die Umstellung wird die alte Kunststoffblende aus der Unterseite der Wirbelkammer mit einem Messer herausgeschnitten (Bild 64a) und durch Einkleben eines kleineren Querschnitts ersetzt (Bild 64b).



a) Herausschneiden der Blende b) Aufbringen des Klebers c) Vergleich der Querschnitte
Bild 64 Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge

Anprallprüfungen (Verlegung und Kanalreinigung)

Im Rahmen dieser Prüfung (Ifd. Nr. 20) finden zwei unterschiedliche Belastungen statt. Zum einen wird der Durchgang von Hygieneartikeln und Anprall von Störkörpern durch das Drosselorgan überprüft (vgl. Bild 65), womit die Funktionsfähigkeitsprüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung des Testobjekts verbunden ist. Zum anderen wird festgestellt, ob der Anprall einer Reinigungsdüse (vgl. Bild 66) Auswirkungen auf die Abflussleistung der Drossel besitzt.

Die Hinzugabe von Hygieneartikeln in den Wasserstrom bewirkte dabei ebenso keinerlei Beeinträchtigung der Turbo-Wirbeldrossel wie die zugegebenen Hölzer und Steinzeugscherben (vgl. Bild 65a und c).

Bohrkern und Halbklinkerstein gelangten in die Wirbelkammer und blieben dort liegen (vgl. Bild 65c).



a) Hygieneartikel b) Hygieneartikel c) Steinzeugscherbe, Bohrkern
Bild 65 Prüfung der Verlegebeseitigung der Turbo-Wirbeldrossel durch Zugabe von Hygieneartikeln und Störstoffen

Unter Berücksichtigung des Abstandes von > 10 cm von Turbo-Wirbeldrossel und Gerinne führte die siebenmalige Einfahrt der Kanalreinigungsdüse (Bild 66a) zu einem vollständigen „Unterfahren“ des Drosselorgans ohne Berührung von Düse und Wirbelkammer. Lediglich die Wasserstrahlen der Reinigungsdüse beaufschlagten das Drosselgehäuse sowie den Auslass des Organs aus Kunststoff. Nach siebenmaliger Einfahrt der Reinigungsdüse konnten keine Schäden an den Bauteilen festgestellt werden.



a) Reinigungsdüse unter dem Auslass



b) Einfahrende Düse zum Drosselorgan

Bild 66 Anprallprüfung mit Kanalreinigungsdüse

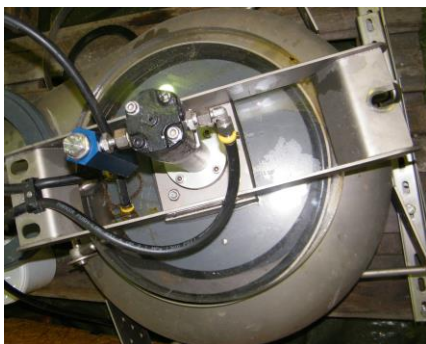
Abschließende hydraulische Prüfung nach SÜwVO I

Bei der abschließenden hydraulischen Prüfung mit Klarwasser waren keine Auffälligkeiten bzgl. des Drosselabflusses vorhanden. Übliche Anforderungen gemäß SÜwVO [1] werden eingehalten.

Betriebsbeanspruchung: Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Mit Blick auf die Versuchsergebnisse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Der Korrosionsangriff (vgl. Bild 67) erzeugt keine visuell feststellbaren Unterschiede auf den Oberflächen der verwendeten Materialien des Drosselorgans. Alle zeigen nach einer Woche einen einheitlichen Zustand und entsprechen dem Zustand einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (vgl. Bild 14).
2. Die verwendeten Schrauben zeigen ebenfalls keine Auffälligkeiten, die auf eine minderwertigere Qualität schließen lassen können.
3. Das Drosselorgan war vor dem Ausbau funktionsfähig, Schieber und Turbinenrad beweglich sowie das optische Erscheinungsbild ohne Auffälligkeiten.



a) Drosselbauteile vorher



b) Drosselbauteile nachher

Bild 67 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl_3 -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich

4.5.5.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In dem nachstehenden Bild 68 werden die mittleren sowie die minimal und maximal gemessenen Drosselabflüsse in Liter je Sekunde für die einzelnen Prüfprogramm-Punkte als Balken dargestellt. Darüber hinaus sind die beiden Soll-Drosselabflüsse (25 l/s und 10 l/s) mit einem roten Rahmen eingezeichnet.

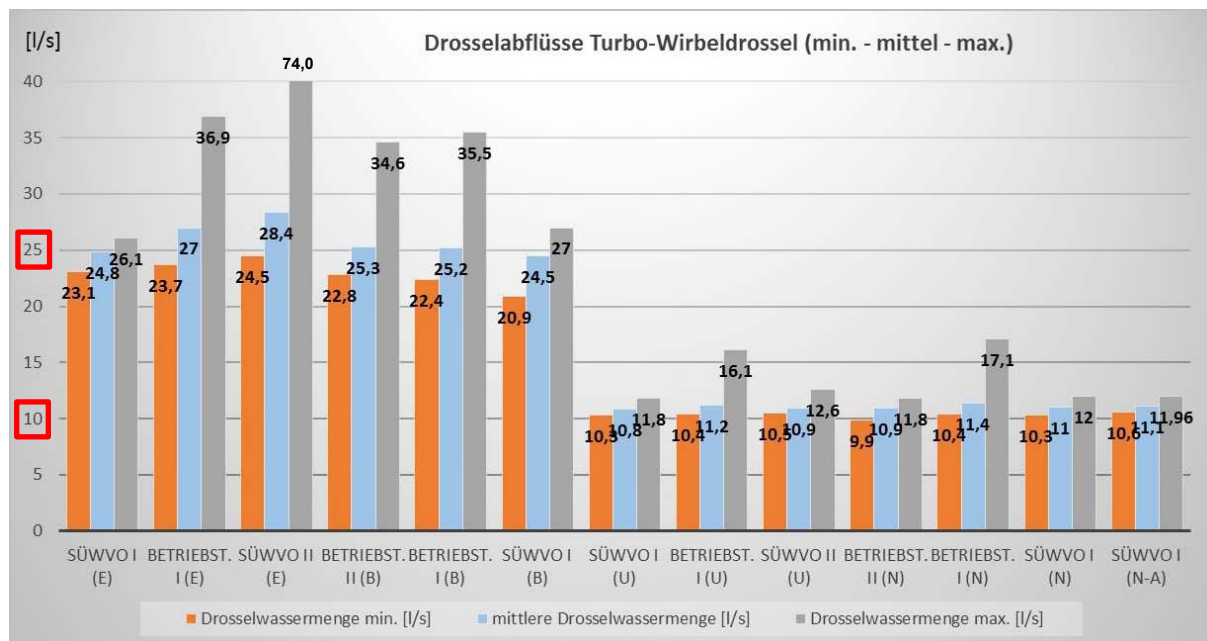


Bild 68 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der Turbo-Wirbeldrossel nach Prüfprogramm mit Sollabflüssen

Die Versuchsergebnisse für die Turbo-Wirbeldrossel lassen, nachdem die Anlaufphasen der Versuche überwunden waren, zwar einen vergleichsweise unauffälligen Betrieb erkennen, allerdings dominiert das träge Anlaufverhalten des Drosselorgans fast durchgängig das Prüfergebnis. Dies zeigt sich sowohl bei den Prüfungen mit Entleerung (SüwVO I und II, Betriebstauglichkeits II-Prüfung) als auch bei Einstauvorgängen (Betriebstauglichkeit I-Prüfungen) des Regenbeckens.

Bei Prüfungen mit einem voll eingestauten Regenbecken als Startzustand war nach dem Öffnen des Schiebers eine deutlich ausgeprägte Anlaufwelle vorhanden. Diese dauerte ca. zwei bis drei Minuten und war i.d.R. bei einem Wasserstand im Regenbecken von 2,5 m abgeklungen (Starthöhe bei 2,8 m). Bei den Versuchen mit einem Soll-Drosselabfluss von 25 l/s waren diese Anlaufwellen jedoch deutlich ausgeprägter (SüwVO- und Betriebstauglichkeits II-Prüfung, vgl. Bild 68 und Bild 69 sowie Anlage, Kapitel 2) und wurden bei der Versuchsauswertung entsprechend berücksichtigt.

Bei den Betriebstauglichkeits I-Prüfungen (Einstau des Regenbeckens) konnte in allen Fällen ein ausgeprägter Spülstoß festgestellt werden. Auch in hier benötigte das Drosselorgan eine Zeitdauer von etwa zwei bis drei Minuten, um in den Regelbetrieb überzugehen (vgl. Bild 68 und Bild 69 sowie Anlage, Kapitel 2).

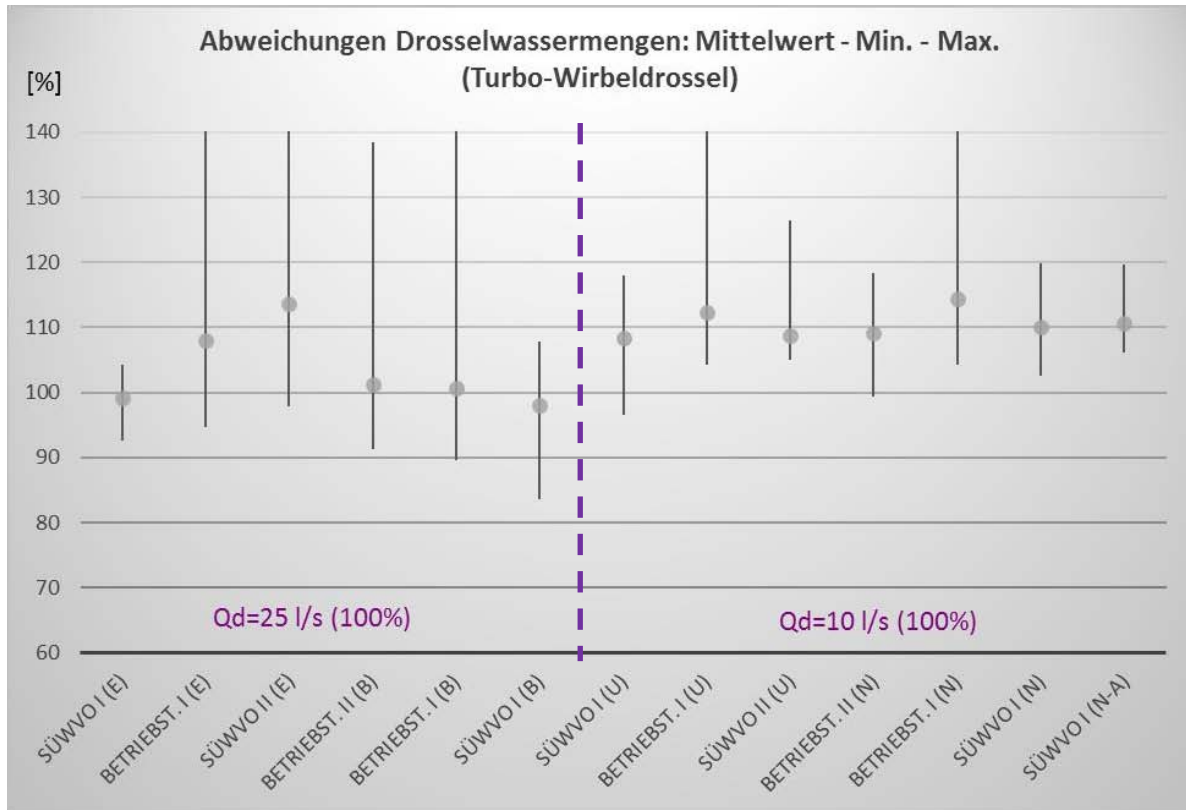


Bild 69 Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse der Turbo-Wirbeldrossel in Prozent

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Alle Betriebssimulationen und -beanspruchungen zeigen keine visuell erkennbaren Auffälligkeiten an dem Drosselorgan, die auf eine Funktionsbeeinträchtigung bzw. -störung durch Verschleiß o.ä. hätten schließen lassen können.

Im Detail zeigte sich die Turbo-Wirbeldrossel vergleichsweise unanfällig für Verlegungen. Lediglich der Bohrkern und Halbklinkerstein gelangten nicht aus der Wirbelkammer und verblieben dort. Die Einfahrt der Kanalreinigungsdüse erzeugte keine Schäden o.ä. an dem Drosselorgan. Der baulich bedingte Abstand von Kanalsole zum nächsten Drosselbauteil ist offensichtlich zu groß, um bei Verwendung der vorhandenen Reinigungsdüse Schäden zu verursachen.

Fazit

Die Turbo-Wirbeldrossel zeigt Besonderheiten, die entsprechend für den Betrieb berücksichtigt werden sollten. Im Rahmen der Versuche zeigte sich zum einen bei dem Einstau des Beckens ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$) ein Spülstoß oberhalb von $2x D_{Dr}$. Dieses Betriebsverhalten zeigen die vom Hersteller gelieferten Kennlinien ebenfalls. Dieses Phänomen ist

mit Blick auf die Lage der Drosseleinrichtung im Kanalnetz zu beachten, insbesondere wenn Zweifel bzgl. der Leistungsfähigkeit des nachgeschalteten Kanalstranges bestehen.

Die zweite Besonderheit betrifft Prüfsituationen, wie sie beispielsweise bei Kalibrierprüfungen gemäß Selbstüberwachungsverordnung vorkommen können. Bei Öffnung des Schiebers entsteht eine Anlaufwelle bedingt durch das vergleichsweise träge „Anfahren“ der Turbo-Wirbeldrossel. Hier ist zu berücksichtigen, dass diese Welle mit höheren Durchflüssen als der Soll-Drosselabfluss einhergeht und das Prüfergebnis verfälschen kann. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund von Bedeutung, dass eine Prüfsituation (Leerlaufen eines bereits gefüllten Beckens) keinen realen Betriebszustand darstellt. Erst nach Abklingen der Anlaufwelle mit Aufnahme des Regelbetriebs arbeitet das Drosselorgan im Bereich des Soll-Drosselabflusses.

Eine Verlegung des Drosselorgans mit Hygieneartikeln trat nicht auf. Von den weiteren Störkörpern verblieben lediglich Bohrkern und Halbklinkerstein in der Wirbelkammer und können ggf. weitere Verlegungen erzeugen.

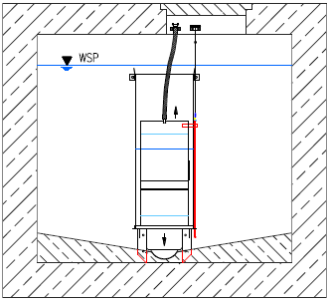

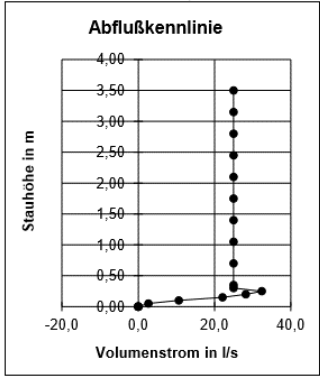
Bei Verwendung einer Kanalreinigungsdüse entsprechend den Versuchsrandbedingungen sind keine nachteiligen Auswirkungen bzw. Beschädigungen an dem Drosselorgan zu erwarten.

4.5.6 Alpheus Abflussbegrenzer Automatik Typ AA (Biogest AG)

4.5.6.1 Allgemeines

In Tabelle 29 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise Alpheus Automatik gewählt.

Tabelle 29: 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	
	 <p>Angelieferte Drossel für das Projekt</p>	 <p>Aus gelieferten Produktunterlagen des Herstellers</p>	
Besonderheiten:	Verlegungserkennung		

4.5.6.2 Funktionsweise

Die nachstehenden Informationen zur Funktionsweise und Verlegebeseitigung beruhen auf Angaben des Herstellers. Der Alpheus Automatik ist ein hydromechanisches Drosselorgan, das als Schwimmer-Schieber funktioniert. Es handelt sich dabei um eine aktive Drossel mit beweglichen Teilen, die ohne Fremdenergie betrieben wird. Das Drosselorgan wird vor der Abflussöffnung eines Stausystems (z.B. Regenbecken) in Nassaufstellung montiert.

Im Trockenwetterfall ist die Schieberplatte in ihrer Ausgangsstellung und gibt den Abflussquerschnitt gemäß Soll-Einstellung frei. Der den Schieber regulierende Schwimmer befindet sich ebenfalls im Ausgangszustand oberhalb des Ablaufquerschnitts (vgl. Bild 70a).



a) Abflussquerschnitt am Auslauf



b) Blick auf die Kulissenscheibe (roter Pfeil)

Bild 70 Alpheus Automatik während des Einbaus

Bei einem Regenereignis erhöht sich der Wasserstand im Regenbecken. Wenn dieser den unter der Haube des Alpheus Automatik angeordneten Schwimmer erreicht, beginnt die Abflusssteuerung bzw. Drosselung. Eine Besonderheit dieser Haube ist, dass sie wie eine Tauchglocke funktioniert. Dies hat zur Folge, dass der Wasserstand innerhalb des Gehäuses bzw. der Haube auf Grund der eingeschlossenen Luft in einem deutlich geringeren Umfang ansteigt als im umgebenden Raum des Regenbeckens und somit der Schwimmerweg deutlich verkürzt ist im Verhältnis zum Anstieg des Wasserspiegels. Das Aufgehen des Schwimmers bewirkt über die Mechanik ein Absenken des Schiebers, womit wiederum eine Reduzierung des Durchflussquerschnitts einhergeht.

Die Bewegung der Schieberplatte erfolgt nicht linear, sondern wird durch eine Steuerkurve in der Kulissenscheibe (vgl. Bild 70b) bestimmt. Die Kulissenscheibe ist fest mit dem Schwimmer verbunden, gleichzeitig befindet sich in der Steuerkurve der Mitnehmer des Schiebergestänges. Über dieses Schiebergestänge wird die aufwärts gerichtete Bewegung des Schwimmers in eine abwärts gerichtete des Schiebers umgesetzt.

4.5.6.3 Verlegebeseitigung

Der Alpheus Automatik besitzt sowohl eine manuelle als auch eine automatische Verlegebeseitigungseinrichtung. Die manuelle Verlegebeseitigung erfolgt durch das Ziehen einer Handzugvorrichtung (Edelstahlzugseil), bei der die Wirkung des Schwimmers auf-

gehoben und die Abflussöffnung teilweise bis vollständig geöffnet wird. Nach Beseitigung der Verlegung wird das Zugseil in seine Ausgangsposition zurückgezogen und der Schieber nimmt wieder selbständig seine Position gemäß Schwimmerstellung ein.

Wenn die automatische Verlegebeseitigungseinrichtung genutzt wird, erkennt ein Sensor im Bereich des Schiebers, der als offener Rohrstutzen ausgebildet ist, eine Verlegung. Während des Normalbetriebes strömt das Wasser mit hoher Geschwindigkeit an dem Sensor vorbei und erzeugt einen Unterdruck. Auf Grund des Unterdruckes wird kontinuierlich ein Ventil betätigt. Durch dieses fließt Wasser über eine Befüllleitung in den Hilfsschwimmer, der die dort vorhandene Luft über eine Leitung ins Freie entweichen lässt.

Durch das Gewicht des einströmenden Wassers in den Hilfsschwimmer verbleibt dieser in der unteren Endstellung. Sollte es während des Betriebes zu einer Verlegung der Abflussöffnung kommen, entfällt der zuvor beschriebene Unterdruck und das Ventil schaltet in die Ausgangsstellung zurück. Das im Hilfsschwimmer gespeicherte Wasser fließt im Anschluss durch das Alpheus-Gehäuse in die Kanalisation und der Hilfsschwimmer wird mit Luft gefüllt. Durch die Gewichtsreduzierung bekommt der Hilfsschwimmer Auftrieb und zieht den „Haupt“-Schwimmer unter Wasser. Durch die Abwärtsbewegung des Schwimmers fährt die Schieberplatte nach oben, die Abflussöffnung wird vollständig geöffnet und bewirkt eine Verlegebeseitigung.

Nachdem die Verlegung gelöst wurde, strömt das Wasser wieder mit hoher Geschwindigkeit am Sensor vorbei, bewirkt einen Unterdruck, so dass der Hilfsschwimmer sich wieder mit Wasser füllt und in seine untere Endstellung zurück fährt. Der Schwimmer taucht wieder auf und schließt die Schieberplatte soweit, dass sich der Sollabfluss einstellt.

4.5.6.4 Einbau des Drosselorgans

Das Drosselorgan wurde bereits vor dem Einbau angeliefert. Das IKT stellte einen Kran zur Verfügung, um die Drossel in das Regenbecken zu verbringen.

Tabelle 30 gibt einen Überblick zu den ausgeführten Tätigkeiten und dem zeitlichen Aufwand für den Ein- und Umbau des Drosselorgans.

Tabelle 30: Informationen zum Ein- und Umbau des Alpheus Automatik

Allgemeine Informationen	
Drosselorgan	Alpheus Abflussbegrenzer Automatik Typ AA
Hersteller	Biogest AG, Taunusstein
Einbau durch	autorisierte Firma; Nachjustierung durch weitere autorisierte Firma; Umstellung durch Hersteller
1) Vorarbeiten für den Einbau	30 Minuten
Tätigkeiten	Rüsten, Vorbereiten und Anbringen einer Querschnittsreduzierung
2) Einbau der Drosseleinrichtung	45 Minuten
Tätigkeiten	Anschrauben des Drosselorgans Anbringen von Edelstahlzugseil und Reinigungsschlauch
3) Nacharbeiten	ca. 10 Minuten
Tätigkeiten	Zusammenpacken Montagematerial
4) Zeitaufwand für den Einbau	
Gesamtzeit der Arbeiten vor Ort	1 h 40 Min
Gesamtzeit inkl. An-/Abreise	1 Tag
5) Aufwand für die Umstellung der Drosselwassermenge	
Tätigkeiten	Austausch der Kulissenscheibe, Schieber
Gesamtzeit der Umbauarbeiten einschließlich Nachjustierung	2 h 45 Min

Bild 71 zeigt wesentliche Arbeitsschritte des Einbauvorgangs.

1. Montage der Querschnittsreduzierung am Auslauf des Schachtes (Bild a),
2. Beförderung des Drosselorgans in den Schacht mittels Kran (Bild b),
3. Befestigen des Drosselorgans (Bild c),
4. Montage des Edelstahlzugseils für die manuelle Verlegebeseitigung sowie des Reinigungsschlauchs (Bild d).



a) Querschnittsreduzierung



b) Einbringen des Drosselorgans mittels Kran



c) Anschrauben des Drosselorgans



d) Befestigung von Reinigungsschlauch und Zugseil

Bild 71 Wesentliche Arbeitsschritte zum Einbau des Alpheus Automatik

Nach der Montage des Alpheus Automatik verließ der Monteur die Baustelle, so dass in den folgenden Tagen der Ausbau des Schachtbodens gemäß Herstellervorgaben durch Mitarbeiter des IKT erfolgen konnte. Nach dessen Fertigstellung wurde mit Durchführung der ersten Prüfung (SüwVO I-Prüfung) begonnen. Das Prüfergebnis war allerdings nicht zufriedenstellend, so dass der Hersteller eine Nachjustierung vornehmen ließ. Diese wurde durch eine vom Hersteller autorisierten Firma etwa eine Woche später vorgenommen. Es wurden Änderungen an der Schieberstellung vorgenommen, um den Abflussquerschnitt geringfügig zu vergrößern. Während der Justier-Arbeiten stand der Mitarbeiter der Firma in Kontakt mit dem Hersteller. Im Ergebnis wurde die Drossel derart eingestellt, dass die Soll-Drosselwassermenge für eine Wasserstandshöhe im Regenbecken von 2,8 m (Maximum) bis ca. 1,0 m eingestellt wurde. Der Bereich von ca. 1,0 m bis $2 \times D_{Dr}$ blieb bei der Justierung somit unberücksichtigt. [Anmerkung: Ab etwa einem Meter Wasserstandshöhe kann gemäß Herstellerinformationen die automatische Verlegebeseitigung beginnen. Gemäß $Q(h)$ -Kennlinie des Herstellers soll das Drosselorgan auch in diesem Betriebsbereich arbeiten.] Die nachfolgend aufgeführten Testergebnisse beziehen sich auf den gesamten Höhenbereich im Becken (von $2 \times D_{Dr}$ bis 2,8 m).

4.5.6.5 Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 31 sind die Testergebnisse für den Alpheus Automatik anhand des Prüfprogramms dargestellt.

Tabelle 31: 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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,15 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 27,74 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 17,38 \text{ l/s}$ Abweichungen: -11,4% +11,0% -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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 23,64 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 28,88 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 17,27 \text{ l/s}$ Abweichungen: - 5,4% +15,5% - 30,9%
4	Prüfung nach SÜWVO II	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Schmutzwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 21,13 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 26,64 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 15,73 \text{ l/s}$ Abweichungen: -15,5% +6,6% -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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 22,24 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 32,43 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 11,59 \text{ l/s}$ Abweichungen: -11,0% +29,7% -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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 26,81 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 36,39 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 12,63 \text{ l/s}$ Abweichungen: +7,2% +45,6% -49,5%
9	Prüfung nach SÜWVO I	$Q_{Soll} = 25,00 \text{ l/s}$, hydraulisch mit Klarwasser; Drosselzustand gereinigt	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 24,96 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 37,13 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 12,91 \text{ l/s}$ Abweichungen: - 0,2% +48,5% -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	Messwerte: $Q_{Ist, \text{mittel}} = 9,14 \text{ l/s}$ $Q_{\text{max.}} = 12,52 \text{ l/s}$ $Q_{\text{min.}} = 6,63 \text{ l/s}$ Abweichungen: - 8,6% +25,2% -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 erschwerte 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	

Erläuterungen/Auffälligkeiten zu einzelnen Prüfprogramm-Punkten in Tabelle 31

SüwVO I-Prüfung

Bild 72 zeigt beispielhaft die Füllung des Regenbeckens. Von außen betrachtet lassen sich an dem Drosselorgan keine Unterschiede mit Blick auf die Füllstandshöhen (vgl. Bild 72a und b) im Becken erkennen, da die Hydromechanik in der Haube arbeitet. Die nach umfangreichen Justier-Arbeiten erzielten Ergebnisse (vgl. Tabelle 31) stellen nach Aussage der vor Ort tätigen Mitarbeiter das hier erzielbare Optimum dar.



a) Drossel bei einem Wasserstand von 0,6 m



b) Drossel bei einem Wasserstand von 1,4 m

Bild 72 Alpheus Automatik in Betrieb (Befüllung des Regenbeckens für die SüwVO I-Prüfung)

SüwVO II-Prüfung

Bild 73 zeigt das Regenbecken im Volleinstau mit synthetischem Schmutzwasser für die SüwVO II- oder Betriebstauglichkeits II-Prüfung (vgl. lfd. Nr. 4, 6). Bild 73b lässt den Verschmutzungsgrad des Regenbeckens zum Ende der SüwVO II-Prüfung erkennen.



a) Voll eingestautes Becken



b) Rückstände nach SüwVO II-Prüfung

Bild 73 Versuche mit synthetischem Schmutzwasser

Betriebssimulation Z1 (mechanische Belastung des Drosselorgans)

Um die beweglichen Teile des Drosselorgans mechanisch zu belasten (Prüfprogramm lfd. Nr. 5 und 15), wurde dieses nach vorheriger Abstimmung mit dem Hersteller auseinander gebaut. Dazu wurde die Abdeckhaube entfernt. Es wurde ein Pneumatik-Zylinder am Schwimmer befestigt (vgl. Bild 74). Über die Endschalter am Zylinder wurde der vorgesehene Hubweg des Schwimmers und damit des Schiebers eingestellt.



Bild 74 Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“

Reinigung des Drosselorgans und Regenbeckens

Insbesondere nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser bedarf die Drosselvorrichtung einer Reinigung (Ifd. Nr. 7, 17) als Vorbereitung für die nachfolgenden Versuche mit Klarwasser. Bild 75a zeigt exemplarisch die Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck. Ein auf der Reinigungslanze montierter Gliedermaßstab hilft, einen Mindestabstand von 50 cm zum Objekt einzuhalten. Das Regenbecken wurde nach den Schmutzwasserversuchen mittels Strahldüse (Feuerwehrspritze) gereinigt. Im Ergebnis wird ein augenscheinlich sauberes Regenbecken (Bild 75a) – ohne Rückstände an Wänden, Boden und Gerinne sowie Anhaftungen an Armaturen etc. – für die folgenden Versuche wiederhergestellt.



a) Hochdruck-Reinigung der Drossel



b) Gereinigtes Regenbecken

Bild 75 Reinigung von Drosselorgan und Regenbecken

Betriebssimulation Umstellung der Drosselwassermenge

Im Rahmen des Prüfprogramms (Ifd. Nr. 10) erfolgt einmalig die Umstellung der Drosselwassermenge von $Q_{Dr} = 25 \text{ l/s}$ auf 10 l/s durch den Hersteller (vgl. Bild 76). Für die Umstellung musste das Drosselorgan auseinander gebaut werden. Hierbei stellte der Mitarbeiter des Herstellers fest, dass der Schwimmer sich nicht in der Grundstellung (Trockenwetterfall) befand, sondern oberhalb fest hing. Eine Ursache für diesen Zustand konnte allerdings nicht erkannt werden.

Die erste Arbeitsschritt zur Umstellung der Drosselwassermenge war der Austausch der Steuerplatte (vgl. Bild 76a). Die Ergebnisse der im Anschluss und Beisein des Mitarbeiters durchgeführten SüwVO I-Prüfung waren nicht zufriedenstellend, sodass er eine

Nachjustierung durchführte. Dazu stellte er den Schieber um 3 mm hoch, in dem er die Schrauben am Gestänge verstellte (vgl. Bild 76b). Des Weiteren erkannte er, dass der Abstand zwischen Schieberplatte und Sohle zu gering ist. Aus diesem Grund kürzte er die Schieberkanten mit einem Trennschleifer (vgl. Bild 76c). Im Anschluss wurde der Alpheus Automatik zusammengebaut und das Prüfprogramm fortgesetzt.



a) Austausch Kulissenscheibe



b) Schieber mit Gestänge



c) Kürzen der Schieberkanten

Bild 76 Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge

SüwVO I- und Betriebstauglichkeits I-Prüfungen nach Betriebstauglichkeits II-Prüfung

Die Ergebnisse von hydraulischen Prüfungen im Anschluss an die Schmutzwasserversuche zeigen, dass trotz zwischenzeitlicher Reinigung das Drosselorgan in seiner Funktionsweise beeinträchtigt ist. Nachdem bei der Umstellung der Drosselwassermenge ein Festsitzen des Schwimmers beobachtet wurde, wird diese Fehlstellung vor jeder Prüfung untersucht und ggf. behoben.

Anprall von Störkörpern und Prüfung der Verlegebeseitigung

Im Rahmen dieser Prüfung (Ifd. Nr. 20) finden zwei unterschiedliche Belastungen statt. Zum einen wird der Durchgang von Hygieneartikeln und Anprall von Störkörpern durch das Drosselorgan überprüft (vgl. Bild 77), womit die Funktionsfähigkeitsprüfung der Verlegebeseitigungseinrichtung des Testobjekts verbunden ist. Zum anderen wird festgestellt, ob der Anprall einer Reinigungsdüse (vgl. Bild 78) Auswirkungen auf die Abflussleistung der Drossel besitzt.

Aufgrund der Zuflusssituation zum Drosselorgan (vgl. Bild 78a) mit einem vergleichsweise geringen Abstand zwischen Schwimmer und Gerinnesohle konnte die automatische Verlegebeseitigungseinrichtung lediglich mit bis zu drei zugegebenen Windeln untersucht werden. Bei dieser Anzahl setzte sich der Abflussbereich zu und der Wasserstand stieg an. Um die Versuchsdauer zu verkürzen, wurde bei den Folgeversuchen die manuelle Verlege-Beseitigung genutzt, mit der die Verlegungen beseitigt werden konnten. Ab einer Zugabemenge von vier Windeln konnte die Prüfung nicht fortgesetzt werden, da diese erst gar nicht in voller Anzahl unter das Drosselorgan gelangten, sondern bei nunmehr ansteigendem Wasserstand im Regenbecken aufschwammen. Bei wieder sinkendem Wasserstand verteilten sie sich zufallsverteilt im Becken.

Die in den Wasserstrom zugegebenen Hölzer durchflossen die Drossel ohne jegliche Beeinträchtigungen ebenso wie die drei Steinzeugscherben.

Der Bohrkern und der Halbklinkerstein blieben auf dem Gerinneboden an der Zugabestelle (ca. ein Meter Entfernung zum Drosselorgan) liegen und konnten durch den Wasserstrom von 10 l/s nicht fortgetragen werden. Darüber hinaus können sie aufgrund ihrer Größe nicht unter das Gehäuse gelangen. Bleiben sie jedoch davor liegen, können sich ggf. weitere Störkörper ansammeln und zu einer Beeinträchtigung des Abflussverhaltens führen.



a) Zulauf zum Drosselorgan b) Verlegung durch 3 Windeln c) Wasseranstieg im Becken
Bild 77 Prüfung der Verlegebeseitigung, Beispiel mit Windeln

Der siebenmalige Anprall der Kanalreinigungsdüse zeigte ein in der Mitte geringfügig eingedrücktes Schieberblech (Bild 78). Weitere Auffälligkeiten waren nicht vorhanden.

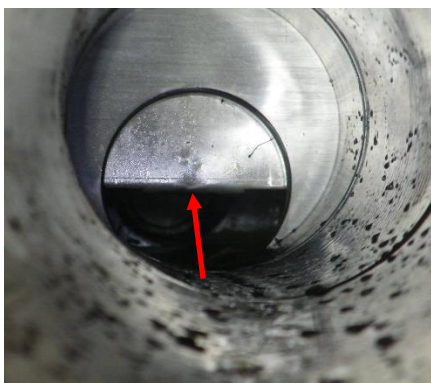


Bild 78 Geringfügig eingedrücktes Schieberblech nach dem Anprall der Reinigungsdüse (roter Pfeil)

Abschließende hydraulische Prüfung nach SÜwVO I

Die abschließende hydraulische Prüfung lässt keine weiteren Beeinträchtigungen bedingt durch den Anprall der Reinigungsdüse erkennen.

Betriebsbeanspruchung: Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Mit Blick auf die Versuchsergebnisse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Der Korrosionsangriff (vgl. Bild 79) erzeugt keine visuell feststellbaren Unterschiede auf den Oberflächen der verwendeten Materialien des Drosselorgans. Alle zeigen nach einer Woche einen einheitlichen Zustand und entsprechen dem Zustand einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (vgl. Bild 14).
2. Die verwendeten Schrauben zeigen ebenfalls keine Auffälligkeiten, die auf eine minderwertigere Qualität schließen lassen können.

3. Das Drosselorgan war vor dem Ausbau funktionsfähig und beweglich, allerdings schwergängiger als zu Prüfungsbeginn, sowie unbeschädigt. Auffälligkeiten an den Oberflächen waren nicht vorhanden.



a) Drosselbauteile vorher



b) Drosselbauteile nachher

Bild 79 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit FeCl_3 -Lösung, Vorher-Nachher-Vergleich

4.5.6.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In dem nachstehenden Bild 80 werden die mittleren Drosselabflüsse in Liter je Sekunde für die einzelnen hydraulischen Prüfungen als Balkengruppe je Prüfprogramm dargestellt. Darüber hinaus sind die beiden Soll-Drosselabflüsse von 25 l/s und 10 l/s mit einem roten Rahmen eingezeichnet.

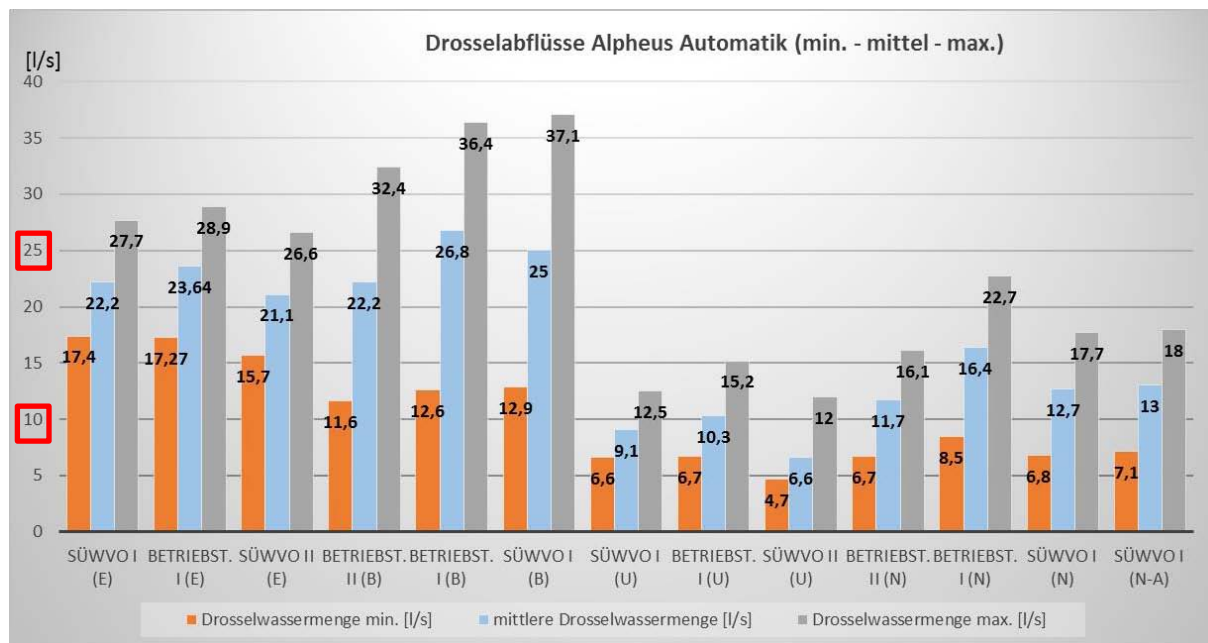


Bild 80 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse des Alpheus Automatik nach Prüfprogramm mit geforderten Sollabflüssen (vgl. Zahlen im roten Rahmen)

Während der Justier-Arbeiten im Rahmen der ersten hydraulischen Prüfung (SüwVO I-Prüfung) stand der anwesende Mitarbeiter der autorisierten Einbaufirma in Kontakt mit dem Hersteller. Im Ergebnis wurde die Drossel derart eingestellt, dass der Soll-Drosselabfluss für Wasserstandshöhen im Regenbecken von 2,8 m (Maximum) bis ca. 1,0 m eingestellt wurde. Der Bereich von ca. 1,0 m bis $2xD_{Dr}$ blieb bei der Justierung somit unberücksichtigt. Gemäß $Q(h)$ -Kennlinie des Herstellers soll das Drosselorgan auch in diesem Betriebsbereich den geforderten Soll-Drosselabfluss einstellen. [Anmerkung: Ab etwa einem Meter Wasserstandshöhe kann gemäß Herstellerinformationen die automatische Verlegebeseitigung beginnen.]

Mit dieser Einstellung des Drosselorgans lagen die Messwerte in einem Bereich der Sollwassermenge $\pm 20\%$, so dass die Anforderungen gemäß SüwVO Abw [1] als eingehalten angesehen wurden. Jedoch blieb der Bereich von ca. 1,0 m bis $2xD_{Dr}$ unberücksichtigt. Die o.a. Auswertung bezieht sich jedoch auf den gesamten Einstaubereich des Regenbeckens. Im Ergebnis sind somit – neben den neun folgenden hydraulischen

Prüfungen – auch die ersten beiden Klarwasserversuche als außerhalb der Anforderungen anzusehen. Keine der hydraulischen Prüfungen erfüllt somit die Anforderungen nach [1].

Das Abflussverhalten des Alpheus Automatik ähnelt in den Versuchen dem einer Rohrdrossel. Höhere Abflussmengen bei hohen Wasserständen und niedrigere Abflüsse bei geringen Wasserständen im Regenbecken.

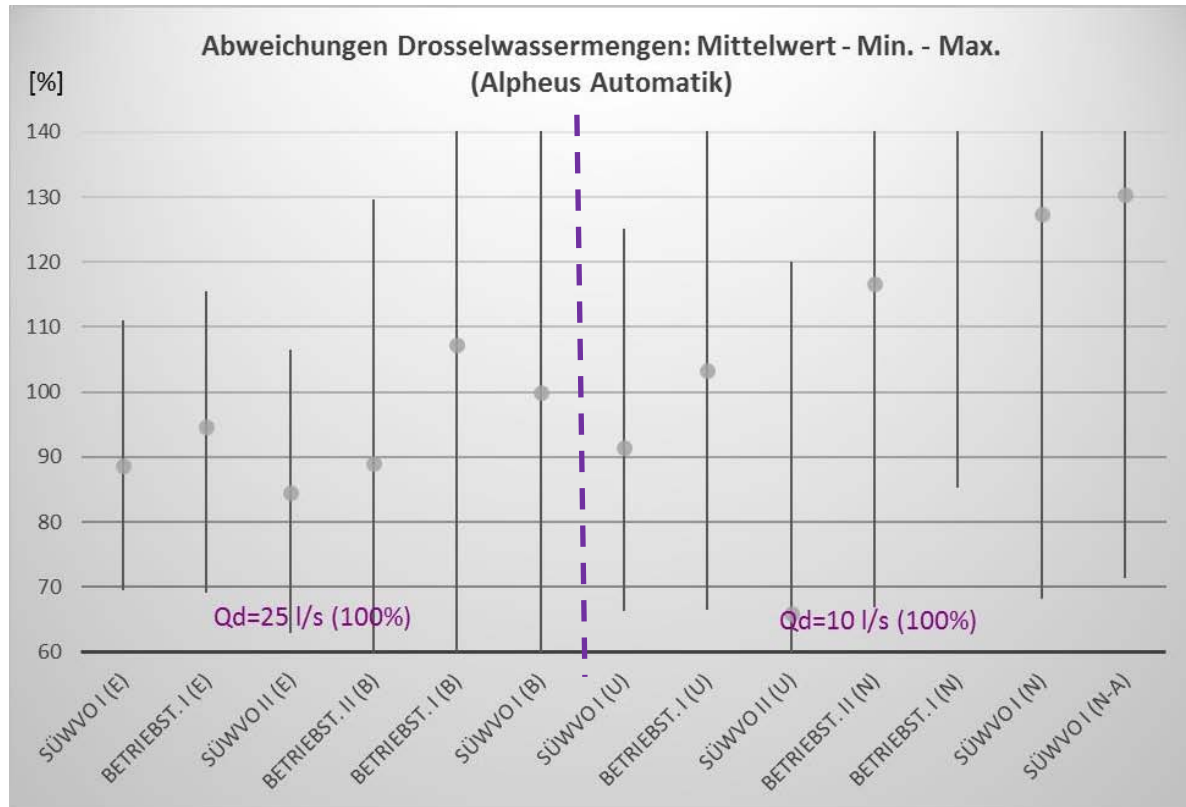


Bild 81 Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse des Alpheus Automatik in Prozent

Inwieweit im Rahmen der Versuche mechanischer Verschleiß und/oder Medienbelastung (Schmutzwasser) das Betriebsverhalten zusätzlich beeinflussten, kann abschließend nicht beurteilt werden. Festzuhalten ist allerdings, dass nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser und der mechanischen Belastung die Minimalwerte geringer sind als zuvor und die Maximalwerte deutlich erhöht sind.

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Alle Betriebssimulationen und -beanspruchungen zeigten keine visuell erkennbaren Auffälligkeiten an dem Drosselorgan, die auf eine Funktionsbeeinträchtigung bzw. -störung durch Verschleiß o.ä. hätten schließen lassen können.

Im Detail konnte bei der Prüfung auf Durchgang von Hygieneartikeln die Verlegebeseitigungseinrichtung auf Funktionalität geprüft werden. Grundsätzlich tendiert die Drossel erst zu Verlegungen bei einer Anzahl von vier oder mehr Windeln, die im Bereich des Drosselorgans verbleiben und damit ggf. ein Risiko für weitere Verlegungen darstellen.

Generell begünstigt ihre Funktionsweise vielmehr eine Ansammlung von Störstoffen im Regenbecken. Die auf den Schwimmer treffende Reinigungsdüse erzeugte hier keine Verformung, lediglich Kratzspuren waren erkennbar.

Fazit

Die in Nordrhein-Westfalen geltenden Anforderungen bzgl. der Abweichungen von Drosselabflüsse (vgl. [1]) erfüllt das Drosselorgan in keiner der Prüfungen aus der Testreihe. Bei der Gesamtbetrachtung der Ergebnisse kann zumindest für die Einstellung mit der Drosselwassermenge von 25 l/s konstatiert werden, dass das Organ zumindest im Mittel die Zielgröße erreichen kann. Nach Umstellung der Drosselwassermenge gelingt auch das nur noch in drei von sieben Fällen bzw. Versuchen.


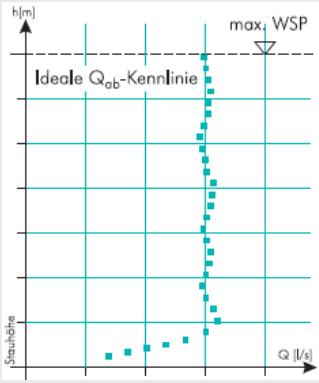
Mit Blick auf die Verlegebeseitigung kann festgehalten werden, dass diese funktioniert und das Drosselorgan bzgl. seiner Betriebsweise nicht zusätzlich negativ beeinflusst. Das Drosselorgan neigte im Rahmen der Versuche erst bei einer höheren Anzahl an Windeln zu einem erhöhten Verlegungsrisiko. Darüber hinaus zeigte sich, dass diese Störkörper weitgehend im Regenbecken verbleiben. Bei Übertragung dieser Erkenntnis auf reale Regenbecken besteht ggf. erhöhter Reinigungsbedarf der Drosseleinrichtung sowie ggf. höherer Wartungsaufwand.

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

4.5.7.1 Allgemeines

In Tabelle 32 sind grundlegende Informationen über die ausgewählte Drossel zusammengefasst. Im weiteren Berichtstext wird für die Drosselbezeichnung die verkürzte Schreibweise HydroSlide Giehlmatic gewählt.

Tabelle 32: 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		

4.5.7.2 Funktionsweise

Die nachstehenden Informationen zur Funktionsweise und Verlegebeseitigung beruhen auf Angaben des Herstellers. Der HydroSlide Giehlmatic ist ein hydromechanisches Drosselorgan, das als Schwimmer-Schieber funktioniert. Es handelt sich dabei um eine aktive Drossel mit beweglichen Teilen, die ohne Fremdenergie betrieben wird. Das Drosselorgan wird vor der Abflussöffnung eines Stausystems (z.B. Regenbecken) in Nassaufstellung montiert.

Im Trockenwetterfall (vgl. Bild 82a) befindet sich der Schwimmer nach unten hängend in seiner Ausgangsstellung. Dabei ist der Abflussquerschnitt durch den Schieber gemäß Soll-Einstellung geöffnet (vgl. Bild 83b). Bei steigendem Wasserstand im Regenbecken, z.B. bedingt durch ein Niederschlagsereignis, steigt der Schwimmer mit dem Wasserstand an (vgl. Bild 82b).



a) Drossel im Ausgangszustand



b) Drossel während des Betriebs

Bild 82 HydroSlide Giehlmatic

Die Bewegung des Schwimmers wird über eine mechanische Steuerung (vgl. Bild 83a) auf einen Schieber übertragen, die den erforderlichen Abflussquerschnitt freigibt.



a) Steuerscheibe auf Grundplatte montiert



b) Abflussquerschnitt geöffnet

Bild 83 Mechanik des HydroSlide Giehlmatic

Durch dieses Zusammenspiel zwischen Schwimmer und Schieber stellt sich der Drosselabfluss ein.

4.5.7.3 Verlegebeseitigung

Der HydroSlide Giehlmatic besitzt sowohl eine manuelle als auch eine automatische Verlegebeseitigungseinrichtung. Die manuelle Verlegebeseitigung erfolgt per Handzugvorrichtung. Nach Beseitigung der Verlegung wird das Zugseil in seine Ausgangsposition zurückgezogen und der Schieber nimmt wieder selbständig seine Position gemäß Schwimmerstellung ein.

Die automatische Verlegebeseitigungseinrichtung arbeitet wie folgt: Entsteht eine Verlegung an der Einlaufblende, fließt das Wasser aus dem Drosselkasten in den abgehenden Kanal aus. Zugleich entleert sich der Blendenkasten über den Drosselkasten.

Gelangt Luft in den Blendenkasten, erhält dieser dadurch Auftrieb und schwimmt auf. Je nach Größe der Verlegung öffnet die Ablauföffnung vollständig oder aber nur teilweise, so dass die Verlegung entfernt wird. Anschließend füllt sich der Blendenkasten wieder mit Wasser und senkt sich in Regelstellung ab.

4.5.7.4 Einbau des Drosselorgans

Das Drosselorgan wurde bereits vor dem Einbau angeliefert. Alle erforderlichen Materialien und Werkzeuge für den Einbau wurden von den Mitarbeitern des Drosselherstellers vorgehalten. Das IKT stellte einen Kran zur Verfügung, um die Einzelteile der Drossel in das Regenbecken zu verbringen.

Tabelle 33 gibt einen Überblick zu den ausgeführten Tätigkeiten und dem zeitlichen Aufwand für den Ein- und Umbau des Drosselorgans.

Tabelle 33: Informationen zum Ein- und Umbau des HydroSlide Giehlmatic

Allgemeine Informationen	
Drosselorgan	HydroSlide Automatikregler Giehlmatic DR 200/150
Hersteller	Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein
Einbau durch	Hersteller; Umstellung durch Hersteller
1) Vorarbeiten für den Einbau	15 Minuten
Tätigkeiten	Rüsten, Vorbereiten und Reinigen des Querschnitts
2) Einbau der Drosseleinrichtung	60 Minuten
Tätigkeiten	Schrittweise Montage des Drosselorgans
3) Nacharbeiten	ca. 10 Minuten
Tätigkeiten	Zusammenpacken Montagematerial
4) Zeitaufwand für den Einbau	
Gesamtzeit der Arbeiten vor Ort	1 h 25 Min
Gesamtzeit inkl. An-/Abreise	1 Tag
5) Aufwand für die Umstellung der Drosselwassermenge	
Tätigkeiten	Einbau einer Steuerscheibe, Verlängern des Schiebergestänges einschl. Ausmessen
Gesamtzeit der Umbauarbeiten einschließlich Nachjustierung	ca. 3 h

Bild 84 zeigt wesentliche Arbeitsschritte des Einbauvorgangs:

1. Anbringen des Querschnittsöffnungskastens (Bild a),
2. Montage der Drosselsteuerung (Bild b),
3. Verbringen der einzelnen Bauteile/-gruppen des Drosselorgans in den Schacht mittels Kran (Bild c),
4. Endmontage des Schwimmers (Bild d),
5. Einbau eines Edelstahlgerinnes in der Schachtsohle (Bild e).



a) Montage der Querschnittsöffnung



b) Steuerungskasten bereits montiert



c) Einbringen der Haube mittels Kran



d) Anbringen des Schwimmers



e) Edelstahlgerinne

Bild 84 Wesentliche Arbeitsschritte bei dem Einbau des HydroSlide Giehlmatic

Der Hersteller empfahl bereits bei der Angebotsanfrage den Einbau eines Edelstahlgerinnes für den Zulaufbereich des Drosselorgans. Dieses wurde von Mitarbeitern des IKT gemäß Herstellervorgaben in der Schachtschale nach Montage des Drosselorgans verbaut.

Der Mitarbeiter verzichtete auf die Begleitung der ersten hydraulischen Prüfung und verließ das IKT nach Beendigung des Einbaus. Als Ergebnis der ersten SüwVO I-Prüfung wurde festgestellt, dass der Drosselabfluss zu hoch ist. Der Hersteller wurde informiert und entschied sich für eine Nachjustierung. In diesem Zuge stellte sich heraus, dass die Drossel absichtlich auf einen höheren Abfluss eingestellt wurde, als zuvor im Labor berechnet worden war. Der Mitarbeiter korrigierte die Einstellungen und begleitete die erste Prüfung gemäß Prüfprogramm.

4.5.7.5 Testergebnisse nach Prüfprogramm

In nachstehender Tabelle 34 sind die Testergebnisse für den HydroSlide Giehlmatic anhand des Prüfprogramms dargestellt.

Tabelle 34: 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 anbetonierte 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	

Erläuterungen/Auffälligkeiten zu einzelnen Prüfprogramm-Punkten in Tabelle 34

SüwVO I-Prüfung

Exemplarisch sind in Bild 85 der Beckeneinstau zu Beginn, mittig und zum Ende der SüwVO I-Prüfung (vgl. lfd. Nr. 2) mit dem aktiven Drosselorgan dargestellt.



a) Voll eingestautes Regenbecken b) Drossel in Betrieb (SüwVO I) c) Wieder-Befüllen des Beckens

Bild 85 Einstau des Regenbeckens und Betrieb des HydroSlide Giehlmatic (SüwVO I-Prüfung)

SüwVO II-Prüfung

Bild 86 zeigt das Regenbecken im Volleinstau sowie vor und nach Versuchsende mit synthetischem Schmutzwasser für die SüwVO II -Prüfung (vgl. lfd. Nr. 4, 6).



a) Voll eingestautes Regenbecken b) Füllstand bei Versuchsende c) Ablagerungen

Bild 86 SüwVO II-Prüfung mit synthetischem Schmutzwasser

Betriebssimulation Z1 (mechanische Belastung des Drosselorgans)

Um die beweglichen Teile des Drosselorgans mechanisch zu belasten (Prüfprogramm lfd. Nr. 5 und 15), wurde ein Pneumatik-Zylinder am Gestänge des Schwimmers befestigt. Über Endschalter am Zylinder wurde der vorgesehene Hubweg des Kolbens bzw. Schwimmers (und damit des) Schiebers der Drossel eingestellt (vgl. Bild 87).



Bild 87 Versuchsaufbau für die Betriebssimulation „mechanische Belastung“

Reinigung des Drosselorgans und Regenbeckens

Insbesondere nach den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser bedarf die Drosselinrichtung einer Reinigung (Ifd. Nr. 7, 17) als Vorbereitung für die nachfolgenden Versuche mit Klarwasser. Bild 88a zeigt exemplarisch die Reinigung des Drosselorgans mit Wasserhochdruck. Ein auf der Reinigungslanze montierter Gliedermaßstab hilft, einen Mindestabstand von 50 cm zum Objekt einzuhalten. Bild 88b zeigt die Reinigung des Regenbeckens nach den Schmutzwasserversuchen mittels Strahldüse (Feuerwehrspritze). Im Ergebnis wird ein augenscheinlich sauberes Regenbecken – ohne Rückstände an Wänden, Boden und Gerinne sowie Anhaftungen an Armaturen etc. – für die folgenden Versuche wieder hergestellt.



a) Hochdruck-Reinigung der Drossel

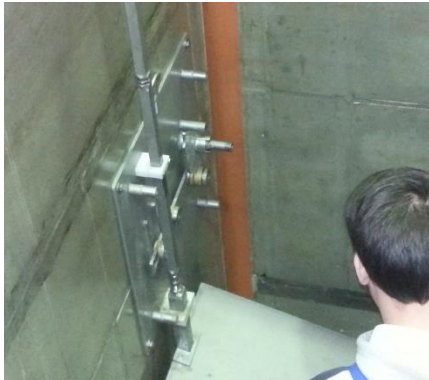


b) Gereinigtes Regenbecken

Bild 88 Reinigung von Drosselorgan und Regenbecken

Betriebssimulation Umstellung der Drosselwassermenge

Im Rahmen des Prüfprogramms (Ifd. Nr. 10) erfolgt einmalig die Umstellung der Drosselwassermenge von $Q_{Dr} = 25 \text{ l/s}$ auf 10 l/s durch den Hersteller. Dazu wird in einem ersten Schritt die Steuerscheibe (vgl. Bild 89a) gewechselt und in einem zweiten Schritt der Hebelarm für den Schieber verstellt (vgl. Bild 89b). Zweimaliges Nachjustieren durch Verstellen des Hebelarms war notwendig, bis der gewünschte Sollabfluss erreicht war.



a) Austausch der Steuerscheibe



b) Verstellen des Hebelarms

Bild 89 Wesentliche Arbeitsschritte für die Umstellung der Drosselwassermenge

Anprall von Störkörpern und Prüfung der Verlegebeseitigung

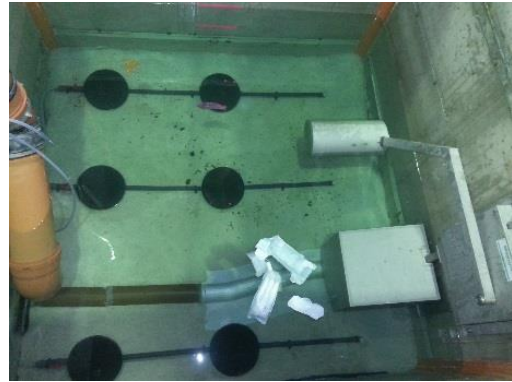
Im Rahmen dieser Prüfung (Ifd. Nr. 20) finden zwei unterschiedliche Belastungen statt, zum einen wird der Durchgang von Hygieneartikeln und Anprall von Störkörpern durch das Drosselorgan überprüft. Damit verbunden ist Funktionsfähigkeit der Verlegebeseitigungseinrichtung des Testobjekts. Zum anderen wird festgestellt, ob der Anprall einer Reinigungsdüse Auswirkungen auf die Abflussleistung der Drossel besitzt.

Aufgrund der Zuflusssituation zum Drosselorgan mit einem vergleichsweise geringen Abstand zwischen Blendenkasten und Gerinnesohle wurde die automatische Verlegebeseitigungseinrichtung wie folgt untersucht:

Die dem Wasserstrom zugegebenen Tampons, Binden und Präservative flossen ungehindert durch das Drosselorgan. Bereits eine in das Gerinne gelegte Windel setzte sich sodann vor die Ablauföffnung (vgl. Bild 90a) und reduzierte den Durchfluss mit der Folge, dass der Wasserstand im Becken langsam anstieg. Bei einem Wasserstand von ca. 1,1 m Höhe wurde der manuelle Verlegungshebel betätigt, wodurch sich die Verlegung (eine Windel) löste. Sind weitere Windeln (im Maximum insgesamt fünf Stück) zugegeben, war zu beobachten, dass lediglich eine Windel an die Ablauföffnung gelangt, die zusätzlichen Windeln bleiben außen vor. Steigt wiederum der Wasserstand bedingt durch die eine Windel an, treiben die weiteren auf der Wasseroberfläche des steigenden Wasserstandes (vgl. Bild 90b). Wird die Verlegung beseitigt, fällt der Wasserstand und die Störkörper kommen im Bereich vor dem Drosselorgan auf dem Schachtboden zu liegen.



a) Verlegung durch Windel



b) Aufschwimmende Hygieneartikel

Bild 90 Prüfung der Verlegebeseitigung mit Hygieneartikeln

Dasselbe Verhalten wie bei den Hygieneartikeln war bei der Zugabe der Hölzer zu erkennen. Diese trieben auf der Wasseroberfläche durch die Ablauföffnung. Sobald sich allerdings das Becken einstaute, gelangten sie nicht durch die Drossel, sondern trieben auf der Wasseroberfläche (vgl. Bild 91a).

Die drei dem Wasserstrom zugegebenen Steinzeugscherben blieben im Gerinne liegen, der Wasserstrom von 10 l/s hatte offensichtlich keine ausreichende Schleppspannung, um diese durch das geschwungene Edelstahlgerinne zu bewegen (vgl. Bild 91b).



a) Hölzer im Regenbecken



b) Steinzeugscherbe im Gerinne

Bild 91 Verhalten von Störkörpern (vgl. rote Markierung)

Der Bohrkern und der Halbklinkerstein blieben ebenfalls auf dem Gerinneboden an der Zugabestelle (ca. ein Meter Entfernung zum Drosselorgan) liegen und konnten durch den Wasserstrom von 10 l/s nicht fortgetragen werden. Darüber hinaus können sie aufgrund ihrer Größe nicht unter das Gehäuse gelangen. Bleiben sie jedoch davor liegen, können sich ggf. weitere Störkörper ansammeln und zu einer Beeinträchtigung des Abflussverhaltens führen.

Der siebenmalige Anprall der Kanalreinigungsdüse gegen den Schieber der Drossel bewirkte keine Deformationen oder anderweitige Schäden.

Abschließende hydraulische Prüfung nach SÜwVO I

Bei der abschließenden hydraulischen Prüfung mit Klarwasser waren keine Auffälligkeiten bzgl. des Drosselabflusses vorhanden. Übliche Anforderungen gemäß SÜwVO [1] werden eingehalten.

Betriebsbeanspruchung: Prüfung der Korrosionsbeständigkeit

Mit Blick auf die Versuchsergebnisse können folgende Aussagen getroffen werden:

1. Der Korrosionsangriff (vgl. Bild 92) erzeugt keine visuell feststellbaren Unterschiede auf den Oberflächen der verwendeten Materialien des Drosselorgans. Alle zeigen nach einer Woche einen einheitlichen Zustand und entsprechen dem Zustand einer Vergleichsplatte aus V2A-Stahl (vgl. Bild 14).
2. Die verwendeten Schrauben zeigen ebenfalls keine Auffälligkeiten, die auf eine minderwertigere Qualität schließen lassen können.
3. Das Drosselorgan war vor dem Ausbau funktionsfähig, das Gestänge, die Hauben und der Schwimmer/Schieber beweglich und das optische Erscheinungsbild ohne Auffälligkeiten.



a) Drosselbauteile vorher



b) Drosselbauteile nachher

Bild 92 Prüfung der Korrosionsbeständigkeit durch/nach Einstreichen mit Eisen-III-Chlorid, Vorher-Nachher-Vergleich

4.5.7.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In dem nachstehenden Bild 93 werden die mittleren Drosselabflüsse in Liter je Sekunde für die einzelnen hydraulischen Prüfungen als Balkengruppe je Prüfprogrammumpunkt dargestellt. Darüber hinaus sind die beiden Soll-Drosselabflüsse von 25 l/s und 10 l/s mit einem roten Rahmen eingezeichnet.

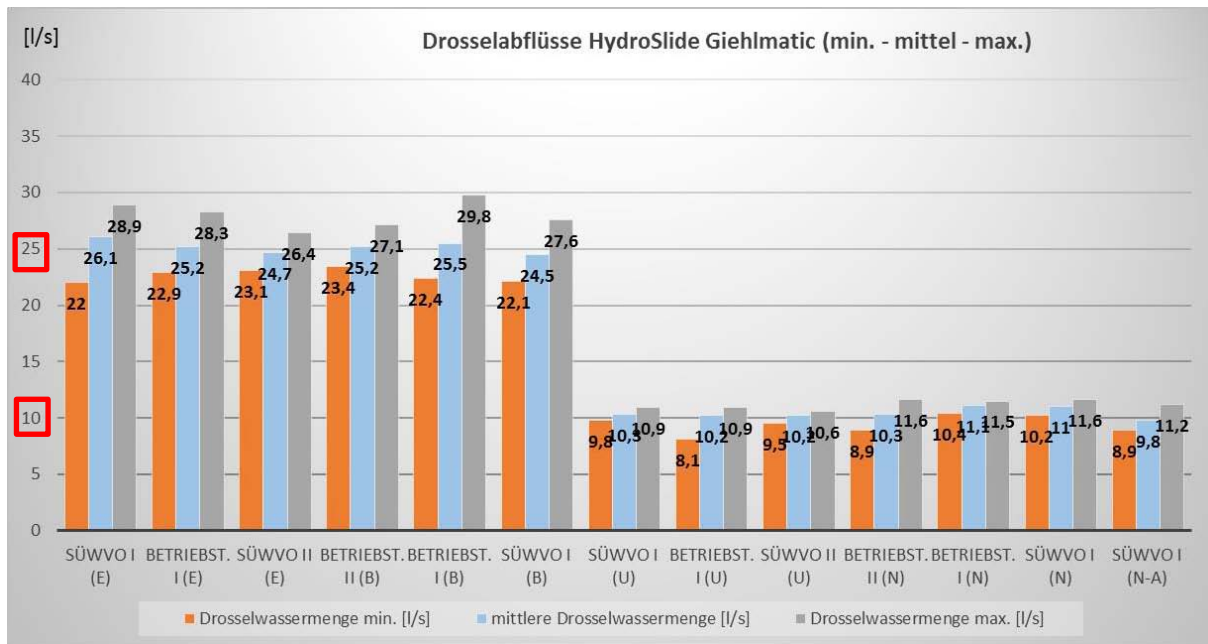


Bild 93 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse des HydroSlide Giehlmatic nach Prüfprogramm mit geforderten Sollabflüssen (vgl. Zahlen im roten Rahmen)

Die Balkengruppen für beide Soll-Drosselabflüsse zeigen ein vergleichsweise einheitliches Betriebs- bzw. Regelverhalten für alle Prüfungen. Dabei liegen alle Messwerte im zulässigen Bereich von Sollwert $\pm 20\%$ [1]. Die Drossel hat alle hydraulischen Prüfungen bestanden (vgl. auch Bild 94).

Das Drosselorgan zeigt sich darüber hinaus offensichtlich unempfindlich ggü. den unterschiedlichen Medien (Klar- und Schmutzwasser). Die o.a. Messwerte lassen hier keine Auffälligkeiten bzgl. der Drosselabflüsse erkennen.

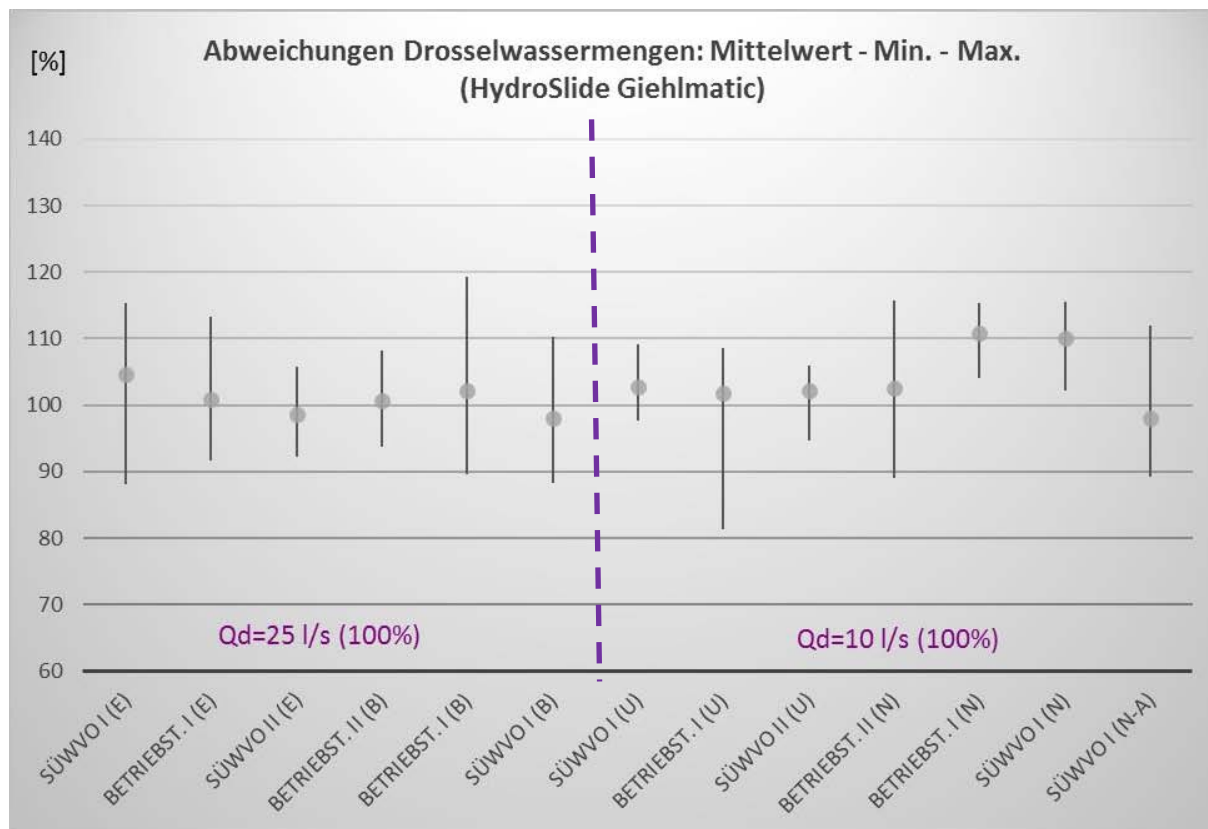


Bild 94 Mittlere, minimale und maximale Abweichungen der Drosselabflüsse des HydroSlide Giehlmatic in Prozent

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Alle Betriebssimulationen und -beanspruchungen zeigten keine visuell erkennbaren Auffälligkeiten an dem Drosselorgan, die auf eine Funktionsbeeinträchtigung bzw. -störung durch Verschleiß o.ä. hätten schließen lassen können.

Im Detail konnte bei der Prüfung auf Durchgang von Hygieneartikeln die Verlegebeseitigungseinrichtung auf Funktionalität geprüft werden. Grundsätzlich tendiert die Drossel nicht zu Verlegungen, ihre Funktionsweise begünstigt vielmehr eine Ansammlung von Störstoffen im Regenbecken.

Fazit

Mit Blick auf die in Nordrhein-Westfalen geltenden Anforderungen bzgl. der Abweichungen von Drosselabflüsse zeigt das Drosselorgan keine Auffälligkeiten. Alle hydraulischen Prüfungen konnte der HydroSlide Giehlmatic gemäß SÜWVO Abw. [1] bestehen. Das Drosselorgan neigte im Rahmen der Versuche nicht zu Verlegungen, allerdings verbleiben viele der zugegebenen Störkörper bzw. -stoffe im Regenbecken. Bei Übertragung dieser Erkenntnis auf reale Regenbecken besteht ggf. erhöhter Reinigungsbedarf der Drosseleinrichtung sowie ggf. höherer Wartungsaufwand.

4.5.8 Versuchsergebnisse der Systemprüfungen

Nachfolgend werden die Ergebnisse aller Versuche zusammengefasst, zunächst für die hydraulischen Prüfungen und anschließend für Inspektionen, Betriebsbelastungen und Betriebssimulationen. Ergänzt werden diese um ein Fazit mit Blick auf die gesamte Versuchsreihe der Systemprüfungen.

Ergebnisse der hydraulischen Prüfungen

In der Summe wurden im Rahmen des Testprogramms die sechs ausgewählten Drosselorgane jeweils 13 hydraulischen Einzelprüfungen unterzogen. Dabei gab es vier unterschiedliche Prüfungen mit variierten Randbedingungen bezogen auf den Reinigungszustand des Drosselorgans (gereinigt/ungereinigt) und das verwendete Medium (Klar-/Schmutzwasser). Darüber hinaus simulierten drei Prüfungsarten das Leerlaufen eines Regenbeckens in Analogie zu Kalibrierprüfungen in situ, eine Prüfungsart hingegen das reale Betriebsverhalten mit Einstau und Leerlaufen. Im Einzelnen wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

1. SÜwVO I-Prüfung (Leerlaufen mit Klarwasser bei gereinigtem Drosselorgan),
2. Betriebstauglichkeit I-Prüfung (Einstau und Leerlaufen mit Klarwasser bei gereinigtem Drosselorgan),
3. SÜwVO II-Prüfung (Leerlaufen mit synthetischem Schmutzwasser bei gereinigtem Drosselorgan),
4. Betriebstauglichkeit II-Prüfung (Leerlaufen mit synthetischem Schmutzwasser bei ungereinigtem Drosselorgan).

Zu 1 – SÜwVO I-Prüfung:

Diese Art der Prüfung wird zweimal mit einer Soll-Drosselwassermenge von 25 l/s (Phase 1) durchgeführt und nach der Umstellung dreimal mit einer Soll-Drosselwassermenge von 10 l/s (Phase 2). Dabei findet diese Prüfung jeweils zu Beginn und zum Ende der beiden Phasen statt.

Das Drosselorgan ist in sauberem bzw. gereinigtem Zustand und wird mit Klarwasser beaufschlagt. Von seinem Wesen her entspricht diese Prüfung einer Kalibrierprüfung gemäß SÜwVO Abw [1] sowie der Grundeinstellungsprüfung in den Laboren der Hersteller. Es konnte daher bereits vor Testbeginn erwartet werden, dass die Drosselorgane bei diesen Prüfungen wenig bis keine Auffälligkeiten in Bezug auf ihre hydraulische Leistungsfähigkeit aufweisen. In Phase 1 bei der Startprüfung (Ifd. Nr. 2 des Prüfprogramms) konnten alle sechs Produkte bis auf eine Ausnahme die nordrhein-westfälischen Anforderungen [1] erfüllen. Lediglich der Alpheus Automatik „reißt“ den Minimalwert, indem er den zulässigen Drosselabfluss ($Q_{Dr,soll}-20\%$) unterschreitet. Die Abschlussprüfung von Phase 1 fällt geringfügig schlechter aus. Der Alpheus Automatik unterschreitet erneut und erkennbar stärker den Minimalwert, überschreitet allerdings auch sehr deutlich das zulässige Maximum ($Q_{Dr,soll}+20\%$). Auch die Strahl-Drossel unterschreitet das zulässige Minimum. Vier Drosseln arbeiten hingegen einwandfrei innerhalb der Anforderungen (vgl. Bild 95).

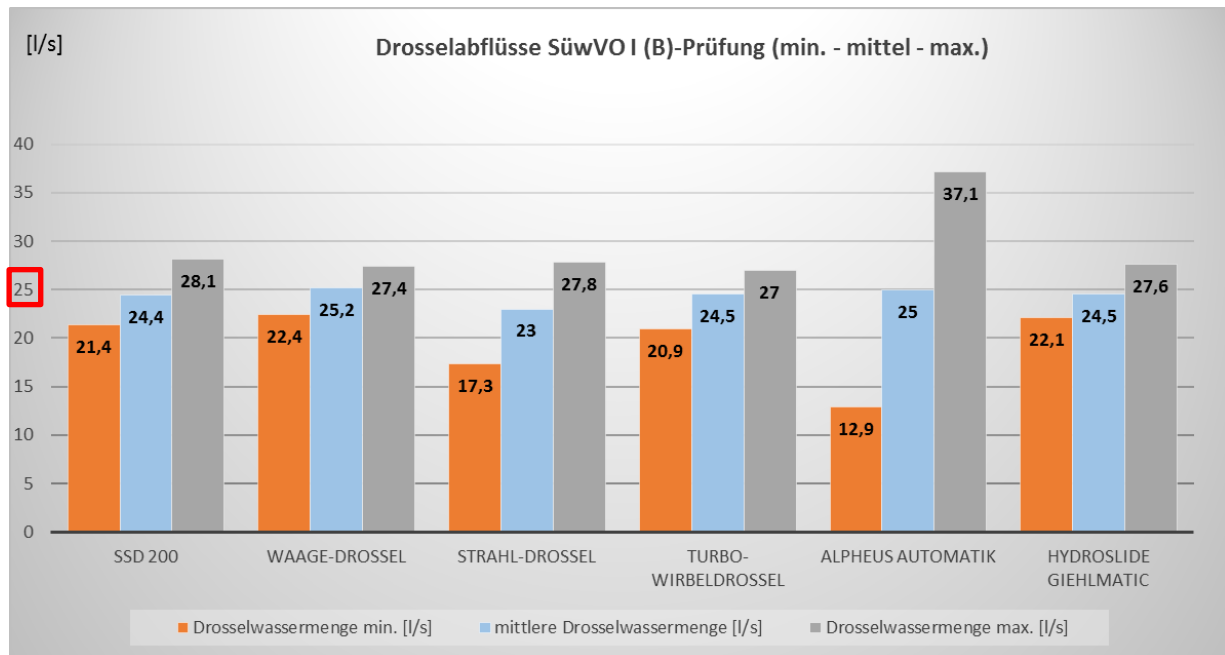


Bild 95 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SÜwVO I (B)-Prüfung (Abschlussprüfung in Phase 1)

Nach Abschluss der Phase 1 wurden bei den sechs Prüflingen die Soll-Drosselabflüsse umgestellt. Dabei konnte die Strahl-Drossel bauartbedingt lediglich auf 15 l/s umgestellt werden, die weiteren fünf Drosselorgane auf die geforderten 10 l/s. Bis auf den Alpheus Automatik (erkennbare Unterschreitung des Minimalwertes sowie Überschreitung des Maximalwertes) konnten die fünf weiteren Prüflinge die üblichen Anforderungen [1] erfüllen. Diesen Herstellern war es möglich, nach entsprechenden Umbauarbeiten ein Drosselorgan, das für höhere Sollabflüsse hergestellt worden war, auf einen niedrigeren Sollwert einzustellen.

Die SÜwVO I (N)-Prüfung als vorletzte Untersuchung zeigt ein vergleichbares Bild. Die Soll-Drosselabflüsse werden beim Alpheus Automatik bereits deutlicher unter-/überschritten und auch die Strahl-Drossel überschreitet ihren zulässigen Maximalwert. Die vier weiteren Drosselorgane arbeiten innerhalb ihrer zulässigen Grenzen. Vorab beschriebene Ergebnisse zeigen ebenfalls die Abschlussprüfungen (SÜwVO I (N-A)-Prüfung, lfd. Nr. 22 des Prüfprogramms), dargestellt in Bild 96.

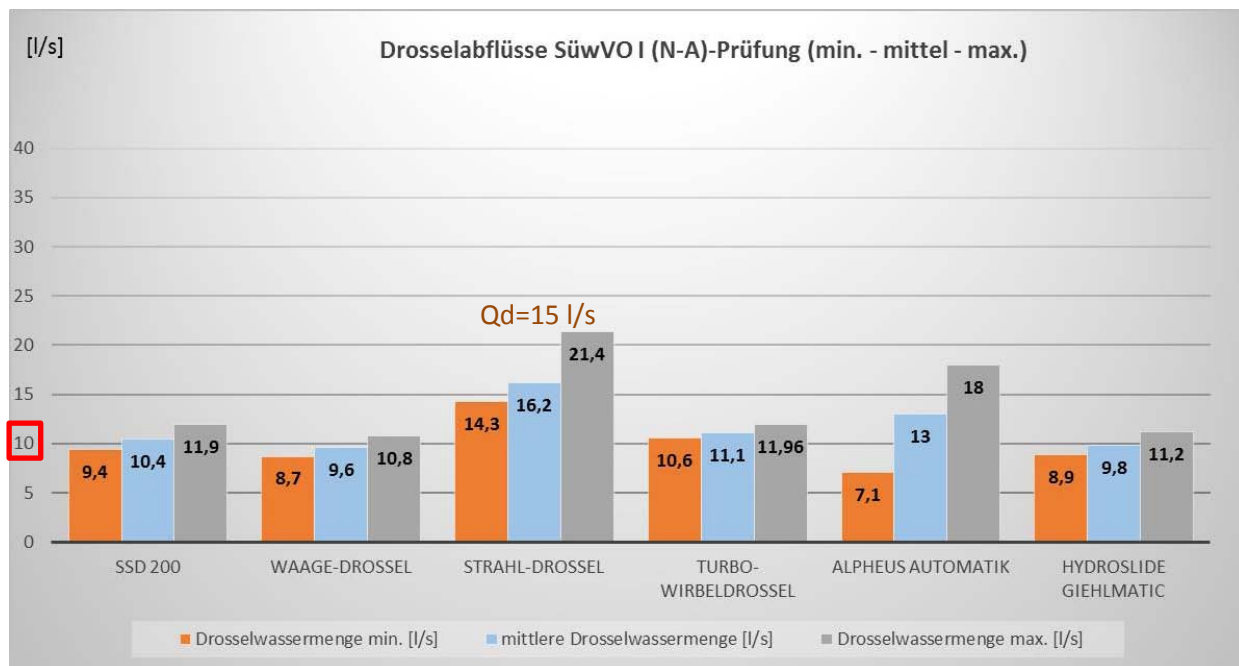


Bild 96 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SÜWVO I (N-A)-Prüfung (Abschlussprüfung in Phase 2)

Im Ergebnis zeigt sich für diese Prüfung, dass unter sauberen Randbedingungen mit Klarwasser und gereinigtem Drosselorgan (Laborbedingungen) übliche Anforderungen [1] eingehalten werden können. Trotz mannigfaltiger Belastungen im Testzyklus scheint die Mehrzahl der Drosselorgane zumindest ausreichend robust zu sein, diesen Prüfungstyp erfolgreich zu überstehen.

Zu 2 – Betriebstauglichkeit I-Prüfung:

Diese Art der Prüfung wird zweimal mit einer Soll-Drosselwassermenge von 25 l/s (Phase 1) durchgeführt und nach der Umstellung ebenfalls zweimal mit einer Soll-Drosselwassermenge von 10 l/s (Phase 2). Dabei findet diese Prüfung jeweils zu Beginn nach der SÜWVO I-Prüfung und zum Ende vor der SÜWVO I-Prüfung einer jeden Phase statt.

Das Drosselorgan ist in sauberem bzw. gereinigtem Zustand und wird mit Klarwasser beaufschlagt. Mit dieser Prüfung wird der Einstauvorgang eines Regenbeckens einschließlich seiner Entleerung simuliert. Im Fokus steht hier, wie schnell das Drosselorgan die Regelung bzw. Steuerung des Soll-Drosselabflusses übernimmt und ob es ggf. signifikante Unterschiede mit Blick auf den Verlauf der $Q(h)$ -Kennlinien für den Einstau und Entleerungsvorgang gibt.

Mit Beginn der Füllung des Regenbeckens ($Q_{Zu} > Q_{Dr}$) und Betrachtung der Drosselabflüsse unterhalb und oberhalb von $2 \times D_{Dr}$ stellt sich die Frage, ob das jeweilige Drosselorgan einen Spülstoß hindurch lässt oder nicht. Für den Fall, dass ein Spülstoß auftritt, ist somit von Interesse, ob er außerhalb der betrachteten Höhe liegt oder innerhalb, was wiederum bewertungsrelevant im Rahmen einer Kalibrierprüfung sein kann. Darüber hinaus ist bei seinem Auftreten die Intensität von Interesse vor dem Hintergrund, ob das

abflusseitige Netz diesen Spülstoß aufnehmen kann. Ggf. ist ein solcher Effekt sogar erwünscht, um beispielsweise den Kanal auf diese Weise durch zu spülen.

Mit Blick auf die Messwerte, die bei diesen Prüfungen in Phase 1 (Soll-Drosselwassermenge von 25 l/s) und Phase 2 mit einem Soll-Drosselabfluss von 10 l/s erfasst wurden, zeichnet sich tendenziell ein vergleichbares, nachfolgend dargestelltes Bild ab:

Während bei der zweiten Prüfung in Phase 1 (Ifd. Nr. 3 des Prüfprogramms) lediglich zwei Messwerte auffällig sind bei zwei Drosseln – Maximalwertüberschreitung bei der Turbo-Wirbeldrossel resultierend aus Spülstoß und Minimalwertunterschreitung des Alpheus Automatik – zeigen sich im weiteren Verlauf des Prüfprogramms deutlich mehr Unter- und auch Überschreitungen von Minimal- und Maximalwerten bzgl. der Anforderungen von $\pm 20\%$ (vgl. Bild 97). Hier kann ggf. die fortgeschrittene Beanspruchung der Drosselorgane nach hydraulischen Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser und mechanischen Belastungen eine Ursache sein (Ifd. Nr. 4, 5 und 6 des Prüfprogramms), die vor dieser Betriebstauglichkeit I-Prüfung (Ifd. Nr. 8) durchgeführt worden sind.

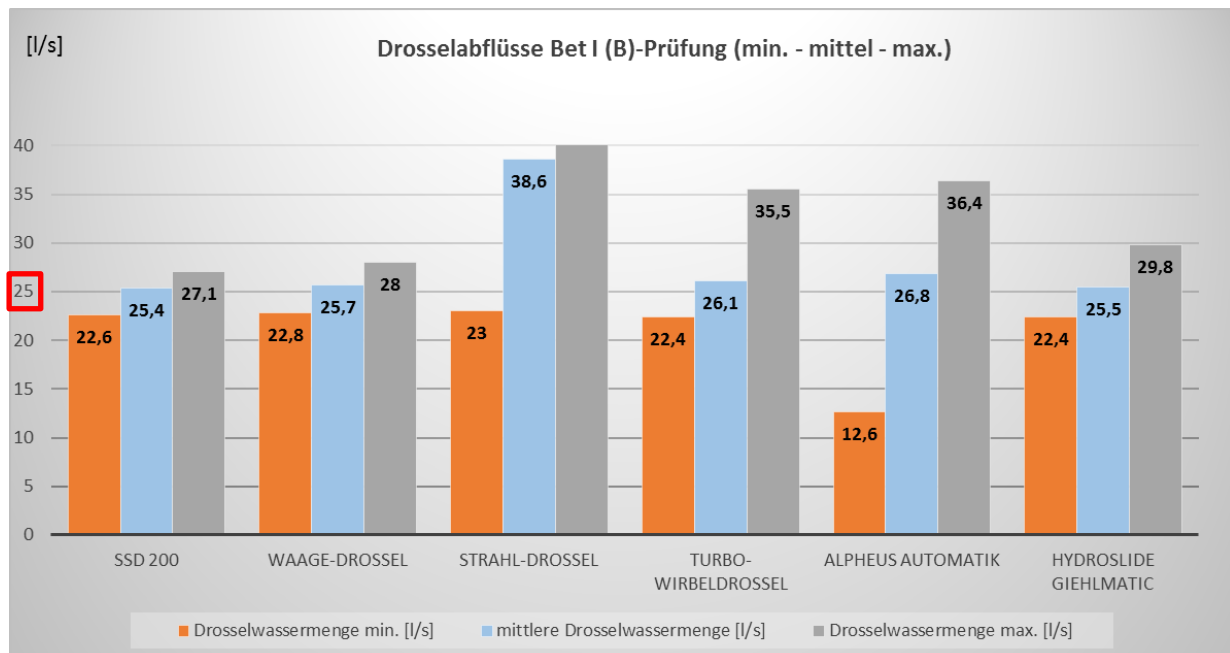


Bild 97 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeits I (B)-Prüfung nach Schmutzwasserversuchen und mechanischer Belastung in Phase 1

Mit Fortschreiten im Prüfprogramm zeigt sich, dass nach der Umstellung der Drosselwassermenge auf 10 l/s (Strahl-Drossel: 15 l/s) weitere Drosselorgane weniger genau arbeiten als zum Start des Prüfprogramms. Das schlechteste Gesamtergebnis dieser Prüfungs-Art wird in der vorletzten Betriebstauglichkeits I (U)-Prüfung erzielt (Ifd. Nr. 13, vgl. Bild 98): Hier ist es lediglich der HydroSlide Giehlmatic, der die Anforderungen vollständig erfüllt in Bezug auf Mittel-, Minimal- und Maximalwert. Alle weiteren Drosselorgane überschreiten den zulässigen Maximalwert geringfügig (SSD 200 und Waage-Drossel), erkennbar (Turbo-Wirbeldrossel, hier aber lediglich resultierend aus Spülstoß) sowie deutlich (Alpheus Automatik) und sehr deutlich (Strahl-Drossel).

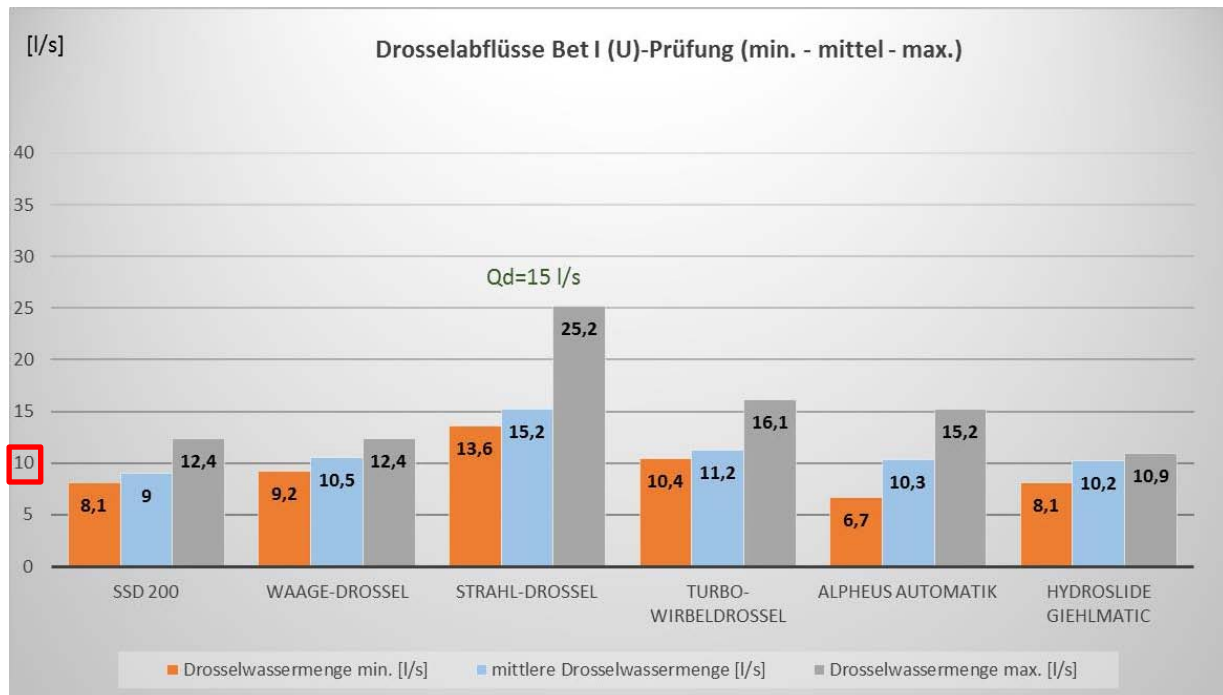
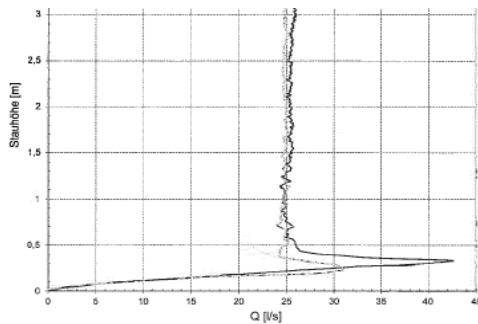


Bild 98 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeits I (U)-Prüfung nach Schmutzwasserversuchen und mechanischer Belastung in Phase 2

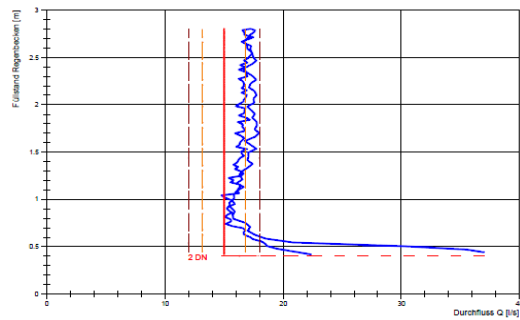
Eine weitere Auffälligkeit in Bezug auf das Betriebsverhalten konnte bei dieser Art Prüfung für nahezu alle Drosselorgane sowie Versuche festgestellt werden:

Während der Einstauphase des Regenbeckens bedingt durch den höheren Zulauf ($Q = 40 \text{ l/s}$) gegenüber dem Soll-Drosselabfluss ($Q = 25$ und 10 l/s , Strahl-Drossel allerdings mit 15 l/s) zeigt sich, dass die Abflusskennlinie in nahezu allen Fällen geringfügig höher liegt als in der Entleerungsphase des Beckens. Diese Auffälligkeit, die auch in den Kennlinien einzelner Hersteller zu finden ist (vgl. Bild 99) sollte insbesondere dann berücksichtigt werden, wenn das Drosselorgan bereits im Grenzbereich der Anforderungen arbeitet.

Kalibrierprüfungen, in denen ein gefülltes Becken leer läuft, zeigen diese Auffälligkeiten allerdings nicht, da der Befüll- und Einstauvorgang nicht untersucht werden. Sollte ein Drosselorgan bereits im Grenzbereich bezogen auf die zulässigen Abflüsse arbeiten, wird es mit hoher Wahrscheinlichkeit im Regelbetrieb (Einstau durch Regenereignis) zu Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte kommen.



a) Q(h)-Kennlinie des Herstellers



b) Q(h)-Kennlinie aus Versuch

Bild 99 Beispiel für geringfügig höhere Drosselwasserabflüsse während der Einstau- bzw. Befüllphasen des Regenbeckens (jew. rechter Ast der Graphen), der nahe an der Grenze der zulässigen Drosselwassermenge liegt (hier markiert durch die senkrechte braune Strich-Linie bei $Q_{Dr} + 20\%$)

Wie bereits erwähnt, zeigte sich bei einigen Versuchen, dass einzelne Drosselorgane einen Spülstoß in das unterwasserseitige Kanalnetz bzw. die angeschlossenen Haltungen durchleiten. Diese Spülstöße treten auf, bevor das Drosselorgan seine Soll-Drosselwassermenge einstellt. Hier ist von Interesse, ob und wenn ja, bei welcher Füllstandshöhe im Regenbecken (ober- oder unterhalb von $2x D_{Dr}$) dieser Spülstoß auftritt.

Bei Versuchen mit Soll-Drosselabflüsse von 25 l/s konnten die Herstellerangaben bestätigt werden, dass die SSD 200, die Waage-Drossel und der HydroSlide Giehlmatic zu keinem Spülstoß neigen. Unterhalb von $2x D_{Dr}$ weisen die Strahl-Drossel und der Alpheus Automatik einen geringen Spülstoß auf, der allerdings mit Erreichen der $2x D_{Dr}$ abgeklungen ist. Lediglich die Turbo-Wirbeldrossel arbeitet träger – wie bereits schon durch die Q(h)-Kennlinie des Herstellers angezeigt – und erreicht die Soll-Drosselwassermenge erst oberhalb der vorgenannten Höhe. Dies gilt für Drosselorgane, die ohne Beeinträchtigung arbeiten. Klemmen allerdings mechanische Bauteile, stellen sich andere Drosselabflüsse ein, die keine Q(h)-Kennlinie erkennen lassen.

Nach der Umstellung auf die Soll-Drosselwassermenge von 10 l/s (Strahl-Drossel: 15 l/s) wiesen weiterhin nur noch die Waage-Drossel und der HydroSlide Giehlmatic kein Spülstoßverhalten auf. Die Turbo-Wirbeldrossel zeigte ebenfalls ihr typisches Verhalten (s.o.). Die drei weiteren Drosselorgane neigten im Bereich geringfügig oberhalb von $2x D_{Dr}$ zu „unsauberem“ Einstellen der Soll-Drosselwassermenge und überschritten i.d.R. geringfügig den Sollwert + 20 %. Dieser konnte mit weiter steigendem Wasserstand im Regenbecken sodann jedoch zuverlässig erreicht werden.

Zu 3 – SÜWVO II-Prüfung:

Diese Prüfung wird einmal je Phase nach den beiden Klarwasserversuchen (SÜWVO- und Betriebstauglichkeit I-Prüfung) durchgeführt.

Das Drosselorgan ist in sauberem bzw. gereinigtem Zustand und wird mit synthetischem Schmutzwasser beaufschlagt. Mit dieser Vorgehensweise wird eine Kalibrierprüfung gemäß [1] simuliert, bei der das Becken durch Aufstauen von Mischwasser in den Prüfzustand gebracht wird.

Mit Blick auf die Messwerte, die bei diesen Prüfungen in Phase 1 (Soll-Drosselwassermenge von 25 l/s) und Phase 2 erfasst wurden, zeichnet sich tendenziell ein vergleichbares, nachfolgend dargestelltes Bild 100 ab:

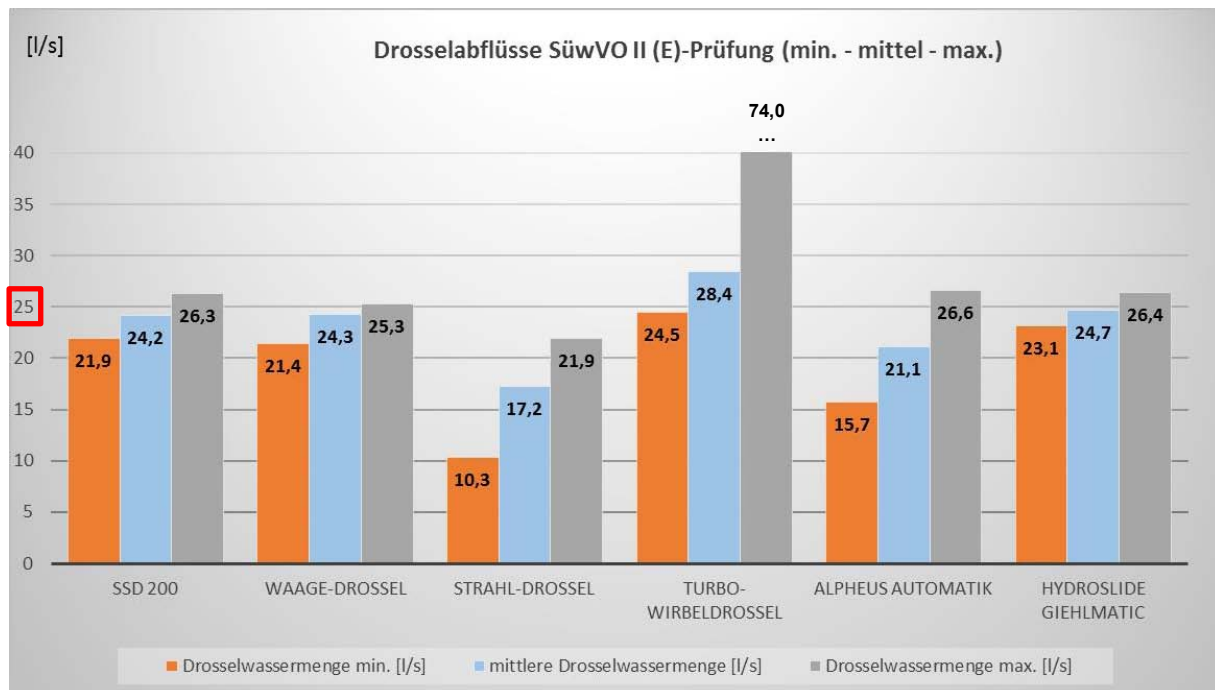


Bild 100 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SÜWVO II (E)-Prüfung in Phase 1

Im Ergebnis können drei Drosselorgane – SSD 200, Waage-Drossel und HydroSlide Giehlmatic – die geforderten Soll-Drosselabflüsse im Rahmen der zulässigen Grenzen einhalten. Die Turbo-Wirbeldrossel zeigt (einmalig im Vergleich zu anderen Versuchen) bei diesem Versuch eine überdurchschnittlich ausgeprägte Anlaufwelle, die nicht nach ein bis zwei Minuten und einer Füllstandshöhe im Regenbecken von ca. 2,5 m abgeklungen ist, sondern erst nach ca. vier Minuten und bei einer Füllstandshöhe von lediglich etwa zwei Metern. Das Organ zeigte hier keine Drosselung des Abflusses. Eine Ursache für dieses Verhalten, dass in dieser Ausprägung im weiteren Versuchsablauf nicht wieder aufgetreten ist, konnte allerdings nicht ermittelt werden. Die Strahl-Drossel sowie der Alpheus Automatik ließen Einflüsse des verwendeten Schmutzwassers dahingehend erkennen, dass ihre beweglichen Teile schwergängig bis hin zum Festsitzen geworden sind im Vergleich zu den Versuchen mit Klarwasser. M.a.W.: Die Öffnungsweite des Schiebers, die sich zu Beginn des Versuchs bei hohem Wasserstand eingestellt hatte und üblicherweise einen geringeren Abflussquerschnitt freigibt, konnte sich nicht mehr in dem Maße verändern bei geringeren Wasserständen. Somit war der Drosselabfluss zu gering.

Die Phase 2 betreffend konnten lediglich zwei Drosselorgane überzeugen – Waage-Drossel und HydroSlide Giehlmatic konnten die Abflüsse wie gefordert drosseln (vgl. Bild 101).

Während die Strahl-Drossel die maximal zulässige Soll-Drosselwassermenge deutlich überschritt, lagen die Maximalwerte von SSD 200 und Turbo-Wirbeldrossel nur geringfügig darüber. Die Drosselung durch den Alpheus Automatik gelang nahezu über den gesamten Höhenbereich des Beckens nicht.

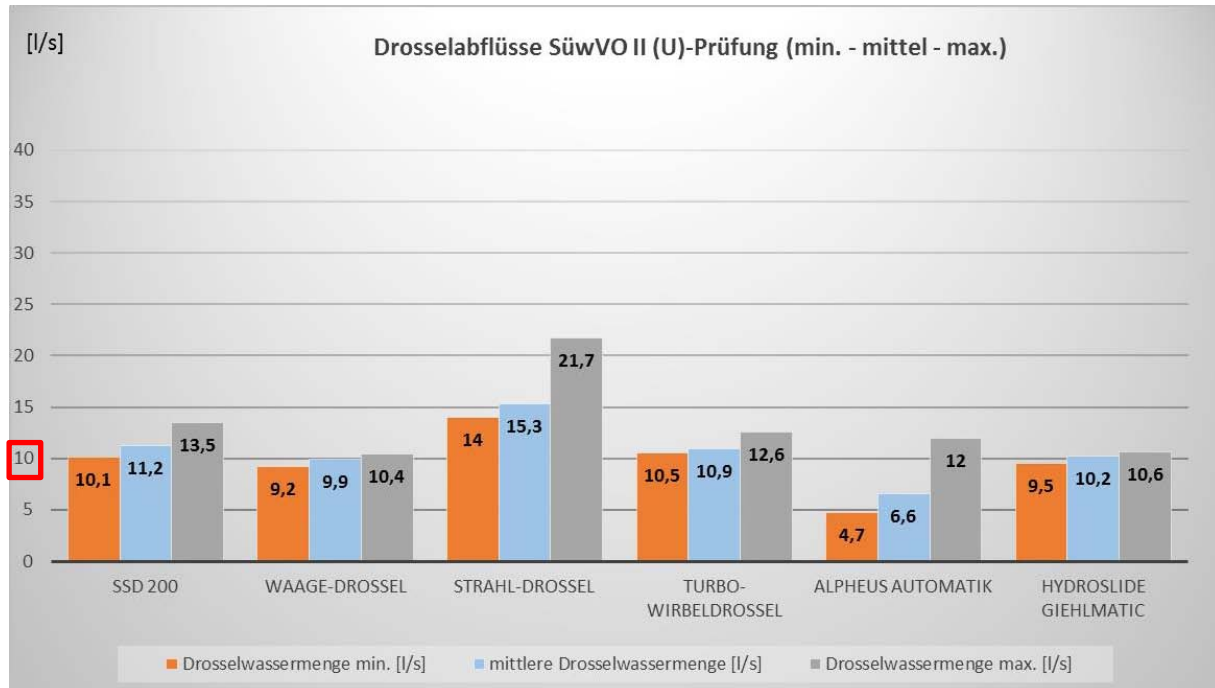


Bild 101 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die SÜWVO II (U)-Prüfung in Phase 2

Darüber hinaus weisen Drosselorgane mit einem Schwimmkörper sowie diejenigen, welche die Gewichtskraft des Wassers zur Stellwirkung nutzen, bei den Versuchen mit synthetischem Schmutzwasser (erwartungsgemäß) geringere Drosselabflüsse auf als bei Versuchen mit Klarwasser. Hier sind offensichtlich die Dichteunterschiede des verwendeten Mediums (Dichte Schmutzwasser > Dichte Klarwasser) als ursächlich anzusehen. Schwimmer tauchen in Schmutzwasser weniger tief ein und geben somit einen geringeren Abflussquerschnitt durch den Schieber frei; ähnlich verhält es sich bei der Waagedrossel, die nunmehr ein höheres Gewicht des Schmutzwassers bei gleichem Volumen (im Vergleich zum Klarwasser) auf der Wiegerinne zur Stellung des Segment-schützes hat.

Zu 4 – Betriebstauglichkeit II-Prüfung:

Diese Prüfung wird einmal je Phase nach den Schmutzwasserversuchen (SÜWVO II-Prüfung) und den mechanischen Belastungen der Drosselorgane durchgeführt.

Das Drosselorgan ist in ungereinigtem Zustand und wird mit synthetischem Schmutzwasser beaufschlagt. Mit dieser Vorgehensweise wird die Funktionsweise im alltäglichen Betrieb simuliert.

Mit Blick auf die Messwerte, die bei diesen Prüfungen in Phase 1 (Soll-Drosselwassermenge von 25 l/s) und Phase 2 erfasst wurden, zeichnet sich tendenziell ein vergleichbares, nachfolgend dargestelltes Bild 102 ab:

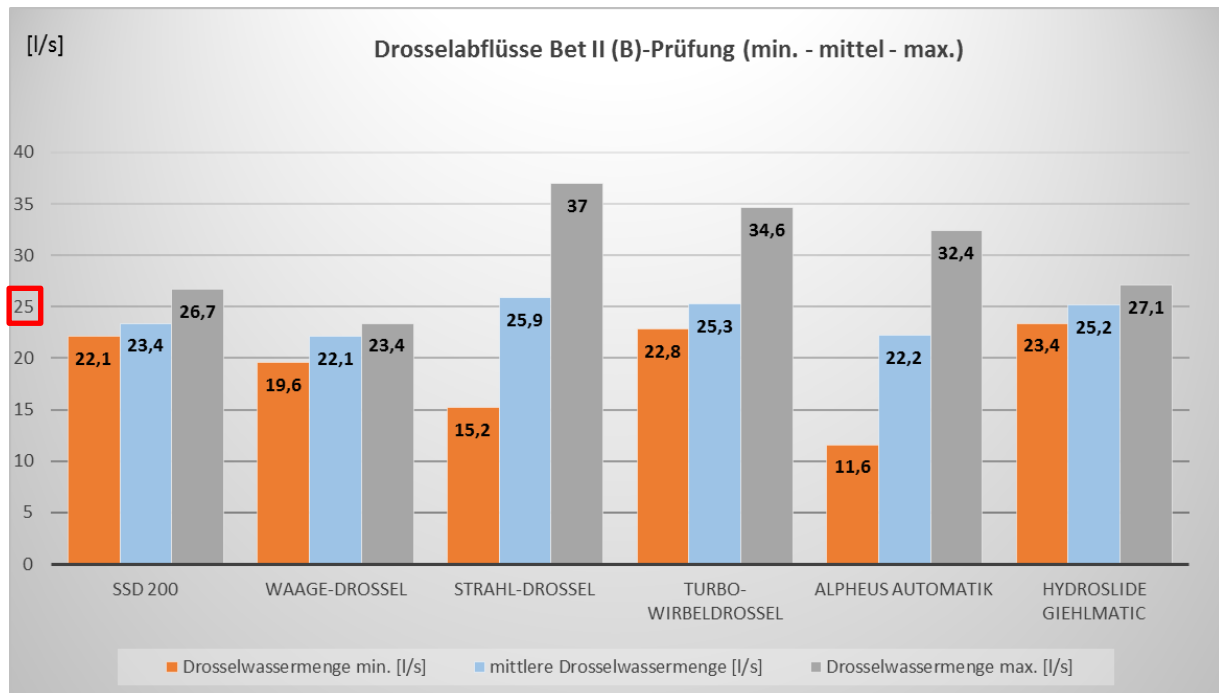


Bild 102 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeit II (B)-Prüfung in Phase 1

Im Ergebnis können zwei Drosselorgane Kalibrierprüfungen bestehen, indem innerhalb der Soll-Drosselabflüsse einschließlich der Toleranzen von $\pm 20\%$ arbeiten – es sind dies die SSD 200 sowie der HydroSlide Giehlmatic. Die Waage-Drossel weist eine geringfügige Unterschreitung des minimal zulässigen Wertes auf, die Turbo-Wirbeldrossel hingegen zeigt eine Überschreitung des maximal zulässigen Wertes, der auf eine noch nicht vollständig abgeklungene Anlaufwelle zurückzuführen ist (bei einem Wasserstand im Regenbecken von 2,5 m Höhe). Die beweglichen Teile der Strahl-Drossel waren weitgehend unbeweglich, das Drosselorgan arbeitete nicht mehr. Das Segmentschütz verharrte nahezu in der Startposition und zeigte in der Folge Drosselabflüsse, die dem Verhalten nach einem feststehenden Schieber entsprechen. Ein vergleichbares Phänomen zeigte der Alpheus Automatik. Zumindest liegt in beiden Fällen der Mittelwert der Prüfung im Bereich des geforderten Sollwertes von 25 l/s.

Für die Soll-Drosselwassermenge von 10 l/s (Strahl-Drossel: 15 l/s) ist im Ergebnis ein vergleichbares Bild vorhanden. Wieder können zwei Drosselorgane die Anforderungen erfüllen – es sind dies die Turbo-Wirbeldrossel und der HydroSlide Giehlmatic (vgl. Bild 103). Zwei weitere Drosselorgane zeigen geringfügige Überschreitungen der Maximalwerte. Die SSD 200 weist diese Überschreitung bei nahezu voll gefülltem Becken auf, die Strahl-Drossel hingegen geringfügig oberhalb von $2x D_{Dr}$ und lässt den Spülstoß hindurch. Zwei Drosselorgane – Waage-Drossel und Alpheus Automatik – zeigen über den gesamten Höhenbereich ein auffälliges Betriebsverhalten. Die $Q(h)$ -Kennlinien entsprechen nicht den Vorgaben des Herstellers bzw. Kennlinien aus anderen Versuchen (vgl. Anhang des Berichts), offensichtlich bedingt durch die Schwergängigkeit der Mechanik. Hier zeigen das synthetische Schmutzwasser sowie der ungereinigte Zustand des Dros-

selorgans einen negativen Einfluss auf die Betriebsweise. Zumindest die Waage-Drossel lässt erkennen, dass sie wieder in ihren „Normalbetrieb“ zurückfindet. Bei den nachfolgenden hydraulischen Prüfungen arbeitet sie wieder unauffällig.

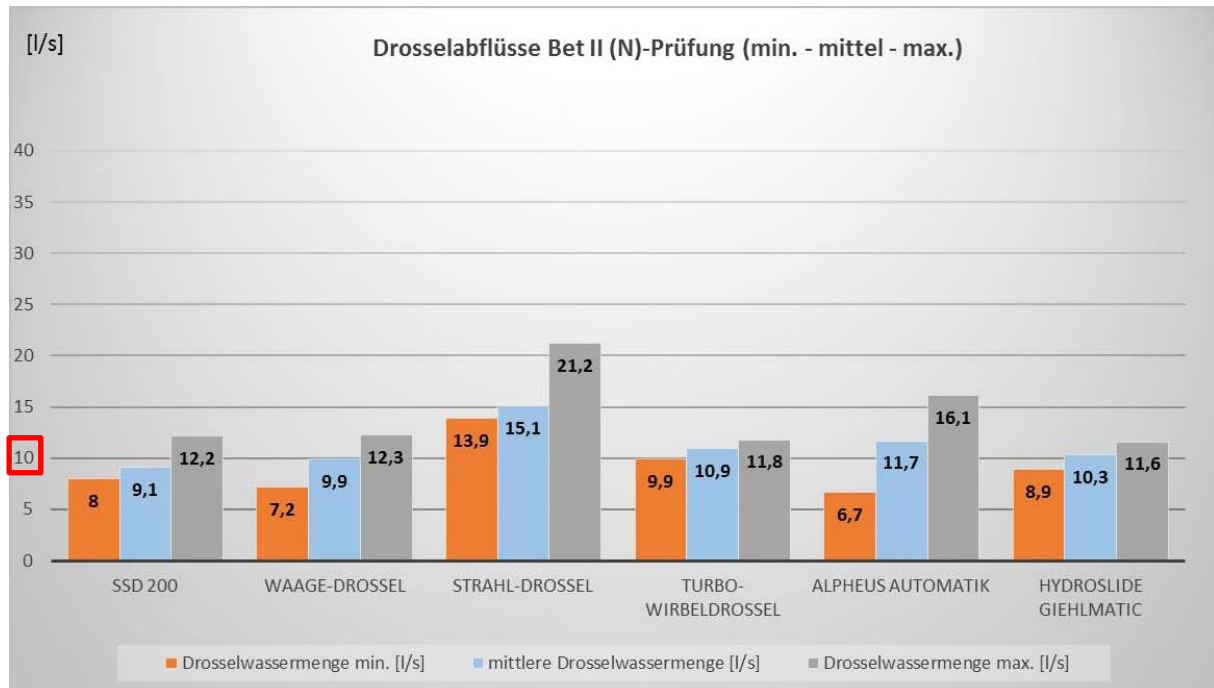


Bild 103 Mittlere, minimale und maximale Drosselabflüsse der sechs Drosselorgane für die Betriebstauglichkeit II (N)-Prüfung in Phase 2

Ergebnisse der Inspektionen, Betriebsbeanspruchungen und Betriebssimulationen

Inspektionen der Drosselorgane:

Die optischen Inspektionen der Drosselorgane sowie die Kontrolle der beweglichen Teile ließen keine Auffälligkeiten an der Mechanik erkennen.

Betriebsbeanspruchungen der Drosselorgane:

Die Drosselorgane wurden den Betriebsbeanspruchungen „Reinigung“ mit Wasserhochdruck, „Anprall“ von Störkörpern und Kanalreinigungsdüse, „Verlegung“ und „Korrosionsangriff“ ausgesetzt gemäß der Abfolge des Prüfprogramms.

Mit Blick auf die *Reinigung* der Drosselorgane konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden. Die Säuberung der Produkte gelang problemlos und richtete keine visuell feststellbaren Schäden an den wassergestrahlten Oberflächen an. Allerdings, so zeigten die nachfolgenden hydraulischen Versuche, gelang es mit dieser Technik und Vorgehensweise nicht, Verschmutzungen aus den jeweils vorangegangenen Schmutzwasserversuchen (SüwVO und Betriebstauglichkeit II) vollständig aus betriebsrelevanten Baugruppen zu entfernen, z.B. aus dem Spalt zwischen Segmentschütz und Dichtung der Strahl- und Waage-Drossel.

Der *Anprall* der Reinigungsdüse erzeugte im schlechtesten Fall Kratzspuren an den „getroffenen“ Stellen – Schieberblech (SSD 200) einerseits und Unterseite Wiegerinne

(Waage-Drossel) andererseits. Der Alpheus Automatik und HydroSlide Giehlmatic wiesen an den betreffenden Stellen keine Auffälligkeiten auf. Aufgrund ihrer Bauart liegen Strahl-Drossel und Turbo-Wirbeldrossel deutlich oberhalb des Gerinnes mit der Folge, dass die verwendete Reinigungsdüse die Drosselorgane „unterfährt“.

Die *Verlegung* der Drosselorgane in der Prüfung der Verlegebeseitigungseinrichtungen ließ nicht erkennen, dass die eingesetzten Störkörper und -stoffe zu einem Funktionsausfall führten. Allerdings besteht für jedes Drosselorgan ein individuelles Risiko, dass einzelne, verbliebende Störkörper/-stoffe ggf. weitere Verlegungen bedingen, die in der Folge nicht mehr selbsttätig von der Verlegebeseitigungseinrichtung gelöst werden können.

Um die Drosselorgane bzw. deren Materialien einem *Korrosionsangriff* auszusetzen, wurden diese mit einer FeCl₃-Lösung eingestrichen. Im Ergebnis zeigt diese Beanspruchung, ob die eingesetzten Materialien aus dem vom Hersteller angebotenen Edelstahl bestehen und folglich diesen Angriff überstehen. Erwartungsgemäß war dies der Fall. Es kann davon ausgegangen werden, dass für den Bau der Drosselorgane V2A-Edelstahl verwendet worden ist.

Betriebssimulationen der Drosselorgane:

Die Simulation von alltäglichen Betriebszuständen der Drosselorgane erfolgte durch Aktivierung der „Mechanik“, „Trocknung“ nach Durchfluss von synthetischem Schmutzwasser und „Umstellung“ der Drosselwassermenge.

Die Belastung der mechanischen Bauteile (*Mechanik*) ließ augenscheinlich nur bei der Waage- und Strahl-Drossel einen geringfügigen Austritt (Tropfen) von Flüssigkeit aus dem Dämpfer erkennen. Dies hatte jedoch keine spürbare Auswirkung auf die Beweglichkeit der Drosselmechanik. Ein Mitarbeiter der Fa. APA stellte im Rahmen der *Umstellung* des Drosselabflusses allerdings eine deutliche Betriebsdauer seines Produktes fest, die er in der Größenordnung von zehn Betriebsjahren einordnete. Er wartete daraufhin das Drosselorgan und übergab den Prüfling entsprechend vorbereitet für den weiteren Prüfablauf. Weitere Auffälligkeiten gab es zu dieser Betriebssimulation nicht. Die technische Umstellung konnte von allen Firmen bzw. Mitarbeitern gelöst werden, allerdings mit deutlichen Unterschieden im Ergebnis der hydraulischen Prüfungen.

Die *Trocknung* der Bauteile nach dem Durchfluss von synthetischem Schmutzwasser ließ keine Auffälligkeiten erkennen. Die Drosselorgane konnten oberflächlich getrocknet werden, die verbliebenen Störstoffe aus dem synthetischen Wasser ebenso. Sofern diese an betriebsrelevanten Bauteilen für die Drosselung der Wassermengen lagen, zeigten die nachfolgenden hydraulischen Prüfungen entsprechende Veränderungen im Betriebsverhalten an, z.B. Schwergängigkeit der Strahl-Drossel.

4.6 In-situ- und Langzeituntersuchungen der ausgewählten Drosselorgane

4.6.1 Allgemeines und Vorgehensweise

Um zu überprüfen, ob die für die Systemprüfungen gelieferten Drosselorgane der üblichen Bauweise und -art entsprechen, wurden die sechs ausgewählten Typen (vgl. Abschnitt 4.5.1) bei Netzbetreibern in situ untersucht.

Grundsätzlich sollten diese Drosseleinrichtung den Anforderungen entsprechend eingebaut sein und betrieben werden (vgl. Abschnitt 3.3), so dass ein weitgehend störungsfreier und sicherer Betrieb des Organs zu erwarten war. Darüber hinaus sollten die Drosselorgane bauartgleich zu den im Rahmen der Systemprüfungen verwendeten Produkten sein.

Die sechs Drosselorgane wurden zum einen durch Mitarbeiter des IKT bei der Begehung untersucht. Zum anderen fand anhand der Auswertung der Betriebsweise der einzelnen Drosselorgane ein Abgleich statt. Des Weiteren wurden die baulichen Randbedingungen aufgenommen und mit den Anforderungen aus den Betriebsanleitungen verglichen. Dazu fand im ersten Arbeitsschritt die Überprüfung und Bewertung des optischen Zustands der Drosselorgane sowie deren Funktionstüchtigkeit statt. Durch Anheben der Schwimmer wurde beispielsweise deren Leichtgängigkeit und damit verbunden die Funktionstüchtigkeit der Abflussblende überprüft und dokumentiert.

Da aufgrund der hohen Volumina der angeschlossenen Regenbecken keine Prüfungen mit Wasser aus einem Spülwagen erfolgen konnten, wurden die Drosseleinrichtungen mit Drucksonden und Seilwegaufnehmern sowie einer Durchflussmesseinrichtung ausgerüstet, um über etwa vier- bis sechswöchige Beobachtungszeiten die jeweilige Drosselaktivität anhand natürlicher Regenereignisse aufzeichnen zu können. Diese Beobachtungsdauern waren die maximal möglichen im Rahmen der verbliebenen Projektlaufzeit. Des Weiteren sollte diese Ausrüstung der Drosseleinrichtungen Hinweise für die sogenannte Trockenkalibrierung liefern (vgl. Abschnitt 6.2).

4.6.2 Untersuchung der In-situ-Drosseleinrichtungen

Nach intensiver Recherche seitens der Lenkungsreismitglieder konnten fünf Drosselorgane in deren Netzen ausfindig gemacht werden für die In-situ-Untersuchungen. Lediglich der HydroSlide Giehlmatic war in einer den Systemprüfungen vergleichbaren Ausführungsgröße nicht vorhanden. Auf Nachfrage benannte der Hersteller (Steinhardt GmbH Wassertechnik) einen Netzbetreiber, der über ein entsprechendes Drosselorgan verfügt und den vorgesehenen Untersuchungen zustimmte.

Im Einzelnen handelt es sich um die in Tabelle 35 und Bild 104 aufgeführten Anlagen mit ihren wesentlichen Kenndaten. Die Prüfberichte der durchgeführten Prüfungen, sofern diese erfolgreich durchführbar waren, sind den Netzbetreibern bereits im Projektverlauf übergeben worden. Wesentliche Untersuchungsergebnisse – insbesondere mit Blick auf die Systemprüfungen (vgl. Abschnitt 4.5) – sind im nachstehenden Abschnitt zusammengefasst.

Tabelle 35: Drosselorgane für In-situ-Untersuchungen

Drosselorgan	Q _{Dr} [l/s]	Einstau-/Becken- volumen [m ³]	Einbaujahr	Siehe Bild 104
APA SSD 250	10	105	2016	a)
bgu Waage-Drossel	12	570	2014	b)
bgu Strahl-Drossel	25	387	2003	c)
UFT Turbo-Wirbeldrossel	30	200	2014	d)
Biogest Alpheus Automatik	10	40	2006	e)
Steinhardt HydroSlide Giehlmatic	21,5	365	2009	f)



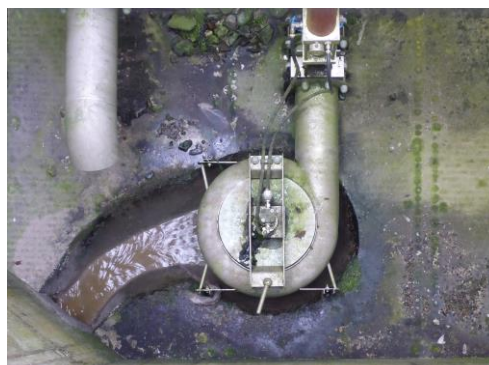
a) APA SSD 250



b) bgu Waage-Drossel



c) bgu Strahl-Drossel



d) UFT Turbo-Wirbeldrossel



e) Biogest Alpheus Automatik



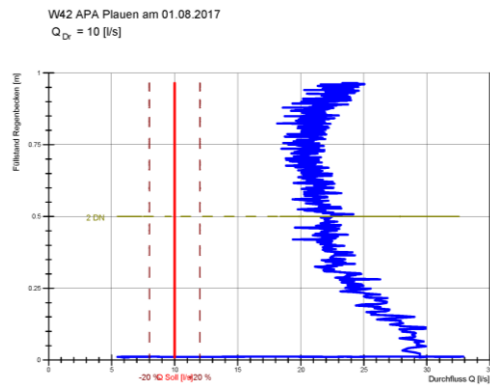
f) Steinhardt HydroSlide Giehlmatic

Bild 104 Drosselorgane für die In-situ-Untersuchungen

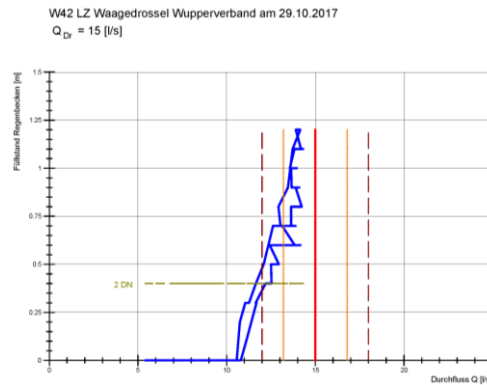
4.6.3 Wesentliche Ergebnisse der In-situ-Untersuchungen

Im Ergebnis zeigten sich für die baulichen Randbedingungen keine Auffälligkeiten, die auf Abweichungen zu den Anforderungen und somit ggf. auf einen nicht regelkonformen Betrieb schließen lassen. Auch der Zustand der einzelnen Drosselorgane sowie die Kontrolle der beweglichen Teile ließen ebenfalls keine Rückschlüsse auf einen nachteilig beeinflussten Betrieb zu.

Mit Blick auf die Auswertung der natürlichen Regenereignisse, welche die Drosselaktivität erkennbar machen, sind in nachstehendem Bild 105 die Diagramme mit den aussagekräftigsten Q(h)-Kennlinien, sofern verfügbar, dargestellt. Dies beinhaltet Ereignisse mit größtem Beckeneinstau sowie vollständiger Entleerung.



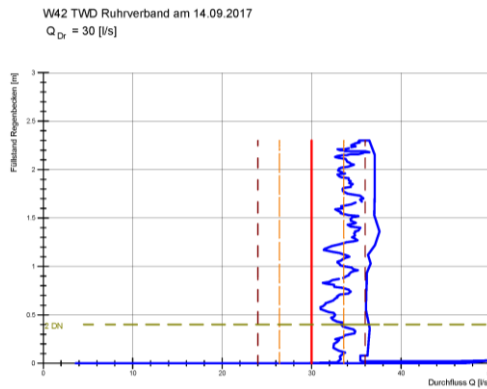
a) APA SSD 250



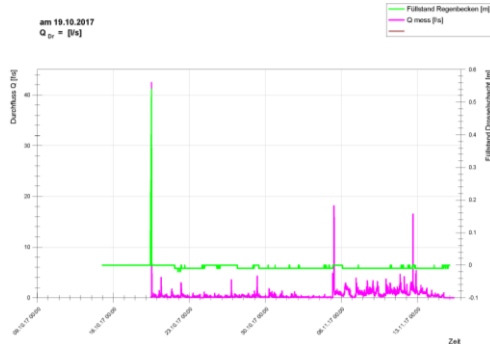
b) bgu Waage-Drossel

Ausfall der Messtechnik während des einzigen Einstauereignisses im Beobachtungszeitraum!

c) bgu Strahl-Drossel



d) UFT Turbo-Wirbeldrossel



e) Biogest Alpheus Automatik

Kein Regenereignis im Beobachtungszeitraum!

f) Steinhardt HydroSlide Giehlmatic

Bild 105 Sofern möglich, Q(h)-Kennlinien als Ergebnisse der In-situ-Messungen; andernfalls Ganglinie oder Erläuterung für das Fehlen einer Q(h)-Kennlinie

Im Einzelnen kann für die erzielten Ergebnisse festgehalten werden:

Die untersuchten Drosselorgane entsprechen in ihrer Bauart denjenigen aus den Systemprüfungen – hier konnten keine signifikanten Unterschiede an relevanten Bauteilen festgestellt werden. Auch die baulichen Randbedingungen entsprechen den Anforderungen für die einzelnen Drosselorgane. Die Ausführung mit Blick auf die Planunterlagen weist keine Abweichungen auf. Erforderliche Bestandsdokumente konnten durch die Netzbetreiber zur Verfügung gestellt werden.

Für zwei Drosselorgane konnten allerdings keine $Q(h)$ -Kennlinien ermittelt werden, um deren Betriebsweise beurteilen zu können. In einem Fall gab es kein Regenereignis in dem Beobachtungszeitraum (HydroSlide Giehlmatic), in einem anderen Fall (Strahl-Drossel) fiel die eingesetzte Messtechnik bei dem einzigen Regenereignis aus. Hier setzte unplanmäßig die Energieversorgung des Akkumulators aus.

Bei dem dritten Drosselorgan (Alpheus Automatik) waren Drosselabflüsse und Einstauverhalten des Regenbeckens unplausibel. Obwohl in dem vierwöchigen Messzeitraum drei Abflussspitzen zu erkennen waren, lag kein nennenswerter Einstau im Regenbecken vor.

Die verbliebenen drei Auswertungen lieferten für die APA SSD, die Waage-Drossel und die Turbo-Wirbeldrossel folgende Ergebnisse:

- $Q(h)$ -Kennlinien entsprechen den Herstellerangaben sowie den Versuchsergebnissen der Systemprüfungen,
- Betriebsverhalten der Drosselorgane, sofern es messtechnisch erfasst werden konnte, war weitgehend unauffällig,
- Falsch-Einstellung der APA SSD, Drosselabfluss entspricht nicht den Vorgaben des Netzbetreibers.

Für letztgenannte Auffälligkeit konnte allerdings abschließend nicht in Erfahrung gebracht werden, warum der Drosselabfluss falsch eingestellt ist. Hierzu ist herauszuheben, dass ohne eine Kontrolle des neu eingebauten Drosselorgans dieses über einen vermutlich langen Zeitraum unplanmäßig betrieben worden wäre mit Blick auf die Drosselabflüsse.

4.7 Fazit aus System- und In-situ-Prüfungen

Im Gesamtblick ist zunächst erkennbar, dass die Drosselorgane der System- und In-situ-Untersuchungen bauartgleich sind. Bauliche Anforderungen bzw. Randbedingungen wurden offensichtlich eingehalten und ließen keine Auffälligkeiten bzw. Beeinflussungen für ein nachteiliges Betriebsverhalten erkennen. Auch die funktionelle Prüfung der Drosselorgane war ohne Auffälligkeiten. War dies nicht der Fall, konnte eine hydraulische Prüfung genauere Auskunft über den Betrieb des Organs und ggf. vorhandene Abweichungen zum Soll-Drosselabfluss geben.

Insbesondere vor dem Hintergrund der Ergebnisse der hydraulischen Untersuchungen im Rahmen der Systemprüfungen muss die Betriebssicherheit einzelner Drosselorgane, z.B. mit Blick auf den Zeitraum zwischen zwei Kalibrierprüfungen, kritisch hinterfragt werden. Im Wesentlichen zeigte sich, dass die Drosselorgane weitgehend betriebssicher sind, wenn Klarwasser verwendet wird. Mit diesem Medium werden die Drosselorgane i.d.R. erstkalibriert im Labor der Hersteller und liefern bei Klarwasser-Prüfungen in situ erwartungsgemäß ein vergleichsweise gutes Ergebnis (vgl. Prüfungen nach SÜwVO Abw [1]).

Jedoch können bereits Abwässer mit anderen Dichten ($> 1,0 \text{ kg/dm}^3$) oder im Abwasser mitgeführte Stoffe wie Sand oder Plastikteile die Funktionsfähigkeit einzelner Drosselorgane negativ beeinflussen bis hin zum vollständigen Funktionsverlust. Je nachdem, wann dieser Zustand in situ eintritt und in der Folge vom Netzbetreiber bemerkt wird, arbeitet das Drosselorgan unplanmäßig bzw. mit unplanmäßigen Drosselabflüssen. Wird weiterhin unterstellt, dass im Falle einer anstehenden Kalibrierprüfung das bis dahin fehlerhaft arbeitende Drosselorgan ausreichend gereinigt wird und bereits dadurch seine Funktionsfähigkeit wieder erlangt mit dem Ergebnis einer bestandenen Prüfung, ergibt sich allerdings für den Großteil der Betriebszeiten ein nicht anforderungskonformer Betrieb.

Bei der Betrachtung der einzelnen Drosselorgane in den Systemprüfungen konnte ein Drosselorgan alle hydraulischen Versuche weitgehend ohne Auffälligkeiten durchlaufen (HydroSlide Giehlmatic) und ein weiteres keine der Prüfungen erfolgreich abschließen (Alpheus Automatik). In beiden Fällen konnten allerdings keine Auffälligkeiten aufgrund von weiteren Beanspruchungen und Belastungen festgestellt werden. Die Betriebsweise konnte in beiden Fällen aufgrund ausbleibender Niederschlagsereignisse einerseits und unplausiblen Messdaten andererseits nicht in situ überprüft werden. Beide Prüfobjekte gehören zu der Kategorie der nass aufgestellten Drosselorgane.

Die vier halb-trocken aufgestellten Produkte zeigen sowohl in situ als auch bei den Systemprüfungen hingegen individuelle Stärken und Schwächen, die mit Blick auf die Einsatzbedingungen vor Ort (Betrieb und Kalibrierung) berücksichtigt werden sollten.

Die SSD 200 erfüllt insbesondere zu Beginn des Prüfprogramms die Anforderungen gemäß SÜwVO Abw [1] mit Klar- und Schmutzwasser, lässt sich auf einen anderen (geringeren) Drosselabfluss umstellen und arbeitet unmittelbar danach weitgehend betriebssicher. Mit steigender Anzahl an hydraulischen und mechanischen Belastungen hingegen werden übliche Anforderungen z.T. nicht erfüllt, darüber hinaus klemmt die

Mechanik und muss für einen regelkonformen Betrieb von Hand in Gang gesetzt werden. Dies war im Rahmen der Systemprüfungen möglich, scheidet allerdings im alltäglichen Betrieb aus. Ggf. sind die Wartungsintervalle in Abstimmung mit dem Hersteller zu verkürzen.

Die Waage-Drossel zeigt ein sicheres Betriebsverhalten insbesondere, wenn es sich bei dem Prüfmedium um Klarwasser handelt. Sofern im Rahmen der Versuche synthetischen Schmutzwasser auf ein gereinigtes oder ungereinigtes Drosselorgan trifft, können übliche Anforderungen (s.o.) nicht in jedem Fall eingehalten werden. Vor diesem Hintergrund ist der anforderungskonforme Betrieb dieses Drosseltyps unter alltäglichen Randbedingungen zu hinterfragen. Um die Anforderungen einhalten zu können, empfiehlt es sich, (Erst-)Kalibrierprüfungen stets mit dem vor Ort anfallenden Medium durchzuführen, um das Drosselorgan darauf einstellen zu können.

Die Strahl-Drossel erweckte im Rahmen der Versuche den Eindruck, vergleichsweise sensitiv auf das verwendete synthetische Schmutzwasser zu reagieren. Auch der Versuch des Herstellers, durch Vergrößern der Abstände von Segmentschutz und Dichtung die Beeinträchtigung der Beweglichkeit und somit der Funktionsfähigkeit zu vermindern, war in diesem Fall jedoch nicht zwingend von Erfolg geprägt. In wie weit dieses Phänomen auf die gesamte Baureihe dieses Drosseltyps übertragbar ist, kann abschließend nicht geklärt werden. In jedem Fall sollte die Funktionsfähigkeit der beweglichen Teile dieses Drosselorgans bzw. -typs ggf. häufiger kontrolliert werden.

Besonderheiten bzgl. der Aufnahme der Drosselungsaktivität lässt die Turbo-Wirbel-drossel erkennen: Das in den Systemprüfungen simulierte Regenereignis lässt einen deutlichen Spülstoß in das unterwasserseitige Netz hindurch fließen. Nachdem das Drosselorgan den Betrieb aufgenommen hat, arbeitet es sicher bis zum Abklingen des Ereignisses. Im Fall von Kalibrierprüfungen – Leerlaufen eines Beckens – zeigte sich die Turbo-Wirbeldrossel ebenfalls träge, bis zum Beginn der Regel-Aktivität. Bis dahin sind in einzelnen Versuchen mehrere Minuten vergangen. Erst danach konnte der Soll-Drosselabfluss zuverlässig abgeführt werden. Ebenfalls erkennbar ist der bei Beckenfüllung geringfügig höhere Drosselabfluss als bei Entleerung des Beckens. Die Einstellung des Soll-Drosselabflusses muss daher derart erfolgen, dass beide Äste von Einstau- und Entleerungsvorgang mit Drosselabflüssen innerhalb der Anforderungen vom Organ geleistet werden können.

Die Untersuchung der Verlegebeseitigungseinrichtungen an den Drosselorganen zeigte, dass diese unter den vorherrschenden Versuchs-Randbedingungen funktioniert. Dabei ist eine Bandbreite bzgl. der beseitigten Störkörper zu berücksichtigen. Jedoch sind in den Versuchen keine dauerhaften Verlegungen mit Funktionsverlust zurückgeblieben. Allerdings ist denkbar, dass im Bereich der Drosselorgane verbliebene Störkörper, die einzeln unproblematisch sind, bei Zufluss von weiteren Objekten zusammen jedoch zu Verlegungen führen können. An dieser Stelle sei wiederum die Bedeutung von Kontrollen der Drosselreinrichtung sowie des -organs nach Einstauereignissen im angeschlossenen Regenbecken hervorgehoben.

Die verwendeten Materialien für die Drosselorgane ließen keine Auffälligkeiten erkennen und somit auch kein Risiko für einen sicheren und dauerhaften Betrieb. Keins der

Prüfobjekte war nach Abschluss der Untersuchungen in einem Zustand, der lediglich die Entsorgung bedeutet hätte.

Die untersuchten Drosselorgane scheinen ausreichend robust zu sein, einen Lebenszyklus zu überstehen, teilweise allerdings mit modellabhängigen Schwächen in Bezug auf den Drosselabfluss.

5 Bewertung der Drosselorgane - Warentestergebnisse

5.1 Bewertungsschema

5.1.1 Überblick

Ziel der IKT-Warentests ist es, am Markt angebotene Produkte, Verfahren bzw. Leistungen zu bewerten, mögliche Verbesserungspotentiale aufzuzeigen und gleichzeitig einen Marktdruck aufzubauen, damit diese Potentiale von den Produkt-, Verfahrens- bzw. Leistungsanbietern auch genutzt werden. Der Kanalnetzbetreiber als Kunde gibt vor, welche Qualitätsanforderungen an die Produkte, Verfahren bzw. Leistungen gestellt werden und wie diese vor diesem Hintergrund zu bewerten sind. Im vorliegenden IKT-Warentest wurden die „Drosselorgane“ einem mehrteiligen Test unterzogen:

„Systemprüfungen“,

„Qualitätssicherung“ und

„Baustellenuntersuchungen“ zur Plausibilitätsprüfung.

Die Bewertungsnote gründet sich auf Ergebnissen der drei Bewertungsschwerpunkte, den „Systemprüfungen“, der „Qualitätssicherung“ und den „Baustellenuntersuchungen“. Die Ergebnisse aus den „Baustellenuntersuchungen“ fließen allerdings ausschließlich in das Kriterium „Besonderen Auffälligkeiten“ im Zuge der „Qualitätssicherung“ ein.

Darüber hinaus werden Zusatzinformationen wie die Kosten für das Drosselorgan und die Aufstellungsart, welche nicht in die Benotung eingehen, in die Gesamtbewertung einbezogen.

Tabelle 36 zeigt das durch die Netzbetreiber festgelegte Bewertungsschema mit den Bewertungsschwerpunkten inkl. Wichtung.

Tabelle 36: Bewertungsschema (Überblick) mit Wichtung

Bewertungsschema (Überblick)			
Systemprüfungen	85 %	Qualitätssicherung	15 %
Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s	35 %	<ul style="list-style-type: none"> • Drosselorgan-Kenndaten (10%) • Garantiebereich (10 %) • Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung (10 %) • Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen (10 %) • Schulungsangebot des Herstellers (10 %) • Qualifikationsnachweise (10 %) • Eigenüberwachung (10 %) • Fremdüberwachung (10 %) • Nachweis des Ex-Schutzes (10 %) • Besondere Auffälligkeiten (10 %) 	
Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s	35 %		
Verlegesicherheit	20 %		
Gesamtzustand nach Nutzungsende	10 %		
Zusatzinformationen (ohne Benotung)	/		

Das detaillierte Bewertungsschema mit den Benotungen der Drosselorgane hinsichtlich der „Systemprüfungen“ und der „Qualitätssicherung“ ist in den nachfolgenden Abschnitten 5.1.2 und 5.1.3 dargestellt. In Abschnitt 5.1.4 werden die Baustellenuntersuchungen beschrieben.

5.1.2 Systemprüfungen

Der Bewertungsschwerpunkt „Systemprüfungen“ geht mit 85 % in das jeweilige Prüfurteil ein und wird mit Noten zwischen „sehr gut (1,0)“ und „ungenügend (6,0)“ bewertet. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die Kriterien Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s (35 %), Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s (35 %), Verlegesicherheit (20 %) und Gesamtzustand nach Nutzungsende (10 %) (vgl. Tabelle 37) ein.

Tabelle 37: Bewertungsschema „Systemprüfungen“

Prüfkriterium und Gewichtung	Bewertung
Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s (35 %) <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach SÜwVO I (hydraulisch mit Klarwasser) (10 %) ▪ nach SÜwVO II (hydraulisch mit Schmutzwasser) (30 %) ▪ auf Betriebstauglichkeit I (Einstau hydraulisch mit Klarwasser) (20 %) ▪ auf Betriebstauglichkeit II (hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt) (40 %) 	Von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s (35 %) <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach SÜwVO I (hydraulisch mit Klarwasser) (10 %) ▪ nach SÜwVO II (hydraulisch mit Schmutzwasser) (30 %) ▪ auf Betriebstauglichkeit I (Einstau hydraulisch mit Klarwasser) (20 %) ▪ auf Betriebstauglichkeit II (hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt) (40 %) 	
Verlegesicherheit (20 %)	
Gesamtzustand nach Nutzungsende (10 %)	

Das Kriterium „**Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s**“ wird anhand von sechs hydraulischen Prüfungen an den Drosselorganen mit insgesamt 35 % bewertet.

Es werden zwei SÜwVO I-Prüfungen (hydraulisch mit Klarwasser) (10 %) nach Einbau und Betriebsbelastung sowie eine SÜwVO II-Prüfung (hydraulisch mit Schmutzwasser) (30 %) nach Einbau durchgeführt. Die SÜwVO I-Prüfungen werden jeweils mit 50 % und die SÜwVO II-Prüfung mit 100 % bewertet.

Zudem werden zwei Betriebstauglichkeit I-Prüfungen (Einstau hydraulisch mit Klarwasser) (20 %) nach Einbau und Betriebsbelastung und eine Betriebstauglichkeit II-Prüfung (hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt) (40 %) nach Betriebsbelastung durchgeführt. Die Betriebstauglichkeit I-Prüfungen werden jeweils mit 50 % und die Betriebstauglichkeit II-Prüfung mit 100 % bewertet.

Die Anzahl der Prüfungen mit der jeweiligen Gewichtung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ ist in Tabelle 38 dargestellt.

Tabelle 38: Anzahl der Prüfungen mit Gewichtung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“

Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s (35 %) - Anzahl der Prüfungen mit Gewichtung -	Bewertung
2 x nach SÜwVO I (hydraulisch mit Klarwasser) (10 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Einbau (50 %) ▪ nach Betriebsbelastung (50 %) 	Von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
1 x nach SÜwVO II (hydraulisch mit Schmutzwasser) (30 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Einbau (100 %) 	
2 x auf Betriebstauglichkeit I (Einstau hydraulisch mit Klarwasser) (20 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Einbau (50 %) ▪ nach Betriebsbelastung (50 %) 	
1 x auf Betriebstauglichkeit II (hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt) (40 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Betriebsbelastung (100 %) 	

Für jedes Drosselorgan wird eine Gesamtnote zwischen 1,0 (sehr gut) und 6,0 (ungenügend) vergeben, die sich aus sechs Einzelnoten für die hydraulischen Prüfungen an den Drosselorganen bei dem Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ zusammensetzt (vgl. Tabelle 38). Die Einzelnoten werden auf Basis der jeweiligen Abweichung der Drosselwassermenge vom Sollwert vergeben (vgl. Tabelle 40).

Das Kriterium „**Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s**“ wird anhand von sieben hydraulischen Prüfungen an den Drosselorganen mit insgesamt 35 % bewertet.

Es werden drei SÜwVO I-Prüfungen (hydraulisch mit Klarwasser) (10 %) nach Umbau, Nutzungsende und Anprallversuchen und eine SÜwVO II-Prüfung (hydraulisch mit Schmutzwasser) (30%) nach Umbau durchgeführt. Die SÜwVO I-Prüfungen werden mit 40 %, 40 % bzw. 20 % und die SÜwVO II-Prüfung mit 100 % bewertet.

Zudem werden zwei Betriebstauglichkeit I-Prüfungen (Einstau hydraulisch mit Klarwasser) (20 %) nach Umbau und Nutzungsende sowie eine Betriebstauglichkeit II-Prüfung (hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt) (40 %) nach Nutzungsende durchgeführt. Die Betriebstauglichkeit I-Prüfungen werden jeweils mit 50 % und die Betriebstauglichkeit II-Prüfung mit 100 % bewertet.

Die Anzahl der Prüfungen mit der jeweiligen Gewichtung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ sind in Tabelle 39 dargestellt.

Tabelle 39: Anzahl der Prüfungen mit Gewichtung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s“

Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s (35 %) - Anzahl der Prüfungen mit Gewichtung -	Bewertung
3 x nach SÜwVO I (hydraulisch mit Klarwasser) (10 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Umbau (40 %) ▪ nach Nutzungsende (40 %) ▪ nach Anprallversuchen (20 %) 	Von „sehr gut (1,0)“ bis „ungenügend (6,0)“
1 x nach SÜwVO II (hydraulisch mit Schmutzwasser) (30 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Umbau (100 %) 	
2 x auf Betriebstauglichkeit I (Einstau hydraulisch mit Klarwasser) (20 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Umbau (50 %) ▪ nach Nutzungsende (50 %) 	
1 x auf Betriebstauglichkeit II (hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt) (40 %): <ul style="list-style-type: none"> ▪ nach Nutzungsende (100 %) 	

Für jedes Drosselorgan wird eine Gesamtnote zwischen 1,0 (sehr gut) und 6,0 (ungenügend) vergeben, die sich aus sieben Einzelnoten für die hydraulischen Prüfungen an den Drosselorganen bei dem Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s“ zusammensetzt (vgl. Tabelle 39). Die Einzelnoten werden auf Basis der jeweiligen Abweichung der Drosselwassermenge vom Sollwert vergeben (vgl. Tabelle 40). Das Bewertungsschema für die Vergabe der Einzelnoten für die hydraulischen Prüfungen ist in Tabelle 40 dargestellt.

Tabelle 40: Bewertungsschema für die hydraulischen Prüfungen bei den Kriterien „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ und „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s“

Bewertung der hydraulischen Prüfungen für die Kriterien „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ und „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase II mit 10 l/s“	Note
Mittelwertabweichung ≤ 5 % und Einzelwertabweichung ≤ 12 % vom Sollwert	1,0
Mittelwertabweichung ≤ 8 % und Einzelwertabweichung ≤ 20 % vom Sollwert	2,0
Mittelwertabweichung ≤ 12 % und Einzelwertabweichung ≤ 20 % vom Sollwert (EKVO, Hessen)	3,0
Einzelwertabweichung ≤ 20 % vom Sollwert (SÜwVO Abw, NRW)	4,0
Einzelwertabweichung ≤ 20 % vom Sollwert wird nicht erfüllt, aber die Form der Kennlinie entspricht den Herstellerangaben (konstant)	5,0
Drossel nicht betriebs- und funktionsfähig	6,0

Bei dem Kriterium „**Verlegesicherheit**“ wird die Fähigkeit der Drosselorgane zur selbstständigen Beseitigung von Störkörpern bewertet.

Zur Bewertung der Verlegesicherheit werden entsprechend dem Bewertungsschema (vgl. Tabelle 41) für Drosselorgane jeweils Kritikpunkte vergeben. Ist kein Verlegerisiko zu beobachten, werden keine Kritikpunkte vergeben. Eine erfolgreiche Beseitigung einer Verlegung wird mit einem Punkt, eine bleibende Verlegung mit Betriebsrisiken mit 3 Punkten bewertet. Sofern eine bleibende Verlegung des Drosselorgans einschließlich Funktionsausfall auftritt, werden 25 Kritikpunkte vergeben.

Aus der Summe der einzelnen Kritikpunkte (vgl. Tabelle 37) wird die Gesamtnote für jedes Drosselorgan zwischen 1,0 (sehr gut) und 6,0 (ungenügend) ermittelt.

Tabelle 41: Bewertungsschema für das Kriterium „Verlegesicherheit“

Kritikpunkte Kein Verlegerisiko – 0 Verlegebeseitigung – 1 Bleibende Verlegung mit Betriebsrisiken – 3 Bleibende Verlegung mit Funktionsausfall – 25	Note
0-2	1,0
3-7	2,0
8-13	3,0
14-20	4,0
21-30	5,0
> 30	6,0

Der „**Gesamtzustand nach Nutzungsende**“ wird für jedes Drosselorgan mit Blick auf die Funktionsfähigkeit und das Korrosionsrisiko bewertet. Die Beurteilung wird von den am IKT-Warentest beteiligten Netzbetreibern anhand einer IKT-Beurteilungsempfehlung, welcher die Lenkungskreismitglieder folgen oder davon abweichen können, mit Notenvergabe vorgenommen. Zudem bestand für alle Lenkungskreismitglieder die Möglichkeit, die einzelnen Drosseln für eine Meinungsbildung zu begutachten (Inaugenscheinnahme).

Für die Bewertung werden nach Abschluss der hydraulischen Prüfungen und vor Ausbau des jeweiligen Drosselorgans aus dem Bauwerk die Gängigkeit der beweglichen Teile sowie das Erscheinungsbild des Organs hinsichtlich der Auffälligkeiten dokumentiert. Anschließend werden die einzelnen Drosselorgane ausgebaut, in kleinste Baugruppen zerlegt und einem Korrosionsangriff mit 40 %-iger FeCl₃-Lösung für die Dauer von einer Woche ausgesetzt. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um ggf. minderwertigere verbaute Werkstoffe zu identifizieren, als vom Hersteller angegeben.

Nachfolgend ist die Vorgehensweise chronologisch dargestellt:

1. Zustand und Funktionsfähigkeit des Drosselorgans nach letzter hydraulischer Prüfung; Beschreibung von Auffälligkeiten, Kontrolle der Gängigkeit;

2. Beschreiben der Arbeiten für den Ausbau des Drosselorgans (Zeitdauer, erforderliches Werkzeug etc.);
3. Zerlegen der einzelnen Organe in Bauteilgruppen für die Durchführung des Korrosionsangriffs;
4. Ergebnisbeurteilung bzgl. des Korrosionsangriffs;
5. Bewertung des Risikos für den Betrieb bzw. die Funktionsfähigkeit nach Nutzungsende.

Für jedes Drosselorgan werden Noten zwischen 1,0 (sehr gut) bis 6,0 (ungenügend) vergeben, wobei die Notenvergabe mittels Nachkommastelle nicht zulässig ist. Die Bewertungsergebnisse der beteiligten Netzbetreiber werden arithmetisch zu einem Gesamtergebnis gemittelt.

In der nachfolgenden Tabelle 42 ist das Bewertungsschema für das Kriterium „Gesamtzustand nach Nutzungsende“ dargestellt.

Tabelle 42: Bewertungsschema für das Kriterium „Gesamtzustand nach Nutzungsende“

Bewertung „Gesamtzustand nach Nutzungsende“	Note
Keine nennenswerten Gebrauchsspuren	1,0
Gebrauchsspuren ohne Korrosionsrisiken	2,0
Gebrauchsspuren mit Korrosionsrisiken	3,0
Risiken für die Funktionsfähigkeit	4,0
Nicht funktionsfähig, aber reparabel	5,0
Nicht funktionsfähig, nicht reparabel	6,0

Zusätzlich zu den beschriebenen Prüfungen werden als „**Zusatzinformationen**“ die nachstehend aufgelisteten Punkte in die Gesamtbewertung (ohne Benotung) einbezogen:

- Vorhandensein beweglicher Teile,
- Bedarf an Fremdenergie,
- Aufstellungsart,
- Gewicht des Drosselorgans,
- Abmessungen des Drosselorgans,
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer/ Abflussspitze,
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer/ Abflussspitze,
- Zeitaufwand für Ein- und Ausbau des Drosselorgans und
- Kosten für das Drosselorgan/ die Umstellung der Drosselwassermenge (ohne MwSt.).

5.1.3 Qualitätssicherung

Im Bewertungspunkt „Qualitätssicherung“ wird untersucht, inwieweit der Anbieter die Qualität seines Produktes überwacht bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung nachweist.

Zu den folgenden Kriterien, die jeweils mit 10 % gewichtet werden, wurden von den Anbietern Unterlagen angefordert und ausgewertet:

- Bereitstellung von **Drosselorgan-Kenndaten**, z.B. Abflussganglinie, Aufmaß der Drosseleinrichtungen (10%)
- Auskunft über die Abweichung der Drosselwassermenge in % vom Sollwert (**Garantiebereich**) (10 %)
- Übergabe einer **Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung** sowie einer FAQ-Liste und Konformitätserklärung, z.B. in Form eines Produkthandbuchs (10 %)
- Übergabe von Vorlagen für **Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen** hinsichtlich Drosselorgan und Einrichtung des Bauwerkes (10 %)
- **Schulungsangebot des Herstellers** für Endkunden hinsichtlich Einbau, Wartung und Inspektion sowie Einweisung vor Ort (10 %)
- **Qualifikationsnachweise** des Hersteller-Personals für Einbau, Wartung und Inspektion (10 %)
- Nachweise der **Eigenüberwachung** (10 %)
- Nachweise der **Fremdüberwachung**, z.B. TÜV, DEKRA (10 %)
- Nachweis des **Ex-Schutzes** (10 %)

Ergänzend wurde auch das Kriterium „**Besondere Auffälligkeiten (10 %)**“ bei der Qualitätssicherung bewertet. Dies galt als bestanden (+), sofern im Zuge der üblichen Begleitung durch das IKT in Labor- und Baustellenuntersuchungen keine zu beanstandenden Besonderheiten beobachtet wurden.

Der Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ geht insgesamt zu 15 % in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt fließen die zehn oben aufgeführten Prüfkriterien ein.

Die Kriterien werden mit „+/-“ (nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bzw. „+/-“ (nachgewiesen/teilweise nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bewertet und fließen mit je 10 % in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ ein. Für die Kriterien „Drosselorgan-Kenndaten“, „Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung, FAQ-Liste, Konformitätserklärung“ und „Vorlage von Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen“ werden jeweils Unterkriterien bewertet (vgl. Tabelle 43). Entsprechend werden dazwischen liegende Kritikpunkte gemäß Bewertungsschema linear interpoliert. In Tabelle 43 ist das Bewertungsschema und auf Bild 106 die lineare Funktion für das Kriterium „Qualitätssicherung“ dargestellt.

Tabelle 43: Bewertungsschema für das Kriterium „Qualitätssicherung“

Kriterien	Bewertung	Gewichtung
Bereitstellung von Drosselorgan-Kenndaten, z.B. Abflussganglinie, Aufmaß der Drosseleinrichtungen	+ / o / -	10 %
Auskunft über die Abweichung der Drosselwassermenge in % vom Sollwert (Garantiebereich)	+ / -	10 %
Übergabe einer Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung sowie einer FAQ-Liste und Konformitätserklärung, z.B. in Form eines Produkthandbuches	+ / o / -	10 %
Übergabe von Vorlagen für Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen hinsichtlich Drosselorgan und Einrichtung des Bauwerkes	+ / o / -	10 %
Schulungsangebot des Herstellers für Endkunden hinsichtlich Einbau, Wartung und Inspektion sowie Einweisung vor Ort	+ / -	10 %
Schulungs- und Qualifikationsnachweise des Hersteller-Personals für Einbau, Wartung und Inspektion	+ / -	10 %
Nachweise der Eigenüberwachung	+ / -	10 %
Nachweise der Fremdüberwachung, z.B. TÜV, DEKRA	+ / -	10 %
Nachweis des Ex-Schutzes	+ / -	10 %
Besondere Auffälligkeiten – Labor- und Baustellenuntersuchungen	+ / -	10 %

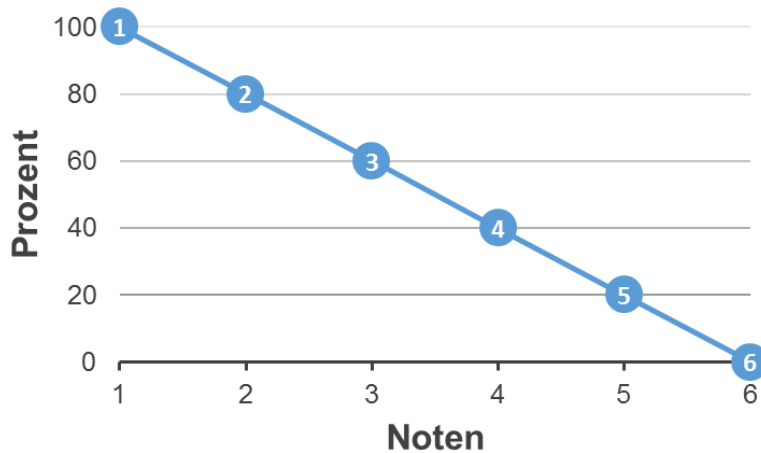


Bild 106 Lineare Funktion zur Bewertung des Kriteriums „Qualitätssicherung“

5.1.4 Baustellenuntersuchungen

Durch die Baustellenuntersuchungen wurde die Plausibilität der hydraulischen Funktionsweise wie Spülstöße, Anlaufwellen, etc. bei den einzelnen Drosselorganen zu den Einsätzen in dem IKT-Versuchsstand überprüft. Zudem wurden die Bauweise und -art der Drosselorgane mit denen der im Labor eingesetzten Produkte verglichen. Darüber

hinaus werden die Baustellenuntersuchungen in der Bewertung der „Qualitätssicherung“ beim Kriterium „Besondere Auffälligkeiten“ herangezogen. Eine detaillierte Darstellung der Baustellenuntersuchungen findet sich in Abschnitt 6.2.

5.2 Testergebnisse

In diesem Abschnitt wird das Ergebnis des Vergleichstests „Drosselorgane“ dargestellt. Die Prüfurteile werden aus den Bewertungsschwerpunkten „Systemprüfungen“ (85 %) und „Qualitätssicherung“ (15 %) gebildet.

5.2.1 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 Nettokosten 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-Wirbel-drossel** unabhängig von der hydraulischen Prüfungsart und Beaufschlagung vielfach zu lange, den geforderten Soll-Drosselabfluss einzustellen. Somit erlaubte das im Warentest von dem Projektlenkungs-kreis 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 Prüfreihenfolge 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. Ein Drosselorgan wurde nicht bewertet, da diese Drossel nach Aussage des Herstellers nicht auf 10 l/s umgestellt werden kann.

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.

Das in der Tabelle dargestellte IKT-Warentest-Siegel „Drosselorgane“ kann auf Wunsch des Anbieters mit der eigenen Testnote an diesen verliehen werden.

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

5.2.2 Systemprüfungen

Die Ergebnisse aus den Systemprüfungen gehen mit 85 % in das jeweilige Prüfurteil ein und wurden mit Noten zwischen „sehr gut (1,0)“ und „ungenügend (6,0)“ bewertet. In diesen Bewertungsschwerpunkt flossen die vier Kriterien „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“ (35 %), „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“ (35 %), „Verlegesicherheit“ (20 %) und „Gesamtzustand nach Nutzungsende“ (10 %) ein (vgl. Abschnitt 5.1.2).

Die Bewertungen der sechs getesteten Drosselorgane hinsichtlich der o.g. Kriterien sowie die daraus hervorgehenden Gesamtnoten für die Systemprüfungen sind in der nachfolgenden Tabelle 44 dargestellt.

Tabelle 44: Benotung der Systemprüfungen „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“, „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“, „Verlegesicherheit“ und „Gesamtzustand nach Nutzungsende“

Prüfkriterien/ Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA-SSD	HydroSlide Giehlmatic	Strahl- Drossel	Waage- Drossel	T-Wirbel- drossel
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s (35%) ¹	6,0	1,9	1,3	5,3	3,4	4,7
Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s (35%) ²	6,0	5,4	1,8	Nicht bewertet	3,6	4,0
Verlegesicherheit (20%) ³	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	2,0
Gesamtzustand nach Nutzungsende (10%) ⁴	1,3	2,0	1,2	2,8	2,0	1,2
Note (100%)⁵	5,1	3,5	1,8	Nicht bewertet	3,5	3,5

* Nicht bewertet, da diese Drossel nach Aussage des Herstellers nicht auf 10 l/s umgestellt werden kann.
¹ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 45 dargestellten Ergebnissen
² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 46 dargestellten Ergebnissen
³ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 47 dargestellten Ergebnissen
⁴ Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 48 dargestellten Ergebnissen
⁵ Mittelwertberechnung mit ungerundeten Werten
 Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0

5.2.2.1 Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s

Das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit - Phase I mit 25 l/s“ wird anhand von sechs hydraulischen Prüfungen an den Drosselorganen mit insgesamt 35 % (vgl. Abschnitt 5.1.2) bewertet.

Für das Ergebnis der sechs hydraulischen Prüfungen wurde entsprechend dem Bewertungsschema in Tabelle 40 jeweils eine Einzelnote vergeben, diese gemäß der Tabelle 38 gewichtet und zu einer Endnote zusammengeführt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bewertung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“.

Tabelle 45: Bewertung der Systemprüfung „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“

Prüfkriterien/ Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA-SSD	HydroSlide Giehlmatic	Strahl- Drossel	Waage- Drossel	T-Wirbel- drossel
SüwVO I (10%)	6,0	1,5	1,5	3,5	1,0	1,5
SüwVO I (E) (50%)	6,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0
SüwVO I (B) (50%)	6,0	2,0	1,0	6,0	1,0	2,0
SüwVO II (30%)	6,0	2,0	1,0	6,0	2,0	5,0
SüwVO II (E) (100%)	6,0	2,0	1,0	6,0	2,0	5,0
Betriebstaug. I (20%)	6,0	1,5	2,0	3,5	1,5	5,0
Betriebstaug. I (E) (50%)	6,0	2,0	2,0	1,0	2,0	5,0
Betriebstaug. I (B) (50%)	6,0	1,0	2,0	6,0	1,0	5,0
Betriebstaug. II (40%)	6,0	2,0	1,0	6,0	6,0	5,0
Betriebstaug. II (B) (100%)	6,0	2,0	1,0	6,0	6,0	5,0
Note (100%)	6,0	1,9	1,3	5,3	3,4	4,7
SüwVO I (E) – hydraulisch mit Klarwasser nach Einbau SüwVO I (B) – hydraulisch mit Klarwasser nach Betriebsbelastung SüwVO II (E) – hydraulisch mit Schmutzwasser nach Einbau Betriebstauglichkeit I (E) – Einstau hydraulisch mit Klarwasser nach Einbau Betriebstauglichkeit I (B) – Einstau hydraulisch mit Klarwasser nach Betriebsbelastung Betriebstauglichkeit II (B) – Einstau hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt nach Betriebsbelastung Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0						

Im Folgenden werden die maßgeblichen Ergebnisse im Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase I mit 25 l/s“ zusammenfassend dargestellt:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „sehr gut (1,3)“ bis „ungenügend (6,0)“. Dabei werden die Noten 1 x „sehr gut“, 1 x „gut“, 1 x „befriedigend“, 2 x „mangelhaft“ und 1 x „ungenügend“ an die Drosselorgane vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 3,8). Demzufolge sind signifikante Notenunterschiede zwischen den einzelnen Drosselorganen vorhanden.
- Das Drosselorgan „Alpheus Typ AA“ konnte bei keiner der Prüfungen die Einzelwertabweichung $\leq 20\%$ vom Sollwert erfüllen. Zudem entsprach die Form der

Kennlinie nicht den Herstellerangaben. Somit erhält das Drosselorgan in diesem Kriterium die Note 6,0.

- Bei Betrachtung der Durchschnittsnoten für die einzelnen Prüfkriterien ist erkennbar, dass die Drosselorgane bei den beiden Klarwasserprüfungen (SüwVO I: 2,5; Betriebstauglichkeit I: 3,3) eine bessere Note als bei den beiden Schmutzwasserprüfungen (SüwVO II: 3,7; Betriebstauglichkeit II: 4,3) erzielen.
- Im Vergleich der unterschiedlichen Zeitpunkte „Einbau“ und „Betriebsbelastung“ mit Blick auf die hydraulischen Prüfungen mit Klarwasser (SüwVO I-Prüfung und Betriebstauglichkeit I-Prüfung) waren bei der Strahl-Drossel gravierende Notenunterschiede erkennbar. Die Prüfungen nach „Einbau“ wurden jeweils mit 1,0 und die nach „Betriebsbelastung“ jeweils mit 6,0 abgeschlossen. Bei den anderen fünf Drosselorganen traten maximal Abweichungen von einer Notenstufe auf.
- Im Vergleich der unterschiedlichen Zeitpunkte „Einbau“ und „Betriebsbelastung“ mit Blick auf die hydraulischen Prüfungen mit Schmutzwasser (SüwVO II-Prüfung und Betriebstauglichkeit II-Prüfung) waren bei der Waage-Drossel gravierende Notenunterschiede erkennbar. Die Prüfung nach „Einbau (SüwVO II)“ wurde mit 2,0 und nach „Betriebsbelastung (Betriebstauglichkeit II)“ mit 6,0 abgeschlossen. Bei den anderen fünf Drosselorganen traten keine Notenabweichungen auf.

5.2.2.2 Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s

Das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“ wird anhand von sieben hydraulischen Prüfungen an den Drosselorganen mit insgesamt 35 % (vgl. Abschnitt 5.1.2) bewertet.

Für das Ergebnis der sieben hydraulischen Prüfungen wurde entsprechend dem Bewertungsschema in Tabelle 40 jeweils eine Einzelnote vergeben, diese gemäß der Tabelle 39 gewichtet und zu einer Endnote zusammengeführt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Bewertung für das Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“.

Tabelle 46: Bewertung der Systemprüfung „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“

Prüfkriterien/ Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA-SSD	HydroSlide Giehlmatic	Strahl-Drossel	Waage-Drossel	T-Wirbel-drossel
SüwVO I (10%)	6,0	2,0	2,2	Nicht bewertet	2,0	3,0
SüwVO I (U) (40%)	6,0	2,0	2,0	Nicht bewertet	2,0	3,0
SüwVO I (N) (40%)	6,0	2,0	3,0	Nicht bewertet	2,0	3,0
SüwVO I (N-A) (20%)	6,0	2,0	1,0	Nicht bewertet	2,0	3,0
SüwVO II (30%)	6,0	6,0	1,0	Nicht bewertet	1,0	5,0
SüwVO II (U) (100%)	6,0	6,0	1,0	Nicht bewertet	1,0	5,0
Betriebstaug. I (20%)	6,0	5,0	2,5	Nicht bewertet	3,5	5,0
Betriebstaug. I (U) (50%)	6,0	5,0	2,0	Nicht bewertet	5,0	5,0
Betriebstaug. I (N) (50%)	6,0	5,0	3,0	Nicht bewertet	2,0	5,0
Betriebstaug. II (40%)	6,0	6,0	2,0	Nicht bewertet	6,0	3,0
Betriebstaug. II (N) (100%)	6,0	6,0	2,0	Nicht bewertet	6,0	3,0
Note (100%)	6,0	5,4	1,8	Nicht bewertet*	3,6	4,0

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

SüwVO I (U) – hydraulisch mit Klarwasser nach Umbau

SüwVO I (N) – hydraulisch mit Klarwasser nach Nutzungsdauer

SüwVO I (N-A) – hydraulisch mit Klarwasser nach Anprallversuch

SüwVO II (U) – hydraulisch mit Schmutzwasser nach Umbau

Betriebstauglichkeit I (U) – Einstau hydraulisch mit Klarwasser nach Umbau

Betriebstauglichkeit I (N) – Einstau hydraulisch mit Klarwasser nach Nutzungsende

Betriebstauglichkeit II (N) – Einstau hydraulisch mit Schmutzwasser, Drosselzustand ungereinigt nach Nutzungsende

Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0

Im Folgenden werden die maßgeblichen Ergebnisse im Kriterium „Hydraulische Funktionsfähigkeit – Phase II mit 10 l/s“ zusammenfassend dargestellt:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „gut (1,8)“ bis „ungenügend (6,0)“. Dabei werden die Noten 1 x „gut“, 2 x „ausreichend“, 1 x „mangelhaft“ und 1 x „ungenügend“ an die Drosselorgane vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 4,2). Demzufolge sind signifikante Notenunterschiede zwischen den einzelnen Drosselorganen vorhanden. Die Strahl-Drossel kann nach Aussage des Herstellers nicht auf 10 l/s umgestellt werden, daher war die Drossel nicht bewertbar.
- Das Drosselorgan „Alpheus Typ AA“ konnte bei keiner der Prüfungen die Einzelwertabweichung $\leq 20\%$ vom Sollwert erfüllen. Zudem entsprach die Form der Kennlinie nicht den Herstellerangaben. Somit erhält das Drosselorgan in diesem Kriterium die Note 6,0.
- Bei Betrachtung der Durchschnittsnote für die einzelnen Prüfkriterien ist erkennbar, dass die Drosselorgane bei der Klarwasserprüfung SüwVO I (3,0) die beste und bei der Schmutzwasserprüfung II (4,6) die schlechteste Note erzielen.
- Im Vergleich der unterschiedlichen hydraulischen Prüfungen mit Klarwasser (SüwVO I -und Betriebstauglichkeit I-Prüfung) waren bei 4 von 5 Drosselorganen Notenunterschiede erkennbar. Der gravierendste Notenunterschied lag mit drei Notenstufen bei der „APA-SSD“ vor.
- Im Vergleich der unterschiedlichen Zeitpunkte „Umbau“ und „Nutzungsdauer“ mit Blick auf die hydraulischen Prüfungen mit Schmutzwasser (SüwVO II -und Betriebstauglichkeit II-Prüfung) waren bei der Waage-Drossel gravierende Notenunterschiede erkennbar. Die Prüfung nach „Umbau (SüwVO II)“ wurde mit 1,0 und nach „Nutzungsdauer (Betriebstauglichkeit II)“ mit 6,0 abgeschlossen. Bei der „HydroSlide Giehlmatic“ und „T-Wirbeldrossel“ traten maximal Abweichungen von einer bzw. zwei Notenstufen auf. Bei den weiteren zwei Drosselorganen waren keine Notenabweichungen vorhanden.

5.2.2.3 Verlegesicherheit

Bei dem Kriterium „Verlegesicherheit“ wird die Fähigkeit der Drosselorgane zur selbstständigen Beseitigung von Störkörpern bewertet.

Zur Bewertung der Verlegesicherheit werden entsprechend dem Bewertungsschema (vgl. Tabelle 6) für Drosselorgane jeweils Kritikpunkte vergeben. Ist kein Verlegerisiko zu beobachten, werden keine Kritikpunkte vergeben. Eine erfolgreiche Beseitigung einer Verlegung wird mit einem Punkt, eine bleibende Verlegung mit Betriebsrisiken mit 3 Punkten bewertet. Sofern eine bleibende Verlegung des Drosselorgans einschließlich Funktionsausfall auftritt, werden 25 Kritikpunkte vergeben. Aus der Summe der einzelnen Kritikpunkte (vgl. Tabelle 2) wird die Gesamtnote für jedes Drosselorgan zwischen 1,0 (sehr gut) und 6,0 (ungenügend) ermittelt.

Die nachfolgende Tabelle 47 zeigt die Bewertung für das Kriterium „Verlegesicherheit“.

Tabelle 47: Bewertung der Systemprüfung „Verlegesicherheit“

Kritikpunkte ^{1/} Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA- SSD	HydroSlide Giehlmatic	Strahl- Drossel	Waage- Drossel	T-Wirbel- drossel
1xBohrkern (L=10cm, D=10cm)	0	1	0	3	3	3
1xMW-Halbklinker (LxBxH: 12x11,5x7cm)	0	1	0	3	3	3
1xHolzstab mit (L=20cm, D=5mm)	0	3	0	0	0	0
1xHolzstab mit (L=20cm, D=10mm)	0	3	0	0	0	0
1xHolzstab mit (L=20cm, D=20mm)	0	3	0	0	0	0
1xSteinzeugscherben (LxB: 5x5cm, D=3cm)	0	0	0	0	0	0
1xSteinzeugscherben (LxB: 7,5x7,5cm, D=3cm)	0	0	0	3	3	0
1xSteinzeugscherben (LxB: 10x10cm, D=3cm)	0	0	0	3	3	0
Nacheinander 1xKondom/ 1xTampon/ 1xBinde/ 1xWindel	0	0	1	0	0	0
Nacheinander 2xKondom/ 2xTampon/ 2xBinde/ 2xWindel	1	0	1	0	0	0
Nacheinander 3xKondom/ 3xTampon/ 3xBinde/ 3xWindel	1	1	1	1	1	0
Nacheinander 4xKondom/ 4xTampon/ 4xBinde/ 4xWindel	3	1	1	1	1	0
Nacheinander 5xKondom/ 5xTampon/ 5xBinde/ 5xWindel	3	1	1	1	1	0
Zusammen 1xKondom/ 1xTampon/ 1xBinde/ 1xWindel	0	0	1	0	0	0
Zusammen 2xKondom/ 2xTampon/ 2xBinde/ 2xWindel	1	0	1	0	0	0
Zusammen 3xKondom/ 3xTampon/ 3xBinde/ 3xWindel	1	1	1	1	1	0
Zusammen 4xKondom/ 4xTampon/ 4xBinde/ 4xWindel	3	1	1	1	1	0
Zusammen 5xKondom/ 5xTampon/ 5xBinde/ 5xWindel	3	1	1	1	1	0
Summe Kritikpunkte	16	17	10	18	18	6
Note (100%)²	4,0	4,0	3,0	4,0	4,0	2,0
<p>¹ Kritikpunkte: Kein Verlegerisiko – 0 / Verlegebeseitigung – 1 / Bleibende Verlegung mit Betriebsrisiken – 3 / Bleibende Verlegung mit Funktionsausfall – 25</p> <p>² Die Bewertung basiert auf den detailliert in Tabelle 41 dargestellten Bewertungsschema Notenschlüssel: sehr gut = 1,0 / gut = 2 / befriedigend = 3 / ausreichend = 4 / mangelhaft = 5 und ungenügend = 6</p>						

Im Folgenden werden die maßgeblichen Ergebnisse im Kriterium „Verlegesicherheit“ zusammenfassend dargestellt:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „gut (2,0)“ bis „ausreichend (4,0)“. Dabei werden die Noten 1 x „gut“, 1 x „befriedigend“ und 4 x „ausreichend“ an die Drosselorgane vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 3,5).
- Jeder Störfall konnte mindestens von einem Drosselorgan ohne Verlegerisiko beseitigt werden. Bei 57 von 108 (ca. 53 %, 0 Kritikpunkte) einzelnen Störfall-Simulationen war insgesamt kein Verlegerisiko erkennbar. In 32 % (34x, 1 Kritikpunkt) konnte ein Störfallkörper identifiziert und anschließend beseitigt werden. Eine bleibende Verlegung mit Betriebsrisiken kam in 15 % (17x, 3 Kritikpunkte) vor. Bei allen sechs getesteten Drosselorganen konnte keine bleibende Verlegung mit Funktionsausfall festgestellt werden (25 Kritikpunkte).
- Bei den Störkörpern Bohrkern und Mauerwerkshalbklinker erhielten die Drosselorgane in der Summe die meisten Kritikpunkte. Die Drosselorgane „Alpheus Typ AA“ und „HydroSlide Giehlmatic“ zeigten dabei keine Auffälligkeiten. Die weiteren vier Drosselorgane erhielten jeweils Kritikpunkte für die beiden Störkörper.
- Das Drosselorgan „APA-SSD“ zeigte bei den drei Holzstäben jeweils eine bleibende Verlegung mit Betriebsrisiken. Alle anderen Drosseln blieben ohne Auffälligkeiten.
- Die Steinzeugscherben führten ab einer Größe von 7,5 x 7,5 x 3 cm lediglich bei der Strahl-Drossel und Waagedrossel zu Kritikpunkten. Bei den weiteren Drosselorganen konnte allesamt kein Verlegerisiko festgestellt werden.
- Bei den Störfall-Simulationen mit den Hygieneartikeln war erkennbar, dass mit der steigenden Anzahl der Hygieneartikel sich ebenfalls die Summe der Kritikpunkte erhöht. Hierbei hat das nacheinander oder zusammen Einwerfen der Störkörper keinen relevanten Einfluss.

5.2.2.4 Gesamtzustand nach Nutzungsende

Bei diesem Kriterium wird der „**Gesamtzustand nach Nutzungsende**“ für jedes Drosselorgan mit Blick auf die Funktionsfähigkeit und das Korrosionsrisiko bewertet. Die Beurteilung wird von den am IKT-Warentest beteiligten Netzbetreibern anhand einer IKT-Beurteilungsempfehlung, welcher die Lenkungskreismitglieder folgen oder davon abweichen können, mit Notenvergabe vorgenommen. Zudem bestand für alle Lenkungskreismitglieder die Möglichkeit, die einzelnen Drosseln für eine Meinungsbildung zu begutachten (Inaugenscheinnahme).

Für jedes Drosselorgan werden Noten zwischen 1,0 (sehr gut) bis 6,0 (ungenügend) vergeben, wobei die Notenvergabe mittels Nachkommastelle nicht zulässig ist. Die Bewertungsergebnisse der beteiligten Netzbetreiber werden arithmetisch zu einem Gesamtergebnis gemittelt.

Die nachfolgende Tabelle 48 zeigt die Bewertung für das Kriterium „Gesamtzustand nach Nutzungsende“.

Tabelle 48: Bewertung der Systemprüfung „Gesamtzustand nach Nutzungsende“

Prüfkriterium/ Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA- SSD	Hydro- Slide Giehlma- tic	Strahl- Drossel	Waage- Drossel	T-Wirbel- drossel
Note Gesamtzustand nach Nutzungs- ende	1,3	2,0	1,2	2,8	2,0	1,2

Im Folgenden werden die maßgeblichen Ergebnisse im Kriterium „Gesamtzustand nach Nutzungsende“ zusammenfassend dargestellt:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „sehr gut (1,0)“ bis „befriedigend (3,0)“. Dabei werden die Noten 3 x „sehr gut“, 2 x „gut“ und 1 x „befriedigend“ an die Drosselorgane vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 1,8).
- Bei den Drosselorganen, „HydroSlide Giehlmatic“, „T-Wirbeldrossel“ und „Alpheus Typ AA“ waren im Wesentlichen nach Ablauf des Programms keine nennenswerten Gebrauchsspuren erkennbar, daher werden diese mit der Note 1,2, 1,2 und 1,3 bewertet. Die Drosselorgane „APA-SSD“ und „Waagedrossel“ zeigten Gebrauchsspuren ohne Korrosionsrisiko (Note 2,0). Es wird die Note 2,8 für die Strahldrossel vergeben, da im Wesentlichen Gebrauchsspuren mit Korrosionsrisiken vorhanden waren.

Zusatzinformationen

Mit Blick auf die Zusatzinformationen wurden folgende Kriterien bewertet:

- Vorhandensein beweglicher Teile,
- Bedarf an Fremdenergie,
- Aufstellungsart,
- Gewicht des Drosselorgans,
- Abmessungen des Drosselorgans,
- Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer/ Abflussspitze,
- Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer/ Abflussspitze,
- Zeitaufwand für Ein- und Ausbau des Drosselorgans und
- Kosten für das Drosselorgan/ die Umstellung der Drosselwassermenge (ohne MwSt.).

Die Tabelle 49

Tabelle 49 zeigt die Ergebnisse der Zusatzinformationen.

Tabelle 49: Ergebnisse der Zusatzinformationen

Zusatzinformationen/ Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA-SSD	HydroSlide Giehlmatic	Strahl- Drossel	Waage- Drossel	T-Wirbel- drossel
Vorhandensein beweglicher Teile	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Bedarf an Fremdenergie	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Aufstellungsart	nass	halbtrocken	nass	halbtrocken	halbtrocken	halbtrocken
Gewicht der Drossel [kg] (ca.)	120	430	170	150	170	140
Abmessungen der Drossel L x B x H [m]	0,9x0,4x2,0	1,7x0,9x1,4	0,7x0,9x1,5	0,8x0,4x1,1	1,6x0,5x1,0	1,1x0,7x0,7 ¹ ; 0,3x0,3x1,6 ²
Vorhandensein eines Spülstoßes/ Zeitdauer [s]/ Abflussspitze [l/s]	ja / 120 / 18	ja / 30 / 13	nein / - / -	ja / 60 / 37	nein / - / -	ja / 240 / 36
Vorhandensein einer Anlaufwelle/ Zeitdauer [s]/ Abflusshöhe [l/s]	nein / - / -	ja / 90 / 13	nein / - / -	nein / - / -	nein / - / -	ja / 90 / 74
Zeitaufwand für Ein- / Um- und Ausbau [min]	140/100/20	95/240/20	85/180/20	165/10/20	95/5/20	100/60/20
Kosten (netto) [EUR]: Drossel Montage Umbau	6581,00 680,00 1080,00	7550,00 1450,00 1450,00	7490,00 1000,00 1450,00	7620,00 inklusive nicht be- rechnet	7460,00 inklusive nicht be- rechnet	9819,00 796,00 689,00
¹ Wirbelkammer und ² Schieber: Die Drossel besteht aus zwei Einzelteilen.						

5.2.3 Qualitätssicherung

Im Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ wurde untersucht, inwieweit jeder einzelne Anbieter die Qualität seiner Produkte überwacht bzw. Maßnahmen zur Qualitätssicherung einleitet. Dieses Kriterium ging insgesamt zu 15 % in das jeweilige Prüfurteil ein. In den Bewertungsschwerpunkt flossen die zehn Kriterien „Drosselorgan-Kenndaten“, „Garantiebereich der Drosselwassermengen in %“, „Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung, FAQ-Liste, Konformitätserklärung“, „Nachweis des Ex-Schutzes“, „Vorlage von Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen“, „Schulungsangebot des Herstellers“, „Qualifikationsnachweise des Hersteller-Personals“, „Nachweise der Fremdüberwachung“, „Nachweise der Eigenüberwachung“ und „Besondere Auffälligkeiten“ ein. Die Kriterien werden mit „+/-“ (nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bzw.

„+/o/-“ (nachgewiesen/teilweise nachgewiesen/nicht nachgewiesen) bewertet und fließen mit je 10 % in die Note für den Bewertungsschwerpunkt „Qualitätssicherung“ ein. Für die Kriterien „Drosselorgan-Kenndaten“, „Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung, FAQ-Liste, Konformitätserklärung“ und „Vorlage von Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen“ werden jeweils Unterkriterien bewertet (vgl. Kapitel 5.1.3).

Alle Anbieter reagierten auf die Anfrage des IKT, Unterlagen zu den Punkten der Qualitätssicherung einzureichen bzw. vorzulegen. Die eingereichten Unterlagen wurden gesichtet und hinsichtlich ihrer Vollständigkeit sowie ihres Bezugs zum geprüften Verfahren überprüft. Abschließend wurde eine Bewertung bzw. Benotung vorgenommen.

Die nachfolgende Tabelle 50 zeigt die Bewertung der einzelnen Prüfkriterien und die sich daraus ergebenden Noten.

Tabelle 50 Benotung des Bewertungsschwerpunktes „Qualitätssicherung“

Kriterien/ Drosselorgane	Alpheus Typ AA	APA-SSD	Hydro- Slide Giehlma- tic	Strahl- Drossel	Waage- Drossel	T-Wirbel- drossel
Drosselorgan-Kenndaten (10%)	+	+	+	+	+	+
Garantiebereich der Drosselwas- sermengen in % (10%)	-	+	+	+	+	+
Betriebs-, Wartungs- und Einbau- anleitung, FAQ-Liste, Konformi- tätserklärung (10%)	+	o	+	+	+	+
Vorlage von Betriebsanweisun- gen und Gefährdungsbeurteilun- gen (10%)	-	-	-	+	+	-
Schulungsangebot des Herstel- lers (10%)	-	-	-	-	-	-
Qualifikationsnachweise des Her- steller-Personals (10%)	-	+	-	-	-	-
Nachweise der Eigenüberwa- chung (10%)	-	+	-	-	-	+
Nachweise der Fremdüberwa- chung (10%)	-	+	+	+	+	-
Nachweis des Ex-Schutzes (10%)	+	+	-	+	+	+
Besondere Auffälligkeiten (10%) ¹	+	+	+	+	+	+
Note (100%)	4,0	2,0	3,5	2,5	2,5	3,0
Bewertung: „+“ nachgewiesen „o“ teilweise nachgewiesen „-“ nicht nachgewiesen ¹ Kriterium galt als bestanden (+), sofern im Zuge der Labor- und Baustellenuntersuchungen keine zu bean- stehenden Besonderheiten beobachtet wurden. Notenschlüssel: 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 und ungenügend = 5,6-6,0						

Im Ergebnis des Bewertungsschwerpunktes „Qualitätssicherung“ zeigte sich, dass kein Anbieter der getesteten Drosselorgane sämtliche Prüfkriterien nachweisen konnte. Einzelne Anbieter wiesen dabei zum Teil deutliche Defizite bei den verschiedenen Kriterien auf. Besonders auffallend war, dass das Kriterium „Schulungsangebot des Herstellers“ von keinem Anbieter nachgewiesen wurde.

Im Gesamtblick der Ergebnisse lassen sich folgende Erkenntnisse zusammenfassen:

- Die Spanne der Gesamtnoten reicht von „gut (2,0)“ bis „ausreichend (4,0)“. Dabei werden die Noten 3 x „gut“, 2 x „befriedigend“ und 1 x „ausreichend“ an die Anbieter vergeben (Durchschnitt Gesamtnote 2,9).
- Das Kriterium „Drosselorgan-Kenndaten“ mit den Unterkriterien „Abflussganglinie“ und „Aufmaß der Drosseleinrichtung“ konnte von allen Anbietern nachgewiesen werden.
- Fünf von sechs Anbietern tätigten eine Angabe zum Kriterium „Garantiebereich der Drosselwassermengen in %“. Lediglich der Drosselorgan-Anbieter für „Alpheus Typ AA“ lieferte keine Informationen zu diesem Kriterium.
- Bei dem Kriterium „Betriebs-, Wartungs- und Einbauanleitung, FAQ-Liste, Konformitätserklärung“ konnte alle Anbieter den Nachweis für die „Betriebs- und Wartungsanleitung“ und „Konformitätserklärung“ erbringen. Bei „Einbauanleitung“ wiesen fünf von sechs Anbietern das Kriterium nach. Lediglich der Anbieter mit dem Drosselorgan „APA-SSD“ konnte dieses Kriterium nicht nachweisen. Den Nachweis für die „FAQ-Liste“ konnte lediglich der Anbieter für das Drosselorgan „Alpheus Typ AA“ erbringen.
- Fünf von sechs Anbietern konnten den Nachweis für das Kriterium „Nachweis des Ex-Schutzes“ erbringen. Lediglich der Anbieter für das Drosselorgan „HydroSlide Giehlmatic“ konnte das Kriterium nicht nachweisen.
- Das Kriterium „Vorlage von Betriebsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen“ wurde lediglich von einem Anbieter für die Drosselorgane „Strahl-Drossel“ und „Waage-Drossel“ erfüllt.
- Keiner der Anbieter konnte den Nachweis für das Kriterium „Schulungsangebot des Herstellers“ erbringen.
- Das Kriterium „Qualifikationsnachweise des Hersteller-Personals“ konnte lediglich von einem Anbieter für das Drosselorgan „APA-SSD“ nachgewiesen werden.
- Vier von sechs Anbietern konnten „Nachweise zur Fremdüberwachung“ vorlegen.
- Den Nachweis für das Kriterium „Eigenüberwachung“ konnten die Anbieter für die Drosselorgane „APA-SSD“ und „Turbo-Wirbeldrossel“ erbringen.

Alle Anbieter zeigten im Zuge der Labor- und In-situ-Untersuchungen keine besonderen Auffälligkeiten.

5.3 Warentest-Prüfzeugnisse

In den nachfolgenden Abschnitten werden für die einzelnen Drosselorgane deren Warentest-Prüfzeugnisse detailliert dargestellt.


Das Warentest-Prüfzeugnis enthält für jedes System folgende Informationen:

- Testergebnis (IKT – Gesamturteil mit den Noten für die Bewertungsschwerpunkte „Systemprüfungen“ und „Qualitätssicherung“)
- Gesamteindruck
- Zusatzinformationen, z. B. aus Baustellenbeobachtungen

5.3.1 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

5.3.2 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

5.3.3 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

5.3.4 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

5.3.5 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

5.3.6 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

6 Einzeluntersuchungen an Drosseleinrichtungen

6.1 Untersuchungsprogramm

Im Rahmen des Vorhabens wurden an Drosselorganen in situ umfangreiche Untersuchungen vorgenommen:

- Zum einen sind die in Abschnitt 4.6 bereits beschriebenen Untersuchungen zu erwähnen, die für die Prüfobjekte des Warentests im Sinne einer Plausibilitätsprüfung durchgeführt wurden. Hier wurde bereits entsprechende Messtechnik installiert, um das Betriebsverhalten im Regenwetterfall zu erfassen.
- Zum anderen wurde bei diesen sechs Drosselorganen in einem weiteren Schritt deren **Betriebsverhalten** mit Blick auf das Zusammenspiel von Schwimmerweg, Blendenöffnungsweite und Höhenstand des Wassers im Regenbecken erfasst (vgl. Abschnitt 6.2). Mit diesen Untersuchungen sollen Hinweise für die so genannte „trockene Kalibrierung“ gewonnen werden.
- Darüber hinaus wurden 36 weitere Drosseleinrichtungen, die allesamt durch Probleme im Betriebsverhalten oder aber Schwierigkeiten bei Durchführung von Kalibrierprüfungen aufgefallen sind („**HOTSPOT**“-Anlagen, vgl. Abschnitt 6.3 und Übersichtstabelle in Abschnitt 6.3.1). Hier steht das Finden einer Lösung für das jeweilige Problem mit der Anlage im Vordergrund sowie ggf. die Ursache des Problems. Die Prüfberichte zu diesen Anlagen liegen den Lenkungskreismitgliedern vor, in deren Netzen sich diese Drosseleinrichtungen befinden.

Im Rahmen einer **Sonderbetrachtung** – da sie nicht den hydromechanischen Drosselorganen zugehörig sind – wurden auch noch **MID-Schiebersysteme** untersucht (vgl. Abschnitt 6.4). Bei den Lenkungskreismitgliedern wurden dazu MID-Anlagen ausfindig gemacht, die im Betrieb entweder störungsfrei arbeiteten oder aber Auffälligkeiten zeigten. Anhand dieser Untersuchungen wurden ergänzende Hinweise für Planung, Bau und Betrieb dieser speziellen Systeme erarbeitet (vgl. Abschnitt 7.5).

6.2 Ermittlung des Betriebsverhaltens von Drosseleinrichtungen

6.2.1 Vorgehensweise

Die untersuchten Drosselorgane sind in Abschnitt 4.6 dargestellt. Sofern die Randbedingungen es zuließen, wurde eine hydraulische Kalibrierprüfung gem. SüwVO Abw [1] durchgeführt. Sofern Randbedingungen und Drosselorgan bei dieser Prüfung die Ausrüstung mit Messtechnik ermöglichten, wurden die Bewegungen mechanischer Bauteile durch Erfassung des Zusammenhangs zwischen Schwimmerweg, Höhenstand des Wassers im Regenbecken (Weglängenmessgerät) und Blendenöffnungsweite messtechnisch erfasst.

Nach Erfassen und Auswerten dieser Daten erfolgte die theoretische Berechnung des Drosselabflusses auf Basis der vor Ort erfassten Kennwerte unter Berücksichtigung der Steuerfunktion des Drosselorgans. Diese so genannte „Trockene Kalibrierung“, die in Sonderfällen in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde (z.B. Bezirksregierung) die nicht durchführbare, hydraulische Kalibrierung ersetzen darf, wurde in der Folge verifiziert. Diese Ergebnisse wurden anschließend mit denjenigen der Laboruntersuchungen

sowie der ggf. zuvor in situ durchgeführten hydraulischen Kalibrierung verglichen. Abschließend wurde die Qualität der theoretischen Berechnung bewertet.

An den Drossleinrichtungen, bei denen eine Ausrüstung mit Messtechnik möglich war (u.a. kein besonderer EX-Schutz erforderlich, keine Beeinflussung der Drossel-Technik), sind zusätzlich zu den Weglängenmessgeräten Höhenstandsmessungen ergänzt worden. Auf diese Weise konnte der Zusammenhang zwischen Wasserständen und Steuerbewegungen der Drosselorgane messtechnisch erfasst werden.

Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch Daten aus den HOTSPOT-Untersuchungen (vgl. Abschnitt 6.3) und anonymisierten Messdaten aus der Tätigkeit der staatlich anerkannten IKT-Prüfstelle für Durchflussmessung bei jenen Drosseln, bei denen häufig „trockene Kalibrierungen“ durchgeführt werden.

6.2.2 Versuchsablauf

Im Rahmen der In-situ-Untersuchungen wurde in einem ersten Schritt der optische Zustand der Drosselorgane sowie die Funktionstüchtigkeit der vorhandenen Mechanik überprüft und bewertet. Durch Anheben des Schwimmers oder anderen beweglichen Teilen wird die Leichtgängigkeit und die damit verbundene Funktionstüchtigkeit der Abflussblende überprüft und dokumentiert.

Im zweiten Arbeitsschritt wurde die Steuerbewegung des Drosselorgans, z. B. durch Erfassung des Zusammenhangs zwischen Schwimmerweg und Blendenöffnungsweite, messtechnisch erfasst. Dieser Vorgang wird parallel zur hydraulischen Kalibrierung durchgeführt. Das Übersetzungsverhältnis zwischen dem Schieberweg und anderen beweglichen Teilen kann für weitere Schritte genutzt werden. Der Schieber ist zumeist von verschiedenen Bauteilen wie Hauben überdeckt und mitunter schwer zugänglich. Für den Versuch im Trockenen können Bauteile, welche die Drosselfunktion des Organs nicht negativ beeinträchtigen, demontiert und nach dem Messvorgang wieder montiert werden.

Im dritten Arbeitsschritt werden die Weglängenmessgeräte durch eine Höhenstandsmessung ergänzt, so dass die Zusammenhänge zwischen Wasserständen und Steuerbewegungen der Drosselorgane messtechnisch erfasst werden können.

6.2.3 Entwicklung eines Konzeptes für den Einbau der Messtechnik

Um die wesentlichen Informationen und Daten der Drosselorgane erfassen zu können, ist es wichtig, die Messgeräte an den richtigen und erreichbaren Stellen zu installieren. Der Seilwegaufnehmer benötigt hierfür z.B. eine Befestigungsmöglichkeit, an der eine Klammer angebracht werden kann. Darüber hinaus darf die installierte Messtechnik die Drosselfunktion nicht negativ beeinflussen.

Eingesetzte Messtechnik für die Durchflussmessung

Zur Messung des Durchflusses wurde ein Nivus Pipe Profiler eingesetzt. Allerdings war stets ein Höhenversatz im Drosselbauwerk von ca. 1,0 m wegen der Dükerung erforderlich und es musste ein ausreichendes Gefälle in der Ablaufleitung vorliegen, damit der Drosselabfluss rückstaufrei abgeführt werden konnte. Durch eine Dükerung mittels

eines 90°-Bogens konnte eine Vollfüllung des Rohres erreicht werden und es wurden optimale Messbedingungen geschaffen.

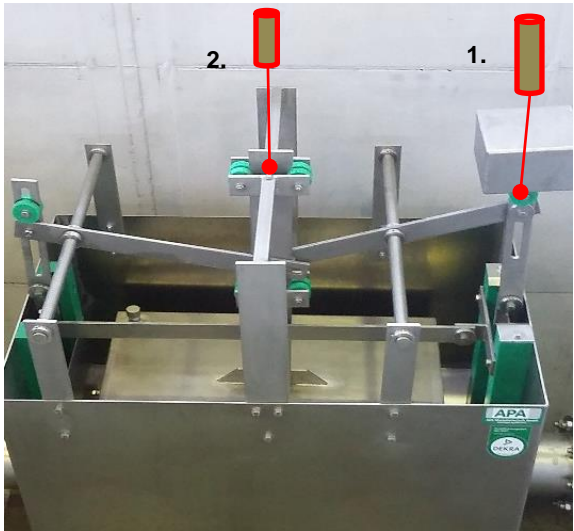
Messinstrumente zur Aufnahme der Schieberbewegung

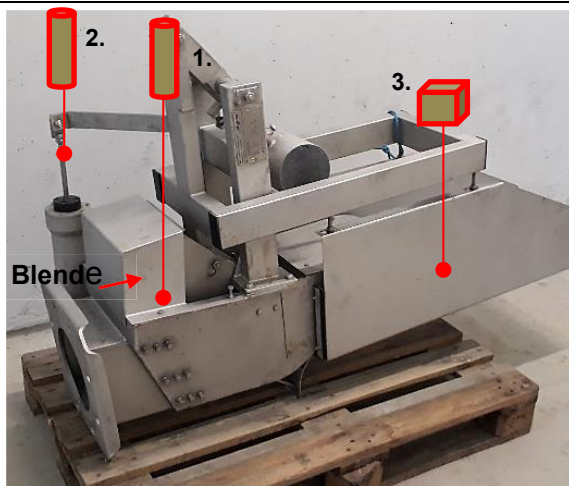
Zur genauen Erfassung des zurückgelegten Weges, bzw. der Position der Drosselblende und des Schwimmers wird ein Seilzugsensor (so genannter Seilwegaufnehmer) genutzt. Dieser benötigt lediglich einen Anschlagpunkt an Blende oder Schieber, an dem das Seil fixiert werden kann.

Zusätzlich zur Erfassung der Schieberbewegungen werden auch die auftretenden Kräfte gemessen. Dies erfolgt durch Einbau von (hier: s-förmigen) Wägezellen, die mittels Dehnungsmessstreifen die gewünschten Massen, z.B. des Schwimmergewichts, erfassen.

Die folgende Tabelle 51 veranschaulicht potenzielle Anschlagpunkte, Messstellen und Messorte für die halb-trocken aufgestellten Drosselorgane. Die dargestellten Positionen sind an den nicht eingebauten Drosseln analysiert worden. Möglicherweise kann die Messeinrichtung in den jeweiligen Regenbecken in situ nicht wie in den Tabellen dargestellt, eingebaut werden, wenn eine unzureichende Zugänglichkeit oder nicht ausreichende Befestigungsmöglichkeiten vorliegen.

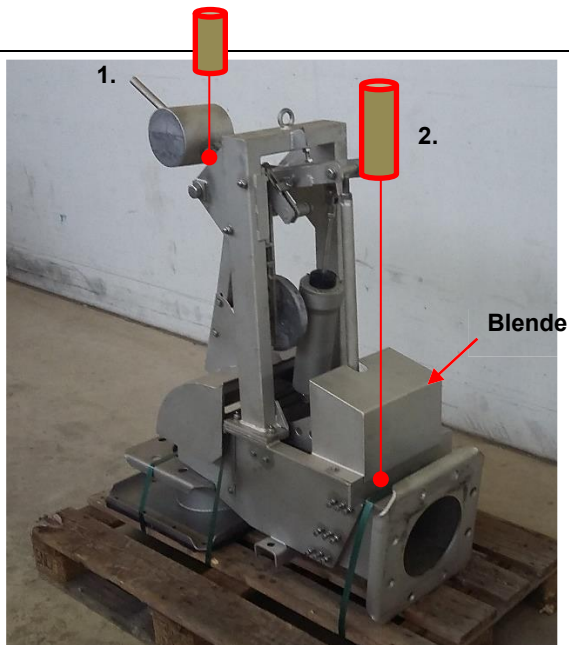
Tabelle 51: A: SSD 250, B: Waage-Drossel, C: Stahl-Drossel, D: Turbo-Wirbeldrossel

Abbildung	Beschreibung
 <p>A) Die Abbildung zeigt ein Drosselorgan (SSD 250) mit zwei Seilwegaufnehmern (1 und 2), die an dem Bewegungsschieber (Pos. 1) und dem Schwimmer (Pos. 2) befestigt sind. Die Aufnehmer sind durch rote Linien mit den Positionen verbunden. Die Beschriftung 'APA' ist auf dem Gehäuse zu sehen.</p>	<p>Bei dieser Drossel bieten sich zwei Seilwegaufnehmer an, die an dem Bewegungsschieber (Pos. 1) und dem Schwimmer (Pos. 2) befestigt werden können. Seilwegaufnehmer 1 kann so den Schieberweg dokumentieren. Durch die Regelung des Durchflussquerschnittes wird die Entfernung zum Seilwegaufnehmer vergrößert oder verringert. Diese Veränderungen können mithilfe des Aufnehmers analysiert werden. Seilwegaufnehmer 2 dokumentiert die Bewegung des Schwimmers. Beide Positionen stehen im direkten Zusammenhang, da sie über Verbindungsstreben verbunden sind. Durch den ansteigenden Wasserspiegel in dem Drosselbehälter steigt der Schwimmer an und steuert somit den Schieber. Sofern möglich, sollte zusätzlich ein Kraftmessgerät installiert werden, um die Kraft des Schwimmers aufzuzeichnen.</p>



B)

Da der direkte Schieberweg bei der Simulation nicht direkt erfasst werden kann (schwer zugänglich), muss eine Kalibrierung im Trockener durchgeföhrt werden. Durch das Abmontieren der Blende ist der Segmentschütz zugänglich. Dort kann anschließend ein Seilwegaufnehmer angeschlossen werden. Durch das manuelle Anheben der Waage können Rückschlüsse auf das Übersetzungsverhältnis der beiden Positionen 1 und 2 gezogen werden. Das manuelle Anheben der Waage wird mithilfe eines Kraftmessgerätes dokumentiert (Pos. 3). Die anschließende hydraulische Prüfung kann allerdings nur mit dem Seilwegaufnehmer an Pos. 2 durchgeföhrt werden, da die Rückstellkraft des Wegaufnehmers an Pos 1 die Drosselfunktion beeinflusst. Anhand des Übersetzungsverhältnisses und dem Seilwegaufnehmer an Pos. 2 können nach dem Versuch Rückschlüsse auf den Schieberweg erzielt werden.



C)

Für die Strahldrossel kann im Vergleich zur Waagedrossel die Blende am Segmentschütz auch beim Leerlaufprozess eines Regenbeckens abmontiert werden. Eine Bestimmung des Übersetzungsverhältnisses ist somit nicht erforderlich. Beide Seilwegaufnehmer werden während der gesamten Messzeitdauer am Drosselorgan verbleiben. Auch bei diesem Drosselorgan stehen die beiden Positionen von Segmentschütz und Gewicht/Hebelarm in einem direkten Zusammenhang. Eine Kraftmessung kann an dieser Drossel allerdings nicht durchgeföhrt werden, da die Drossel keine geeigneten Anschlagpunkte bietet.



D)

Die Turbo-Wirbeldrossel bietet im Vergleich zu allen anderen Drosseln nur wenig Anschlagpunkte. Einzig die Bewegung des Schiebers kann mithilfe eines Seilwegaufnehmers dokumentiert werden. Auch eine Kraftmessung scheint bei dieser Drossel nicht möglich zu sein. Einen direkten Bezug zum Schieberweg kann die Drehzahl des in der Drossel befindlichen Turbinenrads geben. Allerdings ist fraglich, ob die Drehzahl aufgezeichnet werden kann.

Legende: : Seilwegaufnehmer; : Kraftmessdose; : Verbindungselement

Für die beiden nass aufgestellten Drosselorgane Alpheus Automatik und HydroSlide Giehlmatic zeigen die Vorüberlegungen bereits, dass bedingt durch die geschlossenen Bauweisen keine Anschlagpunkte vorhanden sind, um die Messtechnik störungsfrei für den Betrieb der Organe installieren zu können. Diese beiden Drosselorgane können daher nicht zur weiteren Betrachtung bzw. Untersuchung herangezogen werden.

6.2.4 Randbedingungen der künstlichen Einstauereignisse am Betriebsort

Das vor dem Drosselbauwerk mit der SSD 250 angeordnete Bauwerk ist ein unterirdisches Regenüberlaufbecken im Mischsystem mit einem Nutzvolumen von 105 m³. Das Kanalnetz ist im Hauptschluss angeordnet. Das Drosselorgan ist halbtrocken aufgestellt und die Steuerung erfolgt durch einen aktiven Schieber ohne Fremdenergie und soll auf einen Drosselabfluss von 25 l/s eingestellt sein.

Die Strahl-Drossel ist nach einem unterirdischen Regenüberlaufbecken angeordnet. Das Stauvolumen des Beckens beträgt 206 m³. Zudem ist das Regenbecken im Hauptschluss angeordnet. Die Strahl-Drossel ist halbtrocken aufgestellt, hat eine Nennweite von DN 200 und einen Soll-Drosselabfluss von 25 l/s.

Die Waage-Drossel befindet sich hinter einem unterirdischen Stauraumkanal mit einer Nennweite von DN 3000 und einem Volumen von 570 m³. Der Stauraumkanal ist im Hauptschluss angeordnet und arbeitet im Mischsystem. Die Waage-Drossel hat einen Durchmesser von DN 200, ist halbtrocken aufgestellt und soll einen Drosselabfluss von 15 l/s ableiten. Die Waage-Drossel arbeitet, ähnlich wie die Strahl-Drossel, mit einem aktiven Schieber (Segmentschütz) ohne Fremdenergie.

Wie schon im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, konnte für die Turbo-Wirbel-drossel nur ein Seilwegaufnehmer zur Aufnahme des Schieberwegs installiert werden. Es konnten weder die Drehzahl des Turbinenrades, noch der durch den Schieber geöffnete Querschnitt dokumentiert werden. Eine Auswertung der Wasserstands-Abfluss-Kurve ist daher nicht erfolgt, da keine theoretische Nachrechnung des Durchflusses durchgeführt werden kann.

6.2.5 Zusammenstellung der Wasserstands-Abfluss-Kurven und Auswertung der Ergebnisse

Für die zuvor beschriebenen Betriebsorte und Randbedingungen werden die Wasserstands-Abfluss-Kurven erstellt und analysiert. Mithilfe der eingebauten Messtechnik für die Schieberbewegung kann zusammen mit dem Durchfluss und dem Wasserstand ein aussagekräftiger Graph erstellt werden. Anschließend werden Ist- und Soll-Drosselabfluss miteinander verglichen und eine Aussage über die Funktionsfähigkeit der Drosselorgane getroffen. Die Auswertung erfolgt jeweils für die SSD 250, die Strahl- und Waage-Drossel.

6.2.5.1 SSD 250

Die Schwimmer-Schieber-Bewegung wurde mithilfe des Seilwegaufnehmers aufgenommen und dokumentiert. Der Wasserstand und Durchfluss konnte mithilfe von Keilsensoren aufgezeichnet werden. Bild 107 zeigt die Wasserstands-Abfluss-Kurve für die SSD 250.

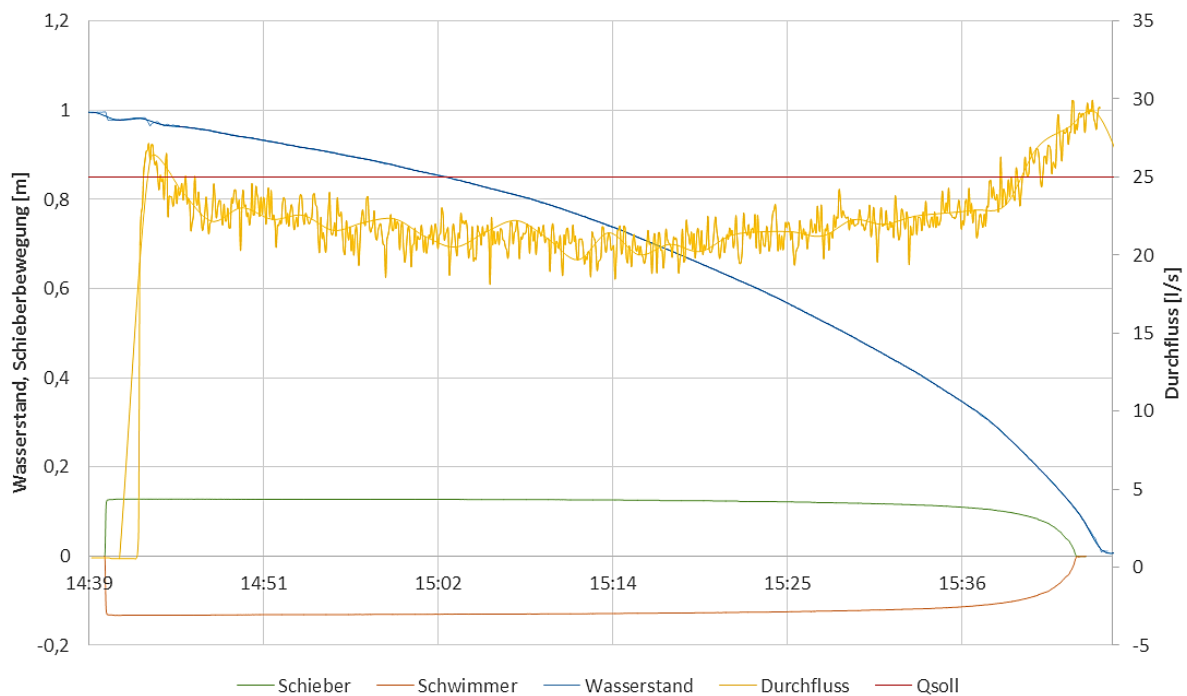


Bild 107 Wasserstands-Abfluss-Kurve für die SSD 250

Die Schieber und Schwimmer verlaufen in ihrer Kurve spiegelverkehrt. Zu Beginn der Messung war der Schieber der Drossel geöffnet. Nach der Öffnung des Vorbeckens reagierte der Schieber auf den Wassereintritt und verkleinerte die Durchflussöffnung, sodass die Schieberbewegung einen positiven Wert annimmt. Staut sich das Wasser in dem Drosselbehälter, steigt der Schwimmer an. Bezogen auf den Startpunkt verringert sich damit der Abstand zum Seilwegaufnehmer und der Wert für die Bewegungsrichtung des Schwimmers wird negativ. Sowohl der Schieber als auch der Schwimmer bleiben nach dem Öffnen des Regenbeckenablaufs weitestgehend konstant. Erst zum Ende der Messung bzw. bei nahezu vollständiger Leerung des Beckens ist eine Bewegung erkennbar. Der Schieber reagiert auf den geringen Wasserstand im Becken und vergrößert den Öffnungsquerschnitt. Auch der Schwimmer bewegt sich Richtung Ausgangspunkt zurück. Der Wasserspiegel sinkt nach dem Öffnen des Schiebers ab, bis das Becken vollständig leergelaufen ist. Dabei wird der Drosselabfluss weitgehend konstant gehalten. Der Mittelwert des Durchflusses liegt bei 22,31 l/s und damit ca. 2,7 l/s unter dem vom Hersteller angegebenen Soll-Drosselabfluss von 25 l/s.

Eine Abweichung von 2,7 l/s ist für eine Drossel mit einem Sollabfluss von 25 l/s nach der SÜVVO Abw [1] ein zulässiger Wert. Hier ist eine Abweichung von $\pm 20\%$ des Sollabflusses gestattet. In diesem Fall liegt der Durchfluss lediglich ca. 11 % unter dem Soll-Drosselabfluss von 25 l/s.

Mit Blick auf die Versuche wird angemerkt, dass die Montage eines Seilwegaufnehmers ein Gegengewicht von ca. 500 g, bedingt durch seine Rückstellkräfte auf die Mechanik des Drosselorgans, aufbringt. Da allerdings die Bewegungsrichtung der beiden montierten Seilwegaufnehmer gegenläufig ist (Schwimmer hebt sich empor und Schieber senkt

sich abwärts), heben sich deren Rückstellkräfte nahezu auf. Darüber hinaus sind sie mit Blick auf das Gewicht des Schwimmers von etwa 150 kg vernachlässigbar.

6.2.5.2 Strahl-Drossel

Auch bei der Strahl-Drossel wurden der Schieberweg und die Bewegung des Gewichtes bzw. Hebelarms mithilfe von Seilwegaufnehmern gemessen und dokumentiert. Der Durchfluss konnte wiederum mit Keilsensoren ermittelt und aufgezeichnet werden. Bild 108 zeigt die Wasserstands-Abfluss-Kurve für die Strahl-Drossel.

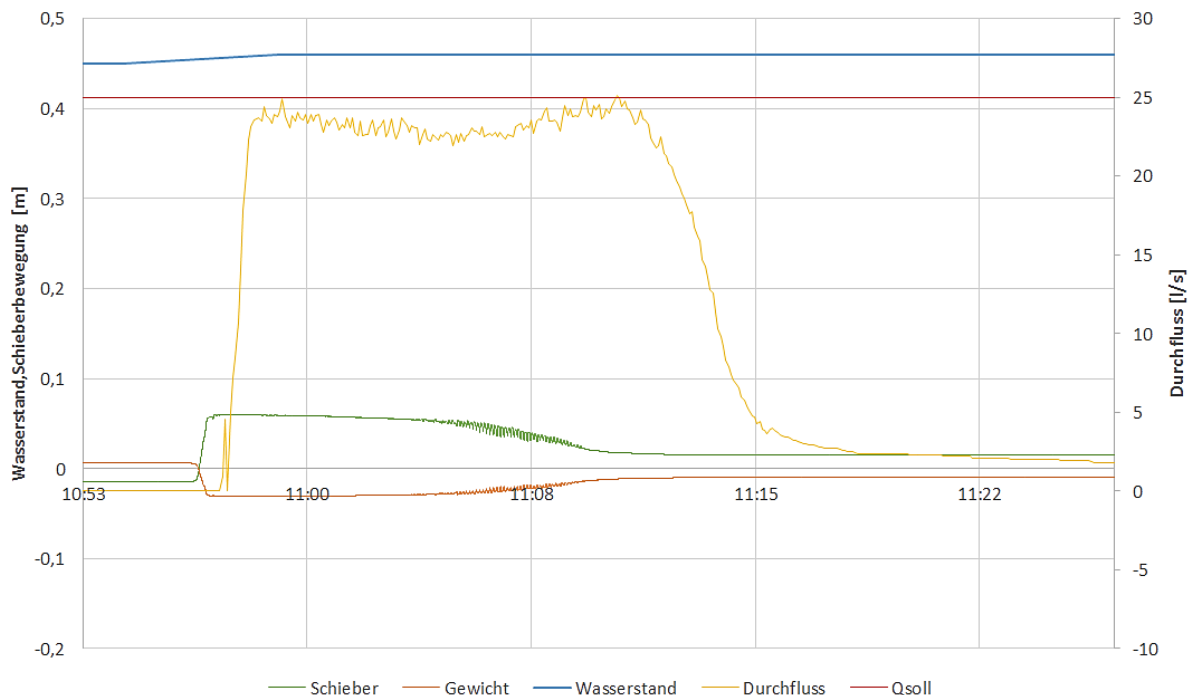


Bild 108 Wasserstands-Abfluss-Kurve für die Strahl-Drossel

Nach dem Öffnen des Regenbeckenauslaufs beginnt die Strahl-Drossel zu arbeiten. Der auf das Strahlschild des Drosselorgans treffende Wasserstrahl bewegt die Mechanik und verkleinert dadurch den Abflussquerschnitt, indem sich der Schieber (Segment-schütz) nach unten bewegt. Durch die Vergrößerung des Seilweges werden die Daten im Graph positiv dargestellt. Das Seil des oberhalb des Gewichtes montierten Seilweg-aufnehmers bewegt sich mit dem Hebelarm somit nach oben. In Bezug auf den Ausgangszustand verkleinert sich der Abstand zwischen Seilwegaufnehmer und Strahlschild und die Messwerte werden negativ. Gegen 11:05 Uhr – vgl. Zeitachse des Diagramms in Bild 108 – beginnt die Drossel erneut zu arbeiten. Der Drosselquerschnitt wird vergrößert und die Messwerte für den Schieber werden wiederum geringer. Anschließend bleiben die Messwerte für die Stellung von Schieber und Gewicht konstant. Der Wasserstand im Regenbecken verändert sich den gesamten Zeitraum nicht und liegt konstant bei ca. 0,45 m. Der konstante Wasserstand im Becken ist auf einen erhöhten Zufluss zum Becken zurückzuführen. Durch Regenereignisse im Einzugsgebiet des Beckens egalieren sich offensichtlich Zufluss und Abfluss im betrachteten Messzeitraum. Zeitnah nach dem Öffnen des Regenbeckenauslasses steigt der Durchfluss stark an und pendelt sich bei ca. 24 l/s ein. In den folgenden acht Minuten sinkt der Durchfluss

geringfügig ab, um im Anschluss wieder auf einen Wert von ca. 25 l/s anzusteigen. Im weiteren Verlauf wird der Zufluss vom Regenbecken unterbunden und der Durchfluss sinkt zeitnah auf „Null“ ab. Im Ergebnis liegt der Mittelwert des Durchflusses bei 23,29 l/s. Im Vergleich zu dem Soll-Drosselabfluss von 25 l/s ergibt sich eine Differenz von ca. 1,7 l/s. Der Mittelwert des Ist-Drosselabflusses liegt ca. 7 % unterhalb des Soll-abflusses von 25 l/s. Auch bei der Strahl-Drossel wirkt sich die Zusatzlast der Seilweg-aufnehmer nicht nachteilig auf die Drosselfunktion aus, da die Kräfte gegenläufig wirken und sich somit nahezu aufheben.

6.2.5.3 Waage-Drossel

Da der Schieber (Segmentschütz) der Waage-Drossel im Normalbetrieb nicht freiliegt und durch eine Blende verdeckt ist, muss vor der hydraulischen Prüfung eine Trockenkalibrierung durchgeführt werden. Die Bauteile, die das Segmentschütz verdecken und die Montage der Messtechnik behindern, werden abmontiert. Anschließend werden die Wege von Wiegerinne und Gewicht bzw. Hebelarm durch die installierten Seilwegaufnehmer aufgenommen. Die Mechanik des Drosselorgans wird manuell aktiviert. Bild 109 zeigt die Wegmessungen der beiden Seilwegaufnehmer und die aufgebrachte Kraft.

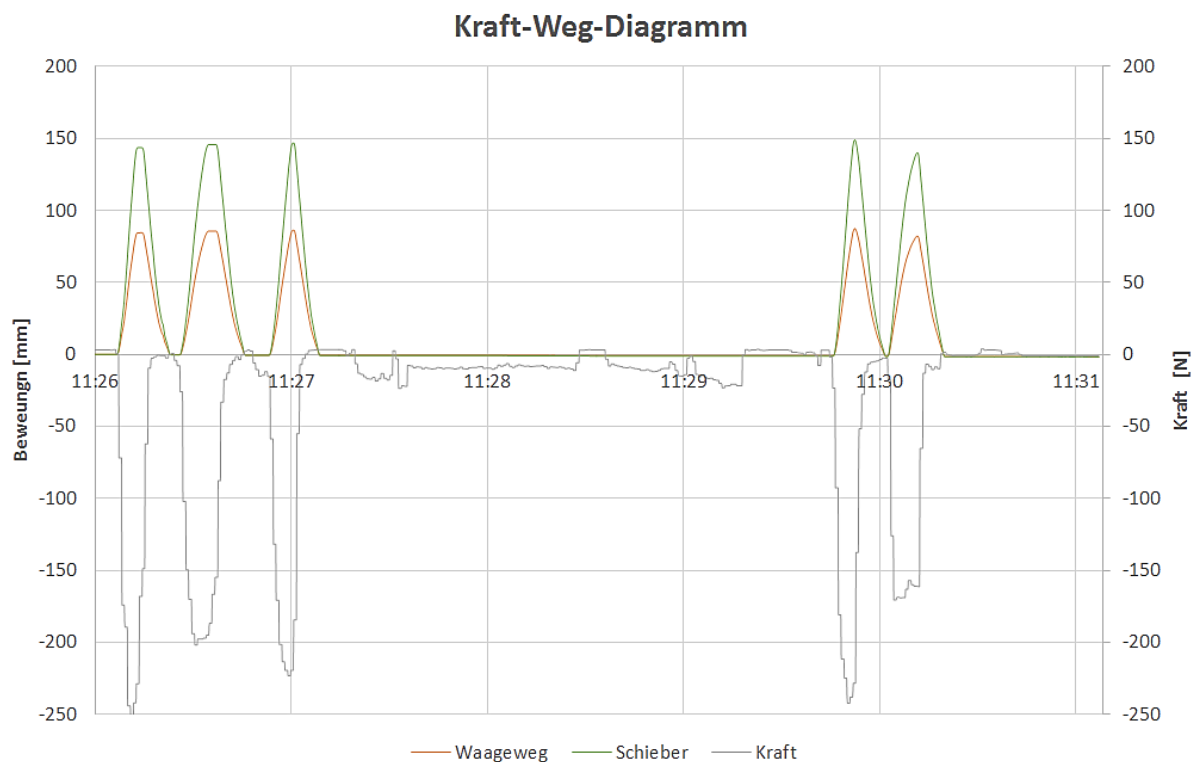


Bild 109 Kraft-Weg-Diagramm für die Kalibrierung der Waage-Drossel

Da die Bewegung von Schieber (Segmentschütz) und Wiegerinne (Waageweg) abhängig sind, kann ein Übersetzungsverhältnis bestimmt werden. Das Übersetzungsverhältnis lässt sich anhand der Messwerte der beiden Wegaufnehmer berechnen und beträgt in dem vorliegenden Fall 1,4. Mit diesem Übersetzungsverhältnis können Rückschlüsse auf die Schieberbewegung für die Simulation geschlossen werden. Bild 110 zeigt die Wasserstands-Abfluss-Kurve mit berechnetem Weg des Schiebers.

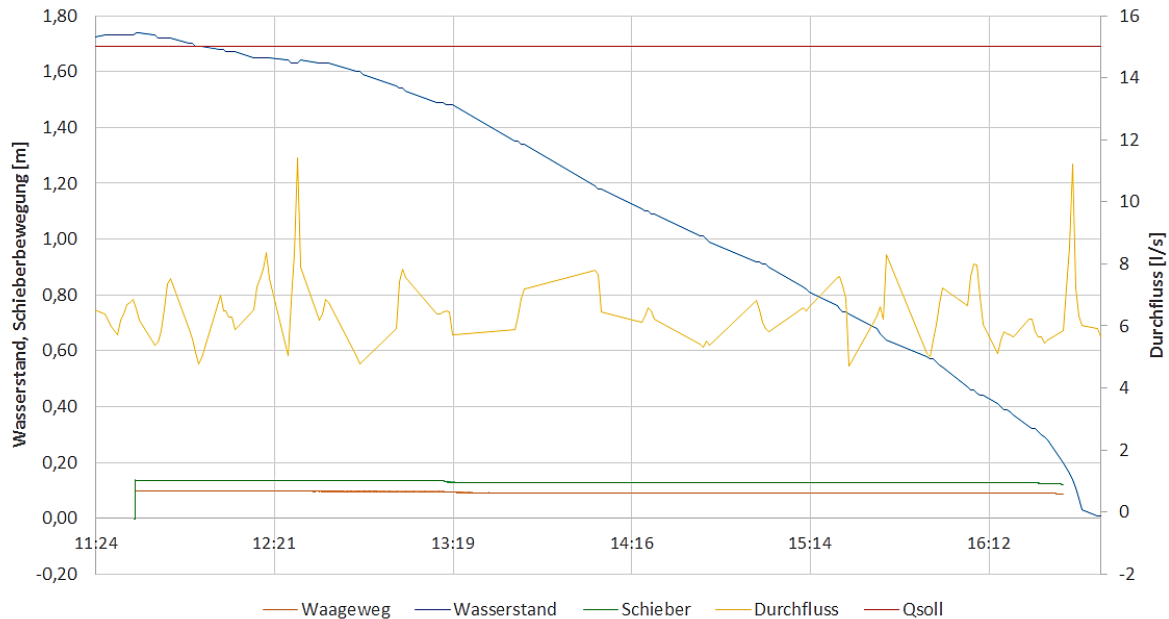


Bild 110 Wasserstands-Abfluss-Kurve für die Waage-Drossel

Da die Bewegung des Schiebers im Versuch nicht messtechnisch erfasst werden konnte, wird diese anhand des im Vorversuch bestimmten Übersetzungsverhältnisses auf die Bewegung der Wiegerinne angewendet. Die Abhängigkeit der Bewegungen von Gewicht und Wiegerinne erscheinen plausibel (vgl. Bild 110).

Da der Zulauf zum Becken in dem Messzeitraum aufgrund von starken Regenfällen im Einzugsgebiet sehr hoch war, wurde während der Prüfung mehrmals die Notentleerung geöffnet. Dennoch ist eine weitgehend kontinuierliche Absenkung des Wasserspiegels zu erkennen. Der Drosselabfluss wurde auch bei diesem Versuch mit Keilsensoren aufgenommen.

Im Ergebnis ist der Drosselabfluss nicht konstant und schwankt in einem vergleichsweise großen Intervall von 11 l/s und 5 l/s. Der Mittelwert des Drosselabflusses liegt bei 6,47 l/s. Verglichen mit dem Sollabfluss von 15 l/s ergibt sich eine Differenz von ca. 8,5 l/s. Der mittlere Ist-Drosselabfluss liegt bei diesem Versuch ca. 43 % unterhalb des Sollabflusses von 15 l/s.

Die bemerkenswerte Differenz zwischen dem gemessenen Abfluss und dem Sollabfluss steht hier mit hoher Wahrscheinlichkeit auch im Zusammenhang mit der Zusatzlast des Seilwegaufnehmers (Rückstellkraft). Das Kontergewicht der Waage-Drossel beträgt etwa 32 kg. Hier ist allerdings noch der Hebelarm zum Gelenk zu berücksichtigen, an dem das Gewicht hängt. Ebenso sind das Gewicht von Wiegerinne und Wasserauflast zu berücksichtigen, mit dem sich das Gewicht in Waage befindet. Ein Zusatzgewicht von ca. 500 g bedingt durch den Seilwegaufnehmer mit einem u.U. langen Hebelarm kann die korrekte Funktionsweise des Drosselorgans deutlich beeinträchtigen. Vergleichbare Beeinträchtigungen konnten im Rahmen der Laboruntersuchungen festgestellt werden.

6.2.6 Fazit und Empfehlung für die Praxis

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes wurden sechs Drosselrichtungen untersucht. Die Drosselorgane entsprachen denjenigen Bauarttypen aus dem Warentest (vgl. Abschnitt 4.5f). Zunächst wurden hier geeignete Anschlagpunkte für das Anbringen der Messtechnik für jedes Drosselorgan bestimmt. Bei der Suche für geeignete Anschlagpunkte zum Anbringen der Messtechnik wurde erkannt, dass deren Installation und die damit verbundene Trockenkalibrierung nur bei halbtrocken aufgestellten Drosselorganen möglich sind, mit Ausnahme der Turbo-Wirbeldrossel. Hier war lediglich die Montage des Seilwegaufnehmers am Schieber möglich mit der Folge, dass eine für die Trockenkalibrierung nutzbare Schieber-Wasserstands-Abfluss-Beziehung nicht ermittelt werden konnte. Die beiden nass aufgestellten Drosselorgane bieten hingegen durch ihre geschlossene Bauweise keine geeigneten Anschlagpunkte für die Montage der Messtechnik. Für die Auswertung der Wasserstands-Abfluss-Kurven waren somit lediglich drei Drosselorgane verfügbar.

Nach Analyse der Messdaten wurde erkannt, dass die Seilwegaufnehmer durch ihre Rückstellkraft einen Einfluss auf die Mechanik der Drosselrichtungen besitzen können. Das Gewicht, mit dem die Seilwegaufnehmer ggf. nachteilig auf die Drosselmechanik wirken, beträgt ca. 0,5 kg. Bei gegenläufig wirkenden Lasten heben sich diese nahezu auf und bewirken demzufolge keine nachteilige Beeinträchtigung der Drosselabflüsse. Darüber hinaus können bei vergleichsweise schweren Bauteilen von über 100 kg diese zusätzlich wirkende Last vernachlässigt werden. Anders jedoch bei der Waage-Drossel, die sensitiv auf diese zusätzlich aufgebraachte Last reagiert mit deutlichen Abweichungen vom Soll-Drosselabfluss. Diese Erkenntnis wurde von dem Hersteller des Drosselorgans bestätigt [33]. Mit Blick auf diesen Drosseltyp muss hier ggf. im Vorfeld von Messungen das zusätzlich wirkende Gewicht der Messtechnik berücksichtigt werden mit der Folge, dass das Kontergewicht der Drossel derart verstellt wird, dass der Soll-Drosselabfluss wieder hergestellt ist. Das Zusatzgewicht wäre somit für diese Messung egalisiert.

Im Ergebnis zeigt sich, dass bei den vorab genannten, halbtrocken aufgestellten hydro-mechanischen Drosselorganen Schwimmer-Schieber-Stellungen aufgenommen und Abflussquerschnitte bestimmt werden können. Mit zusätzlicher Kenntnis von korrespondierenden Wasserständen im Regenbecken können sodann theoretische Abflüsse (Trockenkalibrierung) berechnet werden. Trockenkalibrierungen sind, wie bereits erwähnt, nicht in jedem Fall durchführbar. Folgende Alternativen, z.T. jedoch mit hohem Aufwand, sind dennoch gegeben:

- Qualifizierte optische Inspektion unter Mitwirkung des Herstellers; hier kann nur die Geometrie und die Wirkweise der Drosselrichtung kontrolliert werden, nicht aber der Drosselabfluss unter realen Bedingungen
- Teil-/Bereichsweiser Einstau des Regenbeckens; hierzu ist allerdings das Abmauern o.Ä. eines Teilbereiches erforderlich, um ein geringeres Beckenvolumen herzustellen
- Anordnen von Langzeitmessungen, die verwertbare Regenereignisse mit entsprechenden Aktivierungen des Drosselorgans beinhalten

6.3 HOTSPOT-Check´s an bestehenden Anlagen

6.3.1 Vorgehensweise der HOTSPOT-Untersuchungen

Drosseleinrichtungen an Regenbecken sollten derart konzipiert und gebaut sein, dass sie mit möglichst wenig Betriebsaufwand die geplante Drosselwassermenge sicher weiterleiten, darüber hinaus möglichst einfach zu überprüfen sind und im Betriebsverhalten keine Auffälligkeiten zeigen.

Die Erfahrungen der Durchflussmessstelle des Projekt-Antragsstellers und der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen haben jedoch gezeigt, dass insbesondere die hydraulische Überprüfung von Drosseleinrichtungen (vgl. SüwVO Abw [1]) häufig mit großem Betriebsaufwand oder auch gar nicht durchgeführt werden kann. Diese im Rahmen dieses Vorhabens HOTSPOT genannten Anlagen stehen im Mittelpunkt der Untersuchungen. An diesen HOTSPOT-Anlagen wurden insgesamt 36 Begehungen und Einzelanalysen bei beteiligten Netzbetreibern und Wasserverbänden vor Ort durchgeführt (vgl. Tabelle 52, Prüfberichte liegen den betroffenen Netzbetreibern vor).

In diesem Zusammenhang wurden zunächst vorhandene Unterlagen der Planung, Bauwerkspläne und vorliegende Prüfberichte vergangener Kalibrierprüfungen gesichtet und analysiert. Vor Ort wurde sodann die Situation und Problemstellung mit dem Betriebspersonal diskutiert und anschließend analysiert. Darauf aufbauend erfolgte eine umfangreiche Situationsbeschreibung und Problemanalyse, einschließlich Kategorisierung. Sofern möglich, wurden Lösungsvorschläge erarbeitet und den Netzbetreibern zur Verfügung gestellt.

Tabelle 52: HOTSPOT-Anlagen der Begehung

Nr.	Beckentyp	Drosselorgan / Typ
1	RÜB	Alpheus Typ AA, Biogest AG
2	SK	Alpheus Typ AT, Biogest AG
3	RÜB	Waage-Drossel, bgu-Umweltschutzanlagen GmbH
4	RKB	Kompakt Abflussregler, bgu-Umweltschutzanlagen GmbH
5	SK	Höhenstand-Schieber System
6	SK	Höhenstand-Schieber System
7	SK	Vollmar Hydro-Control, Modell 2
8	RÜB	Schwimmer-Schieberdrossel, APA Abwassertechnik GmbH
9	RÜ	Alpheus Typ Standard, Biogest AG
10	SK	Hydroslide, Steinhardt Wassertechnik GmbH
11	SK	Hydroslide, Steinhardt Wassertechnik GmbH
12	SK	Hydroslide, Steinhardt Wassertechnik GmbH
13	RRB	Alpheus Typ AA, Biogest AG
14	RÜB	Strahl-Drossel, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
15	RÜB	Waage-Drossel, bgu-Umweltschutzanlagen GmbH
16	SK	Rohrdrossel, Hersteller unbekannt
17	SK	Rohrdrossel, Hersteller unbekannt
18	RRB	MID-Schieber-System
19	RRB	Konisches Wirbelventil, UFT
20	RÜB	Strahl-Drossel, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
21	SK	Alpheus Typ Automatik, Biogest AG
22	SK	Konisches Wirbelventil, UFT
23	RKB	Konisches Wirbelventil, UFT
24	RRB	Konisches Wirbelventil, UFT
25	SK	Hydroslide Mini, Steinhardt Wassertechnik GmbH
26	SK	Alpheus Typ AA, Biogest AG
27	SK	Hydroslide, Steinhardt Wassertechnik GmbH
28	RÜB	Schwimmer-Schieberdrossel, APA Abwassertechnik GmbH
29	RÜB	Alpheus Typ Standard, Biogest AG
30	RÜB	Strahl-Drossel, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
31	RRB	Waagedrossel mit Servosteuerung Typ 2, bgu-Umweltschutzanlagen GmbH
32	RÜB	Strahl-Drossel SD1, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
33	SK	Wirbelventil, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
34	RÜ	Strahl-Drossel, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
35	RRB	Wirbelventil, bgu Umweltschutzanlagen GmbH
36	SK	Alpheus Typ Standard, Biogest AG

6.3.2 Ergebnisse der HOTSPOT-Untersuchungen

Im Rahmen der Analyse stellte sich heraus, dass die untersuchten Regenbecken in verschiedene Kategorien zzgl. der Sonderfälle eingeteilt werden können. Dabei handelt es sich um die nachfolgend aufgeführten drei Hauptgruppen:

1. Regenbecken mit unplanmäßig höheren Beckenvolumina

2. Regenbecken mit suboptimaler Bauwerksgeometrie
3. Erstkalibrierung mit und ohne hydraulische Auffälligkeiten

Im Weiteren werden die Kategorien erläutert und mit Beispielen veranschaulicht.

Zu 1.: Regenbecken mit unplanmäßig höheren Beckenvolumina

Regenbecken mit zu großen Beckenvolumen zeigen ein unplanmäßiges Einstauverhalten. In den untersuchten Fällen wurde erkannt, dass Planungsfehler vorliegen können oder der Betrieb noch nicht mit den geplanten Eingangsgrößen erfolgt. Ggf. wurde in der Planung von anderen Anschlussflächen ausgegangen oder die den Becken zugeordneten Einzugsgebiete sind noch nicht vollständig erschlossen. Dies führt dazu, dass Becken im Betrieb nicht einstauen und ein künstlicher Einstau mit dem Trockenwetterabfluss nicht möglich ist. Überwiegend besitzen diese Becken zudem ein großes Volumen, so dass hier eine Befüllung des Beckens mit Frischwasser aus wirtschaftlichen Gründen ausscheidet.

Bei einer Überprüfung wurde auch ein größeres Beckenvolumen festgestellt als in den Planungsunterlagen angegeben war. Der Drosselabfluss entsprach den Anforderungen, jedoch dauerte die Beckenentleerung bedeutend länger. Beim Plausibilitätscheck stellte sich heraus, dass das maximale Einstauziel im Regenbecken (Erdbecken) über der in den Unterlagen verzeichneten Beckenhöhe lag.

Im Rahmen einer weiteren Untersuchung konnte erkannt werden, dass ein Erdbecken undicht war und Wasser verlor. Aus diesem Grund konnte der erforderliche Einstau für eine Überprüfung mit 2/3 der maximalen Wasserstandshöhe nicht erreicht werden. Hier kann, sofern die Leckage nicht beseitigt wird, weder bei einer Überprüfung noch im Betrieb ein ausreichender bzw. planmäßiger Einstau für den Drosselbetrieb erreicht werden.

Zu 2.: Regenbecken mit suboptimaler Bauwerksgeometrie

Regenbecken mit suboptimaler Bauwerksgeometrie konnten nach den Untersuchungen in zwei weitere Gruppen eingeteilt werden – zum einen war die Messwertaufnahme schwierig bzw. nicht möglich, das Drosselorgan allerdings intakt, zum anderen war die Drosselfunktion gestört. Beide Fälle werden nachfolgend erläutert:

a) Drosseleinrichtungen arbeiten korrekt, allerdings ist eine hydraulische Kalibrierung nicht möglich oder nur unter enormen Aufwand. Hier müssten mehrere Geräte zum Einsatz kommen, um im Anschluss eine Bilanzierung durchführen zu können. Hier besteht allerdings das Risiko, dass Messungen u. U. zeitversetzt begonnen werden und dadurch Ungenauigkeiten bei der Bilanzierung entstehen.

Ein weiteres Beispiel zeigt ein Becken, bei dem das Drosselorgan unmittelbar und ohne Möglichkeit zum Einbau des Referenzmessgerätes in ein Gewässer einleitet. In diesem Fall konnte allerdings durch ein aufwendiges Konzept aus Messung der Zuflüsse und Höhenstand im Becken eine Kalibrierung durchgeführt werden.

b) Unzulänglichkeiten bzgl. der Bauwerksgeometrie führen zu dem, dass Drosseleinrichtungen bzw. -organe nicht optimal angeströmt werden. Zum anderen liegt eine weitere Fehlerquelle in der baulichen Ausführung des Drosselschachtes. Geometrische Anforderungen der Drosseleinrichtung waren nicht erfüllt und stellten eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Drosselorgans dar. Der Soll-Drosselabfluss konnte nicht erreicht werden, da ein Rückstau im Drosselschacht entstand. Dieser wiederum wurde dadurch verursacht, dass der Drosselabfluss nicht durch das nachliegende Kanalnetz abgeleitet werden konnte. Hier war das Gefälle zu stark, so dass Luftblasen in den Wasserstrom eingetragen wurden. Im Ergebnis wirkten sich diese Randbedingungen auf den Abfluss vergleichbar einer Rohrdrossel aus.

In einem weiteren Fall lag die Notentleerung eines nass aufgestellten Drosselorgans zu tief im Bauwerk mit der Folge, dass das höher liegende Drosselorgan nicht in Betrieb gehen konnte.

Zu 3.: Erstkalibrierung mit und ohne hydraulische Auffälligkeiten

Ein weiteres Drosselbauwerk liegt in einem Wasserschutzgebiet und wurde/konnte bisher nicht hydraulisch kalibriert werden. Hier wurde deutlich, dass durch die erhöhten Anforderungen an einen fehlerfreien Betrieb, wie z.B. kein unerwünschter Abschlag, Kapselung der Leitungen auch im Kontrollschacht etc., der Einbau von mobiler Messtechnik nur durch kleinste Öffnungen möglich ist. Hierzu muss allerdings die einzusetzende Messtechnik auseinandergelagert werden. Bisher wurde allerdings von einer Umsetzung abgesehen.

Im Zuge der Untersuchungen konnten Lösungsvorschläge zur Problembeseitigung aufgezeigt und teilweise bereits umgesetzt werden:

Bei einem Netzbetreiber ist eine Rohrdrossel vor langer Zeit eingebaut worden und leitet seitdem ohne wasserwirtschaftliche Auffälligkeiten eine zu große Wassermenge weiter. Um den Zustand zu beheben, war eine bauliche Ertüchtigung und der Einbau eines hydro-mechanischen Drosselorgans in Betracht gezogen worden. Im Ergebnis wurde allerdings anstatt der baulichen Ertüchtigung eine pragmatische Lösung gewählt: Da es keine unerwünschten und erhöhten Abschlüsse in die Vorflut gibt und zudem das nachgeschaltete Kanalnetz nicht stärker als vorgesehen belastet wird, wurde in Abstimmung mit der zuständigen Bezirksregierung der aktuelle Zustand bzw. Ist-Drosselabfluss in die Genehmigung aufgenommen.

Die Wichtigkeit und Nützlichkeit einer ordnungsgemäßen Drosselkalibrierung konnte in einem weiteren Fall erkannt werden: Das Drosselorgan wurde im Jahr 1996 verbaut, in den Betriebsunterlagen im Bauwerk wurden Soll-Drosselabflüsse von 50 l/s dokumentiert. Diese wurden auch in den vorhandenen Unterlagen durch „Trockenkalibrierungen“, die in der Vergangenheit von unterschiedlichen Prüfstellen durchgeführt wurden, bestätigt. Bei der Sichtung der Prüfberichte stellten sich diese „trockenen“ Drosselkalibrierungen jedoch als optische Sichtkontrollen heraus. Im Rahmen des Projektes konnte ohne nennenswerten Aufwand eine hydraulische Kalibrierung durchgeführt werden, die einen

Drosselabfluss von etwa 25 l/s zeigte. Weitere Recherchen ergaben, dass das Drosselorgan bereits im Jahr 2000 auf 25 l/s umgestellt worden war. Diese Umstellung ist bei den optischen Überprüfungen des Drosselorgans, die allerdings stets als Kalibrierung eingestuft wurden, über Jahre nicht festgestellt worden.

6.3.3 Fazit

Drosselkalibrierungen liefern wichtige Hinweise zum Betrieb und zur Leistungsfähigkeit der Einrichtungen. Die vorab genannten Beispiele zeigen, dass auch unter komplizierten Randbedingungen Lösungsmöglichkeiten für problembehaftete Prüfungen oder Bauwerke gefunden werden können. In der Summe war dies im Rahmen der Untersuchungen für 33 von 36 begangenen Anlagen der Fall. Hier konnten Vorschläge für bauliche Ertüchtigungen oder Fehlerbeseitigungen sowie Prüfungen unterbreitet werden.

Mit Blick auf die Sichtung von Prüfberichten im Rahmen der Untersuchungen zeigte sich, dass die Qualität der eingereichten Berichte sehr heterogen, von umfassend bis nachlässig, fehlerhaft und unvollständig ist. Bei diesen ist in Frage zu stellen, ob sie schlussendlich den Vorgaben, z.B. LUA-Merkblätter [16, 23], entsprechen. In diesem Zuge fiel darüber hinaus auf, dass in diesen Merkblättern eine Bilddokumentation nicht explizit gefordert ist. Diese erleichtert jedoch eine Beurteilung sowie das Nachvollziehen der Prüfungsdurchführung vor Ort. Dies betrifft auch die Einbausituation des Referenz-Messgerätes.

Bei fehlender Bilddokumentation ist darüber hinaus keine Vorab-Einschätzung von zu überprüfenden Messstellen möglich, wodurch eine Vorab-Begehung stets erforderlich wird. Liegt diese vor, kann ggf. auf diesen zusätzlichen Ortstermin verzichtet werden.

6.4 Sonderbetrachtung: MID-Schiebersysteme

6.4.1 Vorgehensweise bei den In-situ-Untersuchungen

MID-Schiebersysteme sind nicht der Gruppe der hydromechanisch arbeitenden Drosselorgane zuzuordnen. Um allerdings auch diese Produktgruppe im Rahmen des Projektes zu berücksichtigen, werden ausgewählte Anlagen untersucht.

MID-Schiebersysteme bieten sich grundsätzlich an, um eine geregelte Drosselung des Abwasserstroms sicherzustellen und ggf. hydromechanische Drosselorgane im Sinne einer Ertüchtigung zu ersetzen. Die Qualität der Regelung von MID-Schiebersystemen ist jedoch von unterschiedlichen Faktoren abhängig. Dies sind insbesondere die hydro-metrischen Randbedingungen, die die Genauigkeit der Messung beeinflussen, die hard- und softwareseitige Regelung sowie die Qualität der eingesetzten, motorangetriebenen Schieber.

Im Rahmen des Projektes wurden die komplexen technischen Zusammenhänge von MID-Schiebersystemen aufgegriffen. Die maßgeblichen technischen Randbedingungen mit Blick auf Planung, Ausschreibung und Ausführung wurden erhoben, um daraus Qualitätseinflüsse abzuleiten. Dazu wurden die jeweiligen Randbedingungen der Anlagen vor Ort durch Begehung und Befragung erfasst – sowohl das Bauwerk als auch die verbaute Messeinrichtung betreffend. Nach Auswertung und Zusammenstellung der Ergebnisse werden Hilfen für Planung, Bau und Betrieb von MID-Schiebersystemen entwickelt (vgl. Abschnitt 7.5).

6.4.2 In-situ-Begehung von fünf MID-gesteuerten Anlagen

Nach Recherche seitens der Lenkungskreismitglieder konnten sechs unterschiedliche MID-Schiebersysteme in deren Netzen ausfindig gemacht werden für die In-situ-Untersuchungen zur Aufnahme der baulichen und technischen Randbedingungen.

Darüber hinaus wurde das Betriebspersonal bzgl. der Anlagen befragt:

- Gab es Probleme, wenn ja, welche?
- Wie wurden diese Probleme behoben?
- Gab es Abweichungen von Planungsunterlagen?
- Wie wurde bei der Planung vorgegangen?
- Gab es einen Plausibilitätscheck der Systeme, z.B. durch Vergleich von Ganglinien von Ereignissen mit der Parametrierung?

Die Beantwortung der Fragen ist in die Zusammenfassung der Ergebnisse eingeflossen. Im Einzelnen handelt es sich um die in Tabelle 53 und Bild 111 aufgeführten Anlagen mit ihren wesentlichen Kenndaten.

Tabelle 53: MID-Schiebersysteme der In-situ-Begehungen

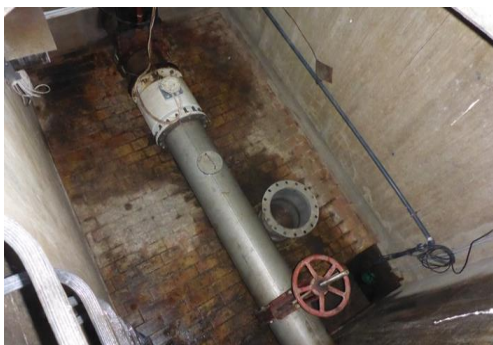
MID-Typ/Hersteller	Beckentyp	Q _{Dr} [l/s]	Einbaujahr	Siehe Bild 111
ABB DP41F DN300	SK DN 1600	75	2005	a)
Endress & Hauser Promag 33 F DN 500	RÜB	417	2005	b)
ABB DP41F DN500	RÜB	214	2007	c)
Krohne Optiflux 2100 DN250	SK DN 1800	85	2011	d)
Krohne Tidaflux 200 DN200	SK DN 1600	70	2006	e)
Sliedrecht Holland Altomer 480 AS/AC DN600	RRB	300	unbekannt	f)



a) Teilfüllungs-MID



b) Vollfüllungs-MID



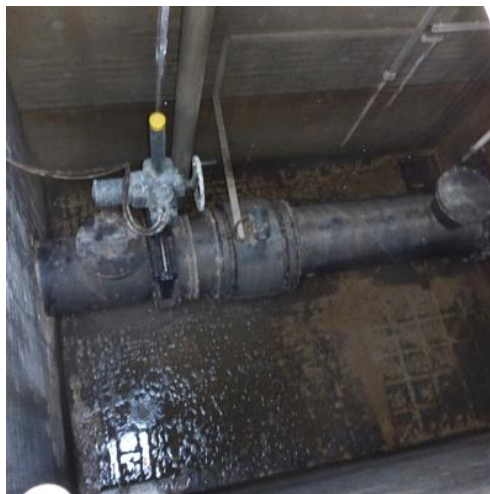
c) Teilfüllungs-MID



d) Vollfüllungs-MID



e) Teilfüllungs-MID



f) Anlage ohne Bestandsinformationen/-unterlagen

Bild 111 MID-Schiebersysteme der Vor-Ort-Untersuchungen (vgl. Tabelle 53)

Folgende Probleme konnten an diesen Anlagen identifiziert werden:

Zwei Teilfüllungs-MID-Schiebersysteme eines Herstellers fielen durch Störanfälligkeiten (Umstellung von Teil- auf Vollfüllung) und Messungenauigkeiten auf. Diese Fehlerquellen konnten nicht behoben werden, so dass zumindest in einem Fall ein Austausch der Technik erfolgte.

Bei der dritten Anlage mit Teilfüllungs-MID-Schiebersystem waren hingegen keine Auffälligkeiten vorzufinden – hier zeigte ein Abgleich von Planunterlagen und Regelwerken mit der Bauausführung keine Abweichungen von Vorgaben.

Die beiden Drosseleinrichtungen mit Vollfüllungs-MID-Schiebersystemen zeigten mit Blick auf die Drosselabflüsse keine Auffälligkeiten. Jedoch gestaltete sich die Kalibrierprüfung in einem Fall als schwer durchführbar. Hier ist eine suboptimale Bauwerksgeometrie ursächlich: Das MID-Schiebersystem wurde nachgerüstet, das bestehende Bauwerk war allerdings auch nicht für die Aufnahme einer solchen Messeinrichtung geplant worden.

Die sechste Anlage konnte begangen und inspiziert werden, allerdings waren aufgrund fehlender Plan-, Bestands- sowie sonstiger hilfreicher Unterlagen keine weiteren Daten verfügbar, die beispielsweise eine Kalibrierprüfung ermöglicht hätten. Zumindest das Typenschild war auf der Messeinrichtung vorhanden. Ein Vorschlag für eine Vorgehensweise zur Prüfung findet sich in Abschnitt 7.5.4.

6.4.3 Wesentliche Ergebnisse

Die Begehung der Anlagen, die Sichtung der Unterlagen sowie weitere Erfahrungen der IKT-Prüfstelle für Durchflussmessungen lieferten folgende Erkenntnisse:

- Die Vorgaben aus Regelwerken und Einbauhinweisen der Hersteller liefern für Planung und Einbau von MID-Schiebersystemen alle erforderlichen Informationen, die allerdings auch Berücksichtigung finden müssen. Die Qualität der Herstellerangaben kann dabei erheblich variieren. Es empfiehlt sich grundsätzlich, insbesondere die Vorgaben zu Gefälle und Fließgeschwindigkeit im Rohrquerschnitt zu berücksichtigen, um eine ausreichende Schleppkraft sicherzustellen.
- Weiterhin konnte mit Blick auf die Regelwerke nachvollzogen werden, dass bei Berücksichtigung dieser Vorgaben (insbesondere Planung und Bau) die Durchführung von Kalibrierprüfungen stets möglich war. Darüber hinaus wiesen bei den entsprechenden Anlagen diese Kalibrierprüfungen die geringsten Abweichungen vom Soll-Drosselabfluss auf.
- Bei zwei begangenen Bauwerken zeigten teilgefüllte MID-Schiebersysteme Probleme bei der Umstellung von Teil- auf Vollfüllung. Diese Produkte sind allerdings mittlerweile auch nicht mehr auf dem Markt verfügbar.
- Des Weiteren entstanden Probleme für die Durchführung von Kalibrierprüfungen infolge eines Umbaus im Bestand. Die vorherrschenden Platzverhältnisse waren beschränkt. Das MID-Schiebersystem konnte zwar in den Schacht eingebaut werden, da dieser allerdings für ein anderes Drosselorgan geplant worden war, fehlte nunmehr der Platz zur Durchführung von Kalibrierprüfungen.

- Zur Verkürzung des Steuervorgangs sollte eine „Vorabtastung“ mit Stützstellen im Steuerprogramm vorgesehen werden: Der Schieber wird zunächst abhängig vom Oberwasserstand in eine vorher bestimmte Position gefahren, bei der annähernd der gewünschte Sollabfluss erreicht wird. Erst bei dieser Position setzt dann die Regelung ein.
- Eine „Notstellung“ sollte vorgesehen werden: Bei Ausfall der Regelung, z. B. bei Störung des MID's, sollte der Schieber in eine feste Position (Notstellung) fahren, bei der ein gesicherter Betrieb bis zur Behebung des Fehlers möglich ist. Diese Position muss abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten festgelegt werden.
- Fahrweg und Geschwindigkeit des Schiebers müssen berücksichtigt werden; Diese besitzen einen unmittelbaren Einfluss auf die Regelung, d. h. die Zeitkonstanten im System müssen aufeinander abgestimmt sein. Der Schieber muss schneller bewegt werden können als sich der Durchfluss ändert. Dies vermeidet ein „Aufschwingen“ der Regelung, m. a. W.: Die Änderung der Stellgröße des Schiebers darf nicht schneller erfolgen als der Schieber verfahren werden kann.
- Eine Aufzeichnung des Schieberweges ist wünschenswert, um einen Plausibilitätscheck bzgl. der Durchflussmenge zu erhalten.

Aus diesen Ergebnissen werden Hinweise für die praktische Anwendung formuliert. Diese sind in Abschnitt 7.5 enthalten.

7 Hinweise und Empfehlungen zum Bau und Betrieb von Drosseleinrichtungen

7.1 Allgemeines

Nach Darstellung wesentlicher Regelwerke und rechtlicher Randbedingungen in den entsprechenden Abschnitten, werden nachfolgend 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, die Netzbetreibern eine Hilfestellung für den Betrieb von Drosseleinrichtungen sein soll.

7.2 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 20 in Abschnitt 4.5.3.1). 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.

7.3 Anforderungen von Netzbetreibern

7.3.1 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.

7.3.2 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. Explizit wurde genannt, dass sich beim Alpheus Automatik von Biogest Verschleißerscheinungen zeigen. Das Reißen der Schläuche ist hier eine beobachtete Schwachstelle.

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 Belüftung gesorgt und bevorzugt Edelstahl oder Polyethylen 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 Einstiegsituation 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 nachstehende Rangfolge ergibt sich aus den gewichteten Anforderungen durch die befragten Netzbetreiber:

1. Geringer Wartungsaufwand

Auch das Thema Wartungsaufwand findet Erwähnung. Ein geringer Wartungsaufwand ist 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 grundsätzlichen Funktionsweise 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 Wasserstandsmessgeräte 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

Für Anlagen, die mit einer Energieversorgung ausgestattet sind, hat demnach diese Anforderung keine Bedeutung. Bei Anlagen ohne Energieversorgung ist die Anforderung wiederum wichtig und steht im direkten Zusammenhang mit der messtechnischen Ausstattung. Grundsätzlich lassen sich fremdenergiefreie Drosselorgane durch Messtechnik, die solar- oder batteriebetrieben ist, ergänzen. Somit ist 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 demnach 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.

7.4 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 die Stärken und Schwächen der einzelnen Testobjekte enthält. 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 des Berichtes) werden an dieser Stelle keine Drosselorgane detailliert betrachtet. Ist hingegen bekannt, welches Drosselorgan verwendet werden wird, ist das Einholen von Informationen und Anforderungen angezeigt. Kenntnisse über die baulichen und hydraulischen Randbedingungen sind darüber hinaus in jeder Phase der Planung und Ausführung hilfreich.

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 Sohl sprung/-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 3.3; 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, dann 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 Netzbetreiberbefragung 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 Probebetrieb. Um das Betriebspersonal mit der Anlage vertraut zu machen, bietet es sich an, dieses in die o.g. Prozesse einzubeziehen.

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 bestandenem Testlauf (Probebetrieb 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

Mit diesem Katalog ist eine Vorgehensweise für die Montage von Drosselorganen beschrieben, die bei entsprechender Umsetzung einen erfolgreichen Betrieb der Drosseleinrichtung ermöglichen kann. Zur Verdeutlichung ist in Bild 112 die Textfassung in ein Ablaufdiagramm überführt worden. Dabei wird empfohlen, die Checkliste (vgl. Abschnitt 7.6) zur Erfassung und Kontrolle der Bestandsdaten anzuwenden.

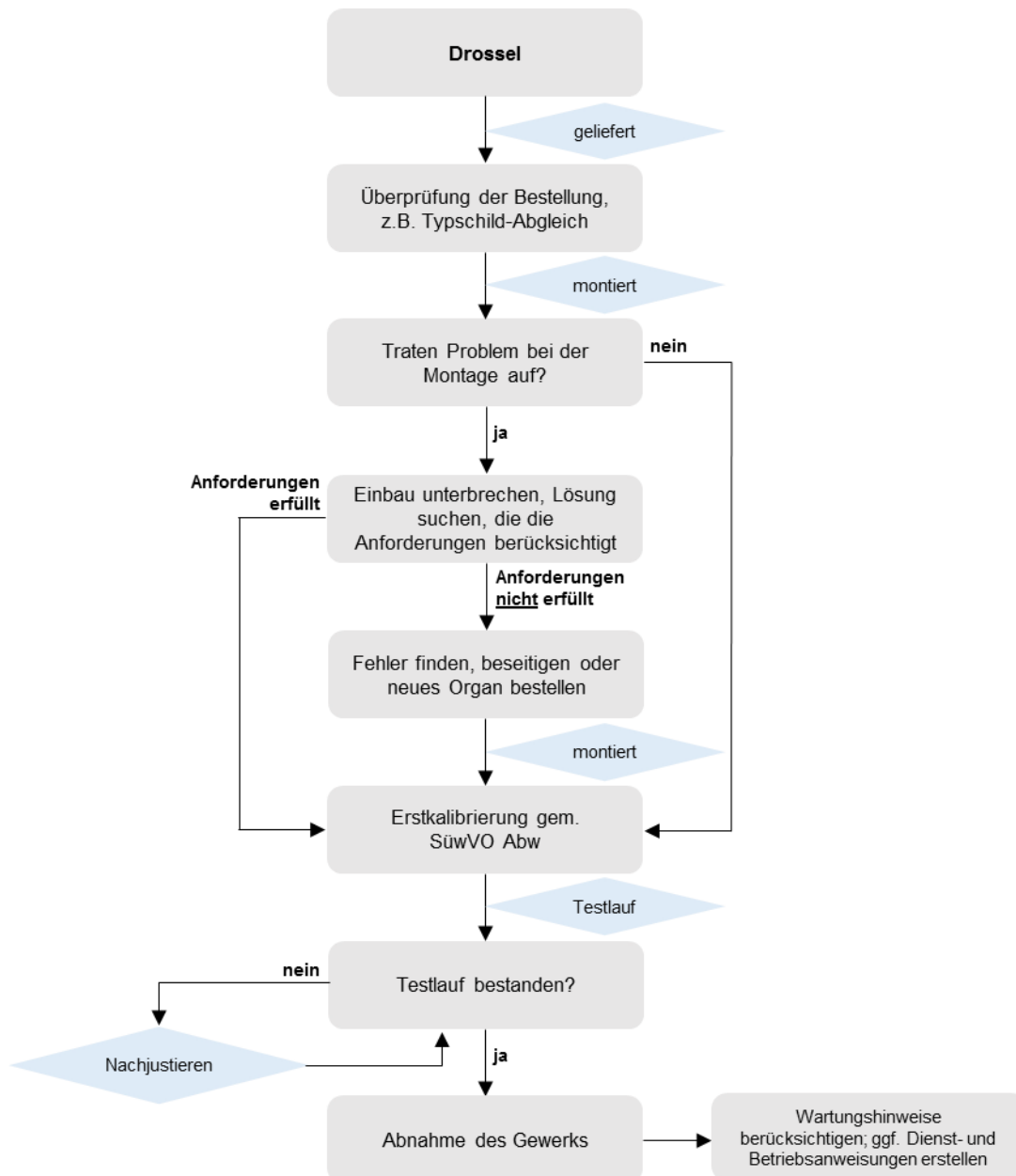


Bild 112 Ablaufdiagramm: Montagehinweise für den Einbau von Drosselorganen

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.

7.5 Hinweise für MID-Schiebersysteme als Drosselorgane

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 3.3.1.3) 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 dieses Berichtes dargestellt. Nachfolgend finden sich Hinweise für

1. Planung,
2. Bau und
3. Betrieb

von MID-Schiebersystemen.

7.5.1 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 3.3.1, 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.

7.5.2 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 vom Plan erkennen und ggf. verhindern zu können im Sinne einer optimalen Betriebsweise des Organs bzw. Bauwerks.

Auch wenn Begehungen von Bestandsanlagen zeigten (vgl. 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.

7.5.3 Wesentliche konstruktive Hinweise für unterschiedliche Bauformen der MID-Schiebersysteme

1. Allgemeines

Grundsätzlich ist es erforderlich zur Vermeidung von Rückstau im Zulaufkanal, eine ausreichende Höhendifferenz zwischen diesem und der Drosselstrecke einzuplanen – i.d.R. sind hier 15 bis 20 Zentimeter zur Überdeckung von Volfüllungs-MID's ausreichend. 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 in dem Fall einzubauen und zu betreiben, wo 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 Verlegungen des Dükers zu vermeiden
- 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. Spülverfahren 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, da Schwimmstoffe im oberwasserseitigen Schacht weitgehend nicht vorhanden sind.

7.5.4 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 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 Wassermengen 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 Informationen über die Anlage sowie Parameter der Steuerung in möglichst hoher Anzahl 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 fehlenden Informationen:

Die nachfolgend aufgeführte Vorgehensweise stellt eine Möglichkeit dar, MID-Schiebersysteme zu prüfen, ohne über Informationen zur Drosseleinrichtung – Bauwerk einschließlich 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

7.6 Checkliste

7.6.1 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 wird die Checkliste durch einen allgemeinen Abschnitt am Anfang jeder Liste mit allgemeinen Informationen:

- Datum,
- Anlagenbezeichnung,
- Name des Prüfers.

7.6.2 Kategorien von Drosselorganen

Nachfolgend werden alle technischen Angaben zum Drosselorgan festgehalten. Der Unterpunkt „Funktionsprinzip“ zeigt typische Vertreter aktiver Steuerungen und Regelungen sowie passiver Steuerungen. Dabei werden Oberbegriffe verwendet, die an dieser Stelle genauer definiert werden:

- Der Begriff „**Schwimmer-Schieber**“ ist dabei ein Oberbegriff für alle durch Schwimmer gesteuerte Schieber, z.B. Steinhard HydroSlide, Biogest Alpheus etc.
- Der Begriff „**elektr. gest. Schieber**“ bezeichnet alle Schiebersysteme, die durch einen Stellmotor betrieben werden. Entscheidend ist dabei, dass es sich nicht um eine Regelung handelt. Typischerweise wird der Oberwasserstand mit einem Sensor erfasst und daraus die Schieberstellung erzeugt.
- Die Unterscheidung zwischen **Wirbelventil** und **Wirbeldrossel** wird in Übereinstimmung mit dem Hersteller UFT getroffen. Bei Wirbelventilen handelt es sich um aktive Drosselorgane, erkennbar ist dies an der Q(h)-Kennlinie, die sich von dem parabelförmigen Verlauf passiver Wirbeldrosseln unterscheidet (vgl. Produktflyer Wirbeldrossel [34] und Wirbelventil [35]).

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 2.1.5) 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, austauschbar) und ob die Anbindung an ein Fernwirksystem möglich ist (vgl. Tabelle 54).

Tabelle 54: Ausschnitt 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	
	aktiv	passiv	
	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		

7.6.3 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 55).

Tabelle 55: Ausschnitt 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:			

7.6.4 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.

Der entsprechende Abschnitt wird in der Checkliste untergliedert. Im ersten Teil werden die Mindestmaße des Drosselorgans und der Notentleerungsleitung überprüft. Im Anschluss daran folgen die Anforderungen an die bauliche Gestaltung:

Tabelle 56: Ausschnitt Checkliste zur 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?			

7.6.5 Wartung / Instandhaltung

Wartungsaufwand ist ein wichtiges Kriterium für die Auswahl von Drosselorganen und den Betrieb von Drossleinrichtungen. 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 Drossleinrichtung zu betreiben. Da der Ist-Zustand eng mit der durchgeführten Pflege der Einrichtung verbunden ist, ist die Erhebung beider Positionen in diesem Zusammenhang sinnvoll.

Tabelle 57: Ausschnitt Checkliste zu Wartung / 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:			

7.6.5.1 Randbedingungen für die Kalibrierung

Um die hydraulische Kalibrierung durchführen zu können, sind bestimmte Randbedingungen wichtig. 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 58: Ausschnitt Checkliste zu 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: Luftetrug 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 $2/3 h_b$)	$2/3 h_b = \underline{\hspace{2cm}}$ m, $2 \times D_{Dr} = \underline{\hspace{2cm}}$ m	
Bemerkung:		

Abschließend sei der Hinweis gegeben, dass diese Checkliste(n) angewendet werden sollen und darüber hinaus an die individuellen Bedürfnisse des Anwenders angepasst werden können.

8 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 vorliegenden Langbericht detailliert sowie in der 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 (Süw VO 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 Probebetrieb) 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 aber 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.

9 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 Betrieb⁴) 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

⁴ In der Simulation des Betriebsverhaltens wurde durchweg auf besondere Wartungsarbeiten und äußere Eingriffe verzichtet.

Soll-Drosselabfluss auswirken, in jedem Fall aber nachteilig. Dabei waren technische (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.

10 Literatur

- [1] Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen, *Selbstüberwachungsverordnung Abwasser – SÜwVO* Abw. Gesetz- und Verordnungsblatt (GV. NRW.) vom 17.10.2013.
- [2] Abwasserkontrollverordnung, *Eigenkontrollverordnung - EKVO*. Gesetz- und Verordnungsblatt (GVBl. Hessen) vom 04.08.2010.
- [3] Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen, *Eigenüberwachungsverordnung - EÜV*. Gesetz- und Verordnungsblatt (GVBl. Bayern.) vom 20. 09.1995.
- [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/>. 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, Durchflussmessenrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen.
- [25] Bosseler, B., Birkner, T., Cremer, S.: Durchflussmessenrichtungen 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] Brombach et al., *Rating of overflow activity of CSO tanks*, 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/Denmark, 21-26 August 2005.
- [30] Prüfzertifikat der NIVUS GmbH, Eppingen, Zertifikatnummer: 2018/1890147/07.
- [31] Niemann, A.; Schmuck, S.: Abschlussbericht: Sonderfragestellungen der Hydraulik: Essen, Dezember 2017 (unveröffentlicht).
- [32] APA Produktflyer, Informationen abrufbar unter: http://www.apa-gmbh.com/download/downloads/apa_ssd.PDF, Zugriff: 03.07.2017.
- [33] Janshen, D.: schriftliche Auskunft vom 13.11.2017: Re: Auftragsnummer 17102, IKT Gelsenkirchen, Drosselwarentest E-Mail: dirk.janshen@bgu-online.de.
- [34] UFT - Produktflyer FluidVortex, Informationen abrufbar unter: <http://www.uft-brombach.de/hydro-mechanik/abfluss-wasserstand/011-abflusssteuerung-passiv/detail/0111-wirbeldrossel-uft-fluidvortex/>. Zugriff: 10.01.2017.
- [35] UFT - Produktflyer FluidCon, Informationen abrufbar unter: <http://www.uft-brombach.de/hydro-mechanik/abfluss-wasserstand/012-abflusssteuerung-aktiv/detail/0121t-konisches-wirbelventil-halbtrockene-aufstellung-uft-fluidcon/>. Zugriff: 01.12.2016.