

MÖGLICHKEITEN DER MESSTECHNISCHEN ÜBERPRÜFUNG VON DROSSELORGANEN

Kai Klepizewski, Eppingen

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Meist unterhalb von Emissionspunkten in Gewässer gelegen (z.B. Bauwerke der Mischwasserentlastung) limitieren Drosseleinrichtungen den Durchfluss in das nachgeschaltete Kanalnetz oder Gewässer. Im Mischsystem, das hier im Mittelpunkt des Interesses steht, sollen sie die hydraulische Belastung unterhalb liegender Bauwerke und der Kläranlage beschränken, ohne hohe Entlastungsemissionen in Gewässer zu verursachen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Höhe des Drosselabflusses von Einzelbauwerken sowie ihr Zusammenwirken mit ungedrosselten Abflüssen aus angeschlossenen Einzugsgebieten und gedrosselten Abflüssen anderer Bauwerken in der Regel aufeinander abgestimmt ist. Drosselabflüsse wirken sich dabei entscheidend auf transportierte Volumen-, Stoffströme und damit den Betrieb des Gesamtsystems aus. Die entscheidende Rolle festgelegter Drosselabflüsse wird dadurch unterstrichen, dass sie Bestandteil der wasserrechtlichen Genehmigung der Bauwerke sind, an denen sie eingehalten werden müssen.

Eine Überschreitung des vorgegebenen Drosselabflusses führt zwar zu einer reduzierten Überlauf-tätigkeit am betroffenen Bauwerk, bewirkt gleichzeitig eine höhere Beaufschlagung des Systems unterhalb. Das steigert in der Regel die Emissionen in Gewässer über Entlastungen und Kläranlage. Wird der vorgegebene Drosselabfluss an einem Bauwerk unterschritten, führt dies am betroffenen Bauwerk zu verlängertem Einstau sowie zu verlängerter und erhöhter Entlastungstätigkeit.

1.2 Rechtliche Grundlagen und Umsetzung

Die rechtlichen Grundlagen zur Überprüfung von Bauwerken, die der Regentlastung und der Regenrückhaltung dienen, bilden Landesverordnungen einzelner Bundesländern. Hierzu zählen beispielsweise die Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen (SüwVO Abw, 2013) in Nordrhein-Westfalen, die Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO H, 2010) des Landes Hessen sowie die Verordnung des Umweltministeriums über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (EKVO BW, 2014) des Landes Baden-Württemberg. Weitergehende Vorgaben und Hinweise zur Durchführung der Bauzustandsprüfung sowie zur betrieblichen und hydraulischen Prüfung von Drosseleinrichtungen in Nordrhein-Westfalen und Hessen enthalten die „Technischen Hinweise zur Drosselkalibrierung“ des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen (LUA, 2003)^{a,b} bzw. das Merkblatt D 2.10 „Durchflussmesseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen“ des hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG, 2016).

In der nordrhein-westfälischen Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen (SüwVO Abw, 2013) werden in §2 in Verbindung mit Anhang 1 Angaben zu Umfang, Art und Häufigkeit der Überwachung der von Drosseleinrichtungen gemacht. Diese werden in den „Technischen Hinweisen zur Drosselkalibrierung“ (LUA, 2003^a) zusammengefasst und durch Hinweise ergänzt. Hier wird eine jährliche Inspektion von Drossel- und Messeinrichtungen gefordert. Zusätzlich wird eine Erstprüfung mit hydraulischer Kalibrierung neuer Drosseleinrichtungen verlangt. Je nach Randbedingungen ist diese alle 5 Jahre zu wiederholen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht Überprüfungen von Drosseleinrichtungen (nach LUA, 2003^a)

Erstprüfung	Folgeprüfung			
	Drosselanlagen ohne bewegliche Teile		Drosselanlagen mit beweglichen Teilen	
Alle Drosselanlagen	Drosselanlagen ohne bewegliche Teile		Drosselanlagen mit beweglichen Teilen	
Hydraulische Kalibrierung	Inspektion Drossel- und Messeinrichtungen	Hydraulische Kalibrierung	Inspektion Drossel- und Messeinrichtungen	Hydraulische Kalibrierung
Erstmalig	Jährlich	-	Jährlich	Alle 5 Jahre
Umfang nach LUA (2003) ^a	Nach SüwVO Abw (Betriebsanweisung)	*)	Nach SüwVO Abw (Betriebsanweisung)	Umfang nach LUA (2003) ^a
Dokumentation Abflusskurve	Feststellung von Veränderungen	Nur bei relevanten Änderungen	Feststellung von Veränderungen	Feststellung ordnungsgemäße Funktion

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

In Baden-Württemberg werden Vorgaben in Bezug auf Drosselüberprüfungen in einer Begründung zur Eigenkontrollverordnung konkretisiert, die mit Hinweisen für Betreiber kommunaler Abwasseranlagen in einer Publikation der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg zur Eigenkontrollverordnung zusammengefasst sind (LfU, 2001). Danach wird es als erforderlich angesehen Drosseleinrichtungen alle 5 Jahre zu überprüfen und nötigenfalls zu justieren, um eine bestmögliche Nutzung des vorhandenen Beckenvolumens zu ermöglichen. Weiterhin wird der Einsatz von Dreiecksmesswehren in geeigneten Schächten zur Prüfung von Drosseleinrichtungen empfohlen. Zusätzlich wird die Möglichkeit erwähnt, bei absperrbarem Beckenzufluss eine volumetrische Überprüfung der Drosseleinrichtung über Wasserspiegeldifferenzen durchführen zu können.

1.3 Begriffsdefinitionen, Typen und Aufstellung von Drosselorganen

Im Zusammenhang mit Drosseln werden in LUA (2003)^a folgenden Bezeichnungen unterschieden:

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

Je nach Eigenschaften von Drosselorganen wird zwischen verschiedenen Typen unterschieden. Unterscheidungsmerkmale sind dabei Organe mit/ohne bewegliche Teile, mit aktiver/passiver Durchflussbeeinflussung, mit/ohne Fremdenergiebetrieb und mit berechenbarer/nicht berechenbarer Ab-

flussleistung (HLNUG, 2016). Tabelle 2 gibt einen Überblick über verschiedenen Klassifizierungen von Drosseltypen mit entsprechenden Beispielen für Drosselorgane.

Tabelle 2: Klassifizierung von Drosselorganen anhand unterschiedlicher Eigenschaften nach HLNUG (2016)

Mit beweglichen Teilen			Ohne bewegliche Teile					
Aktiv			Passiv					
Mit Fremdenergie			Ohne Fremdenergie					
Pumpen	Elektromechanische Steuerungen	Elektromechanische Regelungen	Mechanische Steuerungen	Mechanische Steuerungen	Wirbelventile	Wirbeldrosseln	Drosselblenden, Drosselschieber	Rohrdrosseln, Drosselstrecken

Weiterhin wird zwischen verschiedenen Arten der Aufstellung von Drosselorganen unterschieden (siehe auch Bild 2):

- Nasse Aufstellung: Drosselorgan (D) ist vor Ablauföffnung im Einstaubereich der Regenwasserbehandlung (RB) aufgestellt.
- Halbtrockene Aufstellung: Drosselorgan ist in Schacht unterhalb des Regenwasserbehandlung angeordnet.
- Trockene Aufstellung: Drosselorgan ist in Drosselbauwerk (DBw) durch geschlossene Rohre mit Regenwasserbehandlung oberhalb und dem Kanalnetz unterhalb verbunden.

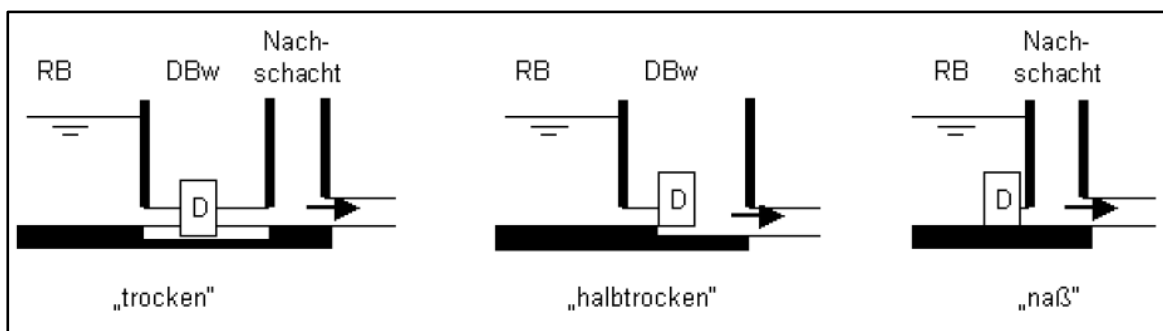


Bild 2: Möglichkeiten der Aufstellung von Drosselorganen (DWA, 2013)

Weitere detaillierte Informationen zu einzelnen Typen von Drosselorganen und der Funktionsweise gibt, neben den bereits erwähnten Publikationen, auch das Handbuch für den Betrieb von Regenüberlaufbecken (DWA, 2012).

2 Messtechnische Überprüfung von Drosselorganen

In den „Technischen Informationen zur Drosselkalibrierung“ (LUA, 2003^a) des Landesumweltamtes Nordrhein-Westfalen wird das Vorgehen bei der hydraulischen Kalibrierung von Drosseleinrichtungen genau vorgegeben. Die weiteren Ausführungen orientieren sich an den Inhalten dieses Dokuments. Einen näheren praxisbezogenen Überblick über Drosseleinrichtungen und deren Prüfung enthält Teil dieses Dokuments (LUA, 2003^b)

Die hydraulische Kalibrierung muss für Regenklärbecken, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle und Regenrückhaltebecken durchgeführt werden. Sie beinhaltet neben einer Gesamtbeurteilung der Drosseleinrichtung sowie der Betriebsbedingungen eine messtechnische Kontrolle. Dabei ist das Ziel der messtechnischen Kontrolle die Abweichungen zwischen dem in der wasserrechtlichen Genehmigung festgelegten Drosselabfluss und dem Drosselabfluss unter realen Betriebsbedingungen. Weiterhin wird gefordert, dass Personen, die die Prüfung der Drosseleinrichtung vornehmen, entsprechende detaillierte Kenntnisse und Erfahrungen haben.

2.1 Beurteilung der Drosseleinrichtung

Im Rahmen der geforderten Gesamtbeurteilung werden insbesondere bei der Erstprüfung einer Drosseleinrichtung zahlreiche Informationen und Daten zur Drosseleinrichtung und den ober- und unterhalb liegenden Bauwerken benötigt:

- Beschreibung der Funktionsweise der Anlage
- Bedienungsanweisung, Wartungsanweisungen und –pläne
- Vorkehrungen gegen Betriebsstörungen und außergewöhnliche Betriebszustände sowie Anweisungen zu deren Beseitigung und zu entsprechenden Alarmmeldungen
- Hinweise zu spezifischen Unfallverhütungsvorschriften
- Verantwortliche Person für Betrieb
- Bauwerkspläne und Pläne zu Kanalverlauf

Auf der Grundlage dieser Informationen kann je nach Randbedingungen (z.B. Typ Drosselorgan, Absperr- und Einstaummöglichkeiten) eine Vorauswahl für geeignete Messmethoden zur Durchführung von Vergleichsmessungen (Referenzmessung) und begleitenden Maßnahmen getroffen werden.

Vor Ort sind danach folgende Punkte zu beurteilen und zu prüfen:

- Zustandsbeurteilung (z.B. Einbauvorgaben für Drosselorgan eingehalten?)
- Überprüfungen der Abmessungen, Höhenverhältnisse
- Bewertung vorliegender Betriebsbedingungen (z.B. Anzeichen von Rückstau, Einhaltung Wartungsintervalle)

Weiterhin beinhaltet die Prüfung vor Ort die Messung der Drosseldurchflüsse in Abhängigkeit vom Füllstand der oberhalb liegenden Regenwasserbehandlung.

2.2 Aufnahme der Abfluss-Füllstand-Beziehung der Drosseleinrichtung

Die Aufnahme von Messwerten zur Feststellung der Füllstand-Abfluss-Beziehung kann entweder durch die Beobachtung des Systemverhaltes bei Regenereignissen oder mit Hilfe der Simulation einer Regenwetterbeaufschlagung durch Einstau des betrachteten Bauwerks mit Trockenwetterabfluss erfolgen. Um den zeitlichen Aufwand der Messungen zu reduzieren, wird in der Regel die Simulation einer Regenwetterbeaufschlagung vorgenommen.

Bei der Simulation des Regenwetterfalles bei Bauwerken im Hauptschluss gelten folgende Empfehlungen, um Aussagen über das Betriebsverhalten der Drosseleinrichtung über den gesamten Einstaubereich treffen zu können:

- Mindestfüllung des Beckens: 2/3 der maximalen Einstauhöhe
- Unterster Füllstand, der in Bewertung eingeht: 2-facher Durchmesser ablaufendes Rohr der Drosselanlage

Bei dieser Simulation können Rückstaeinflüsse des unterhalb liegenden Kanalnetzes nicht berücksichtigt werden. Nach der künstlichen Füllung des Beckens mit Trockenwetterabfluss wird das Drosselorgan wieder auf Automatikbetrieb gestellt. Danach werden zeitgleich voneinander unabhängige Messungen des Füllstands vor dem Drosselorgan und des Durchflusses durch das Drosselorgan vorgenommen.

Bei Bauwerken im Nebenschluss geht der Füllstand im Trennbauwerk in die Bewertung ein. Da das Stauvolumen im Trennbauwerk begrenzt ist, kann zur Simulation eine Teilfüllung des Beckens im Nebenschluss erfolgen. Zur Simulation wird dann die Beckenentleerung ausgelöst.

In jedem Fall ist bei der Simulation des Regenwetterfalls auf ein ausreichendes Freibord zum Überlauf zu achten, um Trockenwetterentlastung zu vermeiden.

2.3 Messung des Drosselabflusses

Mit Hilfe einer Referenzmessung des Drosselabflusses mit einer unabhängigen Durchflussmessung werden die Abweichungen des vorhandenen Drosselabflusses vom vorgegebenen Soll-Wert ermittelt. Dabei muss das gewählte Referenzmessverfahren an die Betriebsbedingungen angepasst sein. Außerdem dürfen die Abflussverhältnisse an der Drosseleinrichtung durch die Referenzmessung nicht beeinflusst werden.

Bei der Messung des Durchflusses werden folgende Verfahren unterschieden:

- Hydraulische Verfahren (Abfluss-Füllstand-Beziehung z.B. Messwehre)
- Fließgeschwindigkeitsverfahren (Bestimmung über mittlere Fließgeschwindigkeit und Durchflussquerschnitt)
- Verdünnungsmessung (einmalige oder kontinuierliche Tracerzugabe)

Bei bekannter Durchflusscharakteristik des Drosselorgans kann die Prüfung des Drosselorgans auch über eine genaue Erfassung des Füllstands im Becken bei gleichzeitiger Kontrolle der Stellbewegungen des Drosselorgans durchgeführt werden.

Ist es möglich den Zufluss zum Bauwerk zu unterbrechen, dessen Drosseleinrichtung zu prüfen ist, kann der Drosselabfluss auch über eine Füllstand-Volumen-Beziehung erfolgen. Hierzu ist allerdings die genaue Kenntnis der Kennlinie des Speicherinhalts notwendig, die auf detaillierten Informationen zur Beckengeometrie beruht.

Ist die Einrichtung einer Referenzmessung des Durchflusses nur im weiter unterhalb liegenden Kanal möglich, ist darauf zu achten, dass weitere Zuflüsse, die zwischen Drosseleinrichtung und Referenzmessung eingeleitet werden, ebenfalls gemessen und vom Durchflusswert der Referenzmessung abgezogen werden.

2.4 Bewertung der ermittelten Durchfluss-Füllstand-Kennlinie

Maßgebend für die Bewertung einer Drosseleinrichtung ist immer der Vergleich gemessener Referenzdurchflüsse mit dem Durchfluss, der in der wasserrechtlichen Genehmigung festgelegt ist. Beträgt die Abweichung der in der Kennlinie erfassten Durchflüsse vom gegebenen Sollwert nicht mehr als 20% sind die Anforderungen an die Drosseleinrichtung erfüllt.

Enthält die wasserrechtliche Genehmigung eine Drosselkennlinie, gehen die Abweichungen für den jeweils gemessenen Füllstand vom Sollwert der Kennlinie in die Bewertung ein.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Bewertung eines Drosselorgans exemplarisch dargestellt. Bei dem geprüften Drosselorgan handelt es sich um einen Drosselschieber, der über eine magnetisch-induktive Durchflussmessung (MID) geregelt wird (siehe Bild 2). Es begrenzt den Abfluss aus einem Becken im Nebenschluss. Die Vergleichsmessung wurde mit einer Ultraschall-Laufzeitmessung (Clamp-on-Sonden) durchgeführt (siehe Bild 3, links). Zur Erfassung des Füllstands im Becken wurde eine Sonde zur Messung des hydrostatischen Drucks verwendet (siehe Bild 3, rechts).

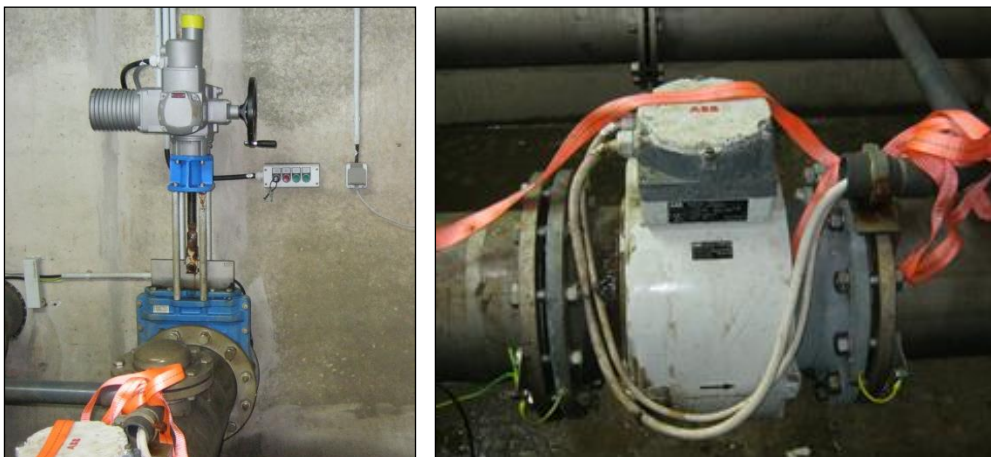


Bild 2: Geregelter Drosselschieber (links) und MID zur Erfassung des Drosselabflusses als Regelgröße Drosselabfluss (rechts)

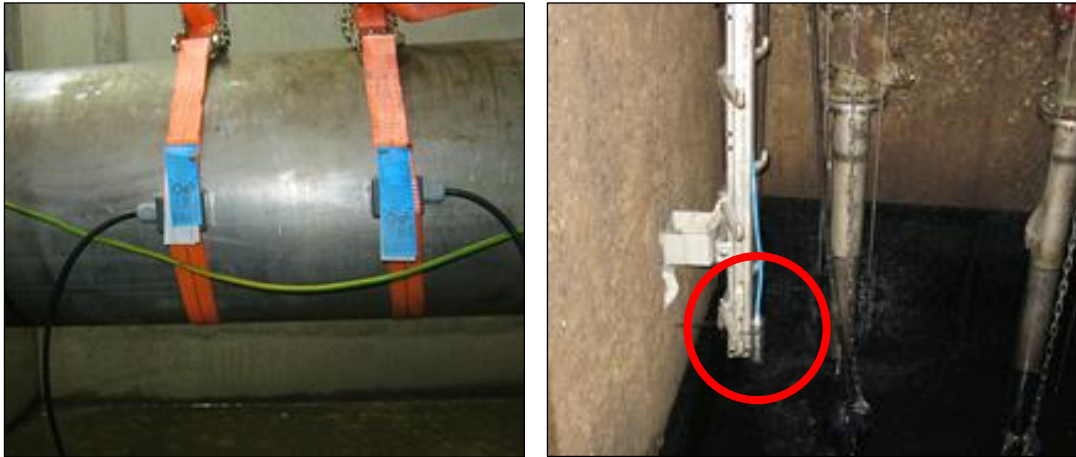


Bild 3: Vergleichsmessung Durchfluss (links) und Erfassung Beckenfüllstand (rechts)

In Bild 4 ist das Ergebnis der Aufnahme der Drosselabfluss-Füllstand-Kennlinie dargestellt. Es belegt, dass der vom Drosselorgan geregelte Drosselabfluss die Anforderungen erfüllt. Er liegt innerhalb des Bereichs von $\pm 20\%$ des Sollabflusses. Wären Abweichungen von mehr als 20% vorhanden, müsste innerhalb eines Jahres eine Sanierung durchgeführt werden.

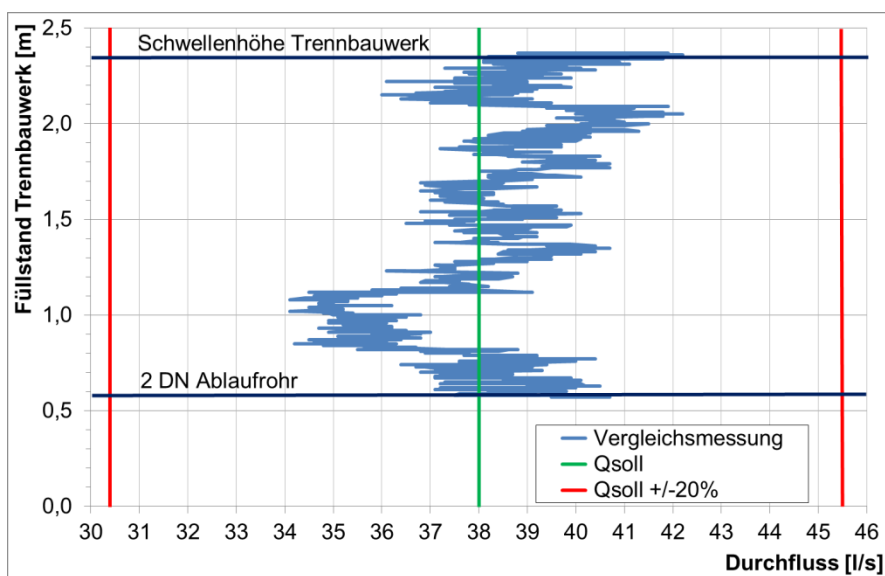


Bild 4: Durchfluss-Füllstand-Kennlinie des Drosselorgans mit Bereich zulässiger Abweichung

2.5 Prüfbericht einer hydraulischen Kalibrierung

Der Bericht muss eine nachvollziehbare Dokumentation der Art der Überprüfung und der Prüfergebnisse beinhalten. Auf der Grundlage des Prüfberichts muss es sachkundigen Personen möglich sein, sich einen Überblick über die Drosseleinrichtung und ihre Funktionstüchtigkeit zu verschaffen.

Dabei muss der Bericht folgende Informationen enthalten:

- Bezeichnung und Lage der Drosseleinrichtung
- Genehmigungs- und Auslegungsdaten

- Aufmaß der Drosseleinrichtung
- Datum/Uhrzeit der Prüfung
- Hydrometrische Beurteilung
- Beschreibung der Art der Prüfung (Methode der Vergleichsmessung, Prüfung Stellbewegung)
- Füllstand-Durchfluss-Kennlinie
- Berechnung gemessener Drosselabfluss und Abweichung vom Sollwert
- Fazit mit Bewertung der Anlage und nötigenfalls Maßnahmenvorschläge zur Ertüchtigung der Drosseleinrichtung

3 Überblick über Ergebnisse von hydraulischer Kalibrierungen

Die vorliegenden Ergebnisse von hydraulischen Kalibrierungen geben einen Überblick über die Einhaltung des Kriteriums von $\pm 20\%$ Q_{soll} geprüfter Drosselorgane. Sie umfassen die Ergebnisse der Prüfung von 60 Drosselorganen verschiedenster Ausführung. Einen Überblick über den Anteil unterschiedlicher Arten von Drosselorganen die in die Auswertung eingegangen sind gibt Bild 5.

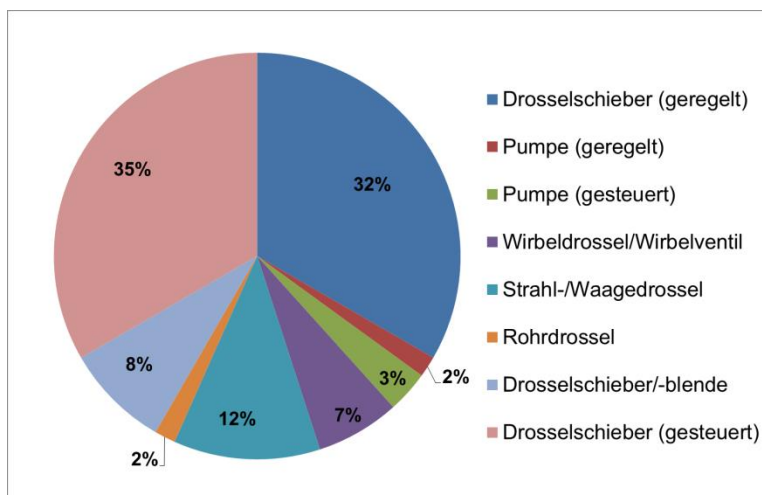


Bild 5: Anteil verschiedener Arten geprüfter Drosselorgane

Eine Gegenüberstellung der genehmigten Drosselabflüsse (Q_{soll}) und der gemessenen maximalen Drosselabflüsse ($Q_{\text{max, Vergleich}}$) ist in Bild 6 dargestellt. Bei Übereinstimmung von genehmigtem und gemessenem Abfluss müssten die einzelnen Punkte auf der Geraden $Q_{\text{soll}} = Q_{\text{max, Vergleich}}$ (rote Linie in Bild 6) liegen. Das transparente rote Feld in Bild 6 stellt den Bereich der erlaubten Abweichung von $\pm 20\%$ Q_{soll} dar. Es ist deutlich erkennbar, dass viele Drosseln die erlaubte Abweichung überschreiten. Der Anteil an Drosselorganen deren Durchfluss von Q_{soll} um mehr als $\pm 20\%$ abweicht beträgt 72%. Würde das $\pm 20\%$ -Kriterium auf den mittleren gemessenen Drosselabfluss angewendet, wären 48% der Drosselorgane betroffen. Das Ergebnis verdeutlicht, dass eine Überprüfung von Drosseleinrichtungen einen großen Beitrag dazu leistet, Bauwerke der Regenwasserbehandlung und damit das gesamte betroffene Entwässerungssystem in den vorgesehenen Betriebszustand zu versetzen.

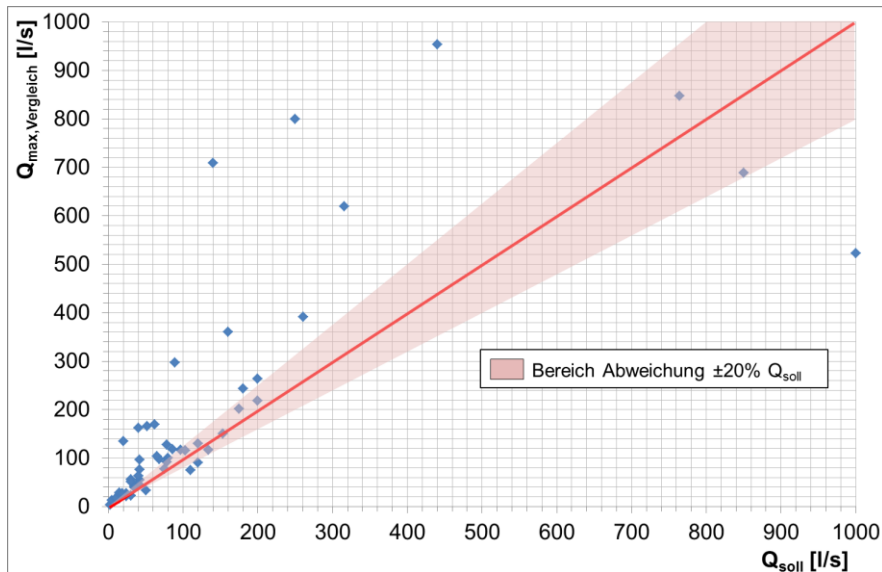


Bild 6: Vergleich Q_{soll} -Drosselabflüsse mit maximalen Durchflusswerten der Vergleichsmessung für 60 Drosselorgane

4 Literatur- und Quellennachweis

- DWA (2012): Handbuch für den Betrieb von Regenüberlaufbecken in Baden-Württemberg - Fachliche Grundlagen und Empfehlungen für die Praxis, DWA - Landesverband Baden-Württemberg, Stuttgart.
- DWA (2013): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Arbeitsblatt DWA-A 166, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef.
- EKVO BW (2014): Verordnung des Umweltministeriums über die Eigenkontrolle von Abwasseranlagen (Eigenkontrollverordnung – EKVO). Baden Württemberg, in der Fassung vom 20. Februar 2001 (GBl. S. 309), zuletzt geändert durch Artikel 14 des Wassergesetzes für Baden-Württemberg vom 3. Dezember 2013, GBl. Nr. 17, S. 389.
- EKVO H (2010): Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO). Hessen, GVBl. I 2010 S. 257.
- HLNUG (2016): Durchflussmeseinrichtungen und Drosselorgane in Abwasseranlagen – Gestaltungsgrundsätze, Planungshinweise, Prüfmethode, im Hinblick auf die hessische Abwassereigenkontrollverordnung (EKVO), Merkblatt D 2.10, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie.
- LfU (2001): Die neue Eigenkontrollverordnung (EKVO) – Hinweise für Betreiber kommunaler Abwasseranlagen. Siedlungswasserwirtschaft, Heft 17, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1. Auflage, Karlsruhe.
- LUA (2003)^a: Technische Informationen zur Drosselkalibrierung – Teil 1: Hydraulische Kalibrierung von Drosseleinrichtungen – Abschlussbericht. Landesumweltamt Nordrheinwestfalen, Essen.

LUA (2003)^b: Technische Informationen zur Drosselkalibrierung – Teil 2: Praxisbezogener Überblick über Drosselanlagen und ihre technische Überprüfung – Abschlussbericht. Landesumweltamt Nordrheinwestfalen, Essen.

SüwVO Abw (2013): Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen - Selbstüberwachungsverordnung Abwasser (SüwVO Abw) vom 17. Oktober 2013, GV. NRW. S. 602.

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Kai Klepizewski
NIVUS GmbH
Abteilung Stadthydrologische Messungen
Im Täle 2
75031 Eppingen
kai.klepizewski@nivus.com