

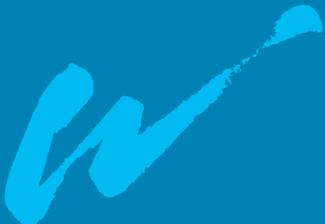


Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken

Praxisratgeber für
Planung, Bau und Betrieb



wasser



Auf einen Blick ...

Titel:	Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken Praxisratgeber für Planung, Bau und Betrieb
Themenbereich:	Wasser
Stand:	Dezember 2023
Herausgeber:	Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Redaktion:	LfU, Referat 67
Ausgabe:	Aktualisierte Neuauflage des Praxisratgebers
Shop-Link:	https://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_was_00332.htm

Für wen die Publikation interessant ist

Betreiber von Regenüberlaufbecken, Bauwerks- und Elektroplaner, Wasserwirtschaftsämter

Warum sie relevant ist

- Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken (RÜB) dienen zur Prüfung des Betriebsverhaltens und zur quantitativen Erfassung von Mischwasserentlastungen.
- Ein Teil der Regenüberlaufbecken verfügt nicht über entsprechende Messeinrichtungen, es besteht Nachrüstungsbedarf.

Was neu ist

- Inhaltliche und redaktionelle Überarbeitung des vorhandenen Praxisratgebers (Stand: November 2001)
- Aktualisierung und Ergänzung verschiedener Fachthemen, u. a.:
 - Anwendung des Hysterese-Verfahrens
 - Weiterentwicklung der Wasserstandsmessungen
 - Messdatenverarbeitung mit Fernwirktechnik
 - Dokumentation von Messdaten
 - Aktualisierung von Grafiken und Ergänzung von Bildern

Hier gibt es mehr zum Thema ...

Homepage des LfU Bayern > Wasser > Abwasser



Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken

Praxisratgeber für
Planung, Bau und Betrieb

Impressum

Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken – Praxisratgeber für Planung, Bau und Betrieb

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

Dr.-Ing. Gebhard Weiß, UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH, Steinstr. 7, 97980 Bad Mergentheim
M. Sc. Laura Hörner, Dipl.-Ing. (FH) Siegfried Forstner, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Redaktion:

M. Sc. Laura Hörner, Bayerisches Landesamt für Umwelt

Bildnachweis:

Titelbild und Abbildung 43: KIT/IWG, Alle anderen Bilder/Grafiken: UFT, Dr. Gebhard Weiß

Druck:

Uhl-Media GmbH
Kemptener Straße 36
87730 Bad Grönenbach
Druckproduktion: 12/2023



Stand:

Dezember 2023, 2. überarbeitete Auflage

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbenden oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	6
2	Überwachung der Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken	7
2.1	Allgemeine Ziele	7
2.2	Aufbau eines Regenüberlaufbeckens	8
2.3	Zielgrößen der Überwachung des Einstau- und Entlastungsverhaltens	9
2.3.1	Allgemeines	9
2.3.2	Ganglinie des Wasserstandes	10
2.3.3	Erkennen eines Einstauereignisses	10
2.3.4	Zielgröße: Dauer und Häufigkeit des Beckeneinstaus	12
2.3.5	Zielgröße: Dauer und Häufigkeit von Entlastungsereignissen	12
2.3.6	Zielgröße: Entlastete Wassermenge	13
3	Messprinzipien und Messgeräte	14
3.1	Wasserstandsmessung	14
3.1.1	Erkennen eines Überlaufereignisses	14
3.1.2	Allgemeines	15
3.1.3	Tauchsonden	16
3.1.4	Ultraschallsonden	19
3.1.5	Radarsonden	21
3.1.6	Vergleich der Wasserstandsmessungen	23
3.2	Abflussermittlung	24
3.2.1	Allgemeines	24
3.2.2	Überlaufschwelle als Messwehre	24
3.2.3	Abflussermittlung in der Entlastungsleitung	29
3.2.3.1	Allgemeines	29
3.2.3.2	Abflussermittlung mit hydraulischen Methoden durch Wasserstandsmessung	29
3.2.3.3	Abflussermittlung durch Geschwindigkeitsmessung	31
3.3	Messung der Stellung von Wehrklappen	33

4	Auswahl und Anordnung von Messeinrichtungen	35
4.1	Allgemeines	35
4.2	Überläufe	35
4.2.1	Klärüberlauf	35
4.2.2	Beckenüberlauf	35
4.2.3	Bauwerk Regenüberlauf	36
4.3	Anforderungen an Messbereich, Auflösung und Genauigkeit	36
4.3.1	Bezeichnungen	36
4.3.2	Einstaumessung	39
4.3.3	Entlastungsmessung	40
4.4	Position der Messeinrichtungen an Überlaufschwellen	41
4.4.1	Allgemeines	41
4.4.2	Anordnungsbeispiele	42
4.5	Messeinrichtungen in der Entlastungsleitung	45
5	Messdatenverarbeitung	46
5.1	Gerätetechnik	46
5.2	Stromversorgung	48
5.3	Anzeige	49
5.4	Speicherung	51
5.5	Auswertung	51
5.5.1	Erkennung von Einstau- und Entlastungsereignissen	51
5.5.2	Korrektur der Schwellenhöhe während der Auswertung	52
5.5.3	Zeiterfassung	53
5.5.4	Ermittlung des Entlastungsabflusses	55
5.5.5	Ermittlung des entlasteten Volumens	56
5.5.6	Protokollierung	56
5.5.7	Datenbestand	57

6	Dokumentation der Geräteausstattung und Datenverarbeitung	58
6.1	Allgemeines	58
6.2	Dokumentation hydraulisch relevanter Daten	58
6.3	Dokumentation der elektrotechnischen Einrichtungen	62
6.4	Betriebs- und Prüfanleitung	63
7	Planung, Ausschreibung und Abnahme	64
7.1	Planung der Messeinrichtungen	64
7.2	Ausschreibung und Vergabe	65
7.3	Abnahme der Messeinrichtungen	65
8	Überwachung, Wartung und Prüfung der Messeinrichtungen	66
8.1	Überwachung und Wartung	66
8.2	Prüfung der Messeinrichtungen	66
8.2.1	Grundsätze	66
8.2.2	Funktionskontrolle	67
8.2.3	Überprüfung der Messgenauigkeit	67
8.2.4	Durchführung der Prüfung	68
9	Fazit	72
10	Literatur	74

Anlagen

Anlage 1: Prüfprotokoll: Wasserstandsmesseinrichtung mit Ultraschall-/Radarsonde	75
Anlage 2: Prüfprotokoll: Wasserstandsmesseinrichtung mit Tauchsonde	75

1 Überblick

Bei größeren Regenereignissen kann es über Entlastungsanlagen, beispielsweise Regenüberlaufbecken (RÜB), zu Einleitungen von in der Regel vorbehandeltem Mischwasser in die Gewässer kommen. Zur Beurteilung des ordnungsgemäßen Betriebs und der Wirksamkeit sind Regenüberlaufbecken mit Messeinrichtungen auszustatten, die das Entlastungs- und Betriebsverhalten dokumentieren. Zielgrößen sind dabei Dauer und Häufigkeit des Beckeneinstaus und der Entlastungsereignisse sowie die entlastete Wassermenge.

Zur Erkennung von Überlaufereignissen kann der Wasserstand durch den Einsatz von Messeinrichtungen in Form von Tauch-, Ultraschall- oder Radarsonden ermittelt werden. Verschiedene messtechnische Anforderungen sowie die Position der Messeinrichtung sind dabei zu beachten. Im Zuge einer modernen Messdatenverarbeitung werden Messeinrichtungen zusammen mit Fernwirk- und Prozessleitsystemen eingesetzt. Für jede Messstelle sind die wesentlichen Daten zu dokumentieren.

Ziel von Messeinrichtungen ist es, auf Dauer plausible Messdaten zu erhalten, die eine Überwachung der Regenüberlaufbecken erlauben. Dazu müssen die Messeinrichtungen regelmäßig, mindestens gemäß den rechtlichen Anforderungen an die Eigenüberwachung, überwacht und gewartet werden. Neben der korrekten Funktion der Bauwerke kann die erreichte Wirkung für den Gewässerschutz beurteilt werden. Gleichzeitig können die Messdaten wertvolle Grundlagen für spätere Planungen liefern.

Mit dem vorliegenden Praxisratgeber werden die fachlichen Grundlagen zu Planung, Bau und Betrieb von Messeinrichtungen bereitgestellt.

2 Überwachung der Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken

2.1 Allgemeine Ziele

Regenüberlaufbecken (RÜB) in Mischwasserkanalisationen dienen während Regenereignissen zur Rückhaltung und Speicherung von Mischwasser. Nach Ende des Regenereignisses erfolgt eine Weiterleitung zur Kläranlage. Bei starken Regenereignissen kann es zu Entlastungen von in der Regel mechanisch vorbehandeltem Mischwasser in die Gewässer kommen. Solche Entlastungsereignisse können die Gewässergüte beeinträchtigen und es gilt deshalb, ihre Häufigkeit, Dauer und die entlasteten Mischwassermengen im Rahmen der allgemein anerkannten Regeln der Technik hinreichend gering zu halten.

Um Daten über das Betriebsverhalten von Regenüberlaufbecken bei Regen zu gewinnen, werden seit vielen Jahren Regenüberlaufbecken mit Messeinrichtungen ausgerüstet, die die Häufigkeit und Dauer von Einstau- und Entlastungsereignissen aufzeichnen. Bei einigen Becken wird auch das entlastete Mischwasservolumen ermittelt. Bereits im Jahr 2001 hat das damalige Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft für solche Anlagen den Praxisratgeber „Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken – Praxisratgeber für Planung, Bau und Betrieb“ veröffentlicht, der zusammen mit dem LfU-Merkblatt Nr. 4.3/14 „Messdaten von Regenüberlaufbecken – Leitfaden für die Erfassung, Prüfung und Wertung“ die Ausführung und die Datenauswertung auf eine einheitliche Basis stellt.

Zwar sind in den letzten Jahren vor allem durch die fortschreitende Ausstattung von Entwässerungssystemen mit Fernwirkeinrichtungen viele weitere Regenüberlaufbecken mit Messeinrichtungen ausgerüstet worden, dennoch besteht weiter erheblicher Nachrüstungsbedarf. Da sich auch die Messtechnik weiterentwickelt hat, wurde der Praxisratgeber von 2001 aktualisiert.

Der vorliegende überarbeitete Praxisratgeber wendet sich an

- **Betreiber** von Regenüberlaufbecken mit Angaben zum Betrieb und zur Wartung der Messstelle sowie zur laufenden Datenerfassung und -auswertung,
- **Bauwerks- und Elektroplaner** mit Informationen über die erforderliche hydraulische Gestaltung der Messstellen, Anordnung der Messsonden und Anforderungen an die Auswertung der Messdaten,
- **Wasserwirtschaftsämter** mit Hinweisen zur Beurteilung von geplanten Messstellen.

Verschiedentlich wird in der wasserrechtlichen Einleitungserlaubnis – insbesondere bei wasserwirtschaftlich relevanten Becken – geregelt, dass Messeinrichtungen zur Erfassung des Entlastungs- und Betriebsverhaltens zu betreiben sind. Aus folgenden Gründen ist es jedoch generell sinnvoll, die Entlastungsaktivität und das Betriebsverhalten von Regenüberlaufbecken zu überwachen:

- Die in bayerischen Kommunen bestehenden Entwässerungsnetze sind zu einem großen Teil im Mischsystem ausgeführt. Zusammen mit der Kläranlage bilden Regenüberlaufbecken ein wichtiges Funktionselement für einen optimalen Gewässerschutz. Während die Vorgänge auf der Kläranlage seit vielen Jahren gut überwacht, protokolliert und optimiert werden, liegen über das Verhalten von Regenüberlaufbecken zum Teil nur wenige Daten vor. Durch den Einsatz von Messeinrichtungen kann die Datenlage deutlich verbessert werden. In der Folge können Maßnahmen zur Optimierung durchgeführt und der Wirkungsgrad des gesamten Entwässerungssystems zum Schutz der Gewässer verbessert werden.

- Aus den Messergebnissen, speziell in Verbindung mit einem Prozessleitsystem, kann der Betreiber Hinweise über den ordnungsgemäßen Betrieb seiner Regenüberlaufbecken, über die korrekte Funktion von Einbauten, wie z. B. Drosseln oder Entleerungspumpen, sowie zu Wartung, Betrieb und Unterhalt der Anlagen entnehmen. So können ungünstige oder unerwünschte Betriebszustände wie Rückstau oder ein Einfluss von Hochwasser im Gewässer und die Häufigkeit ihres Auftretens erkannt werden. Nur selten ist bei Regen jemand vor Ort, um das Verhalten der Anlage unmittelbar beobachten zu können.
- Bei Stör- und Schadensfällen bieten die aufgezeichneten Messdaten eine Möglichkeit zum Nachweis des Geschehens.
- Informationen über das Betriebsverhalten der Regenüberlaufbecken bilden eine wesentliche Grundlage für die Weiterentwicklung des Entwässerungssystems. Wie lange und wie oft Regenüberlaufbecken in Mischwasserkanalisationen gefüllt sind oder überlaufen, lässt sich mit Schmutzfrachtsimulationsmodellen abbilden. Diese errechneten Informationen können für den Ist-Zustand anhand von Messdaten der Einstau- und Entlastungsaktivität der Regenüberlaufbecken überprüft und plausibilisiert werden. In Folge können erforderliche Maßnahmen zur Optimierung des Wirkungsgrades des Entwässerungsnetzes zunächst simuliert und gegebenenfalls veranlasst werden.

Die Überwachung der Einstau- und Entlastungsaktivität hat sich bei Regenüberlaufbecken bewährt, da sie unmittelbar Aufschluss über deren Funktionsweise gibt. Eine entsprechende Überwachung kann auch an Behandlungsbauwerken im Trennsystem, an Bodenfiltern, Regenrückhaltebecken und an Bauwerken der Regenwasserbewirtschaftung (z. B. Rigolen) sinnvoll sein. Der vorliegende Praxisratgeber kann auch für diesen Verwendungszweck herangezogen werden.

Neben Planung, Bau und Bauabnahme der installierten Messeinrichtungen sind die laufenden Funktionskontrollen und Prüfungen von großer Bedeutung. Nur einwandfrei funktionierende Messgeräte stellen sicher, dass die gewonnenen Daten korrekt sind und zur Bewertung des Entlastungs- und Betriebsverhaltens herangezogen werden können.

Einige zusätzliche Aspekte zum Thema Überwachung von Regenbecken und Ausrüstung von Becken mit Messeinrichtungen lassen sich aus Baumann et al. (2017) und Lieb (2022) entnehmen. Die Bewertung von Überlaufdaten ist im LfU-Merkblatt Nr. 4.3/14 und bei Weiß et al. (2018) beschrieben.

2.2 Aufbau eines Regenüberlaufbeckens

Regenüberlaufbecken (RÜB) im Mischsystem können unterschiedlich ausgebildet sein, z. B. als Fangbecken (FB), Durchlaufbecken (DB) oder Verbundbecken (VB) im Haupt- und Nebenschluss, sowie als Sonderform Stauraumkanal (SK) mit unten- oder obenliegender Entlastung (vgl. Arbeitsblatt DWA-A 166). Die Skizze eines Durchlaufbeckens im Nebenschluss (Abb. 1), mit einer möglichen Entlastung über den Beckenüberlauf (BÜ) oder Klärüberlauf (KÜ), zeigt folgende wesentlichen Bestandteile:

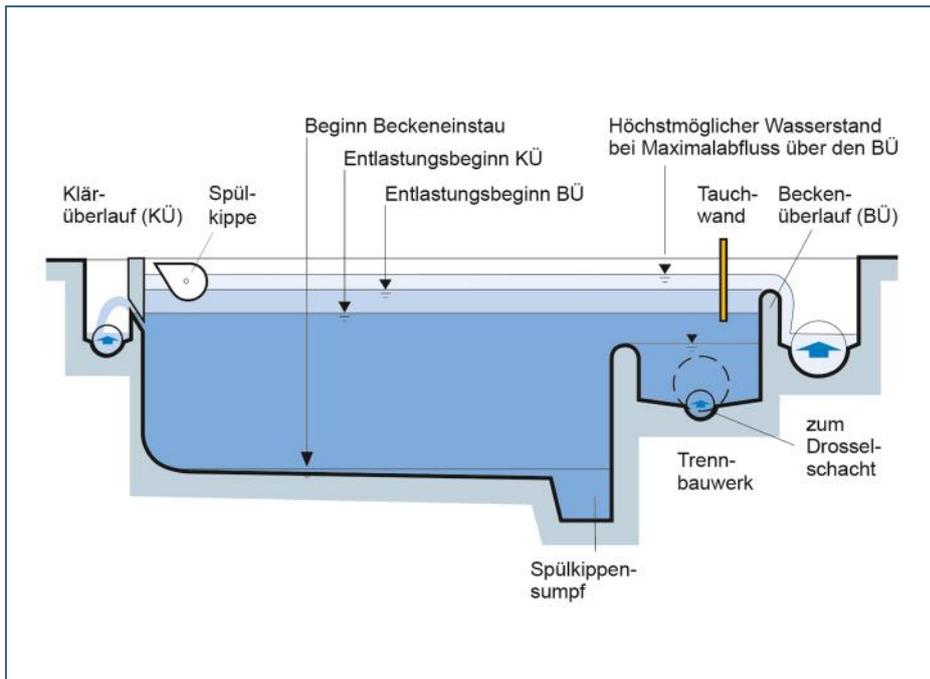


Abb. 1:
Schematischer Schnitt
eines Durchlauf-
beckens im
Nebenschluss mit
Wasserständen und
Höhenlagen der
Überlaufschwelle

2.3 Zielgrößen der Überwachung des Einstau- und Entlastungsverhaltens

2.3.1 Allgemeines

Es werden Wasserstände, Abflüsse bzw. Fließgeschwindigkeiten und die zugehörigen Zeitpunkte und Zeitintervalle gemessen, in der Regel in Form einer Ganglinie oder Zeitreihe. Diese Messgrößen sind so aufzubereiten, dass die hydrologischen Zielgrößen für eine Beurteilung des Einstau- und Entlastungsverhaltens abgeleitet werden können. Diese sind:

- Dauer des Beckeneinstaus
 - Wie lange ist das Becken während eines Messzeitraumes eingestaut oder zumindest teilweise gefüllt?
- Häufigkeit des Beckeneinstaus
 - Wie oft ist das Becken während eines Messzeitraumes eingestaut?
- Dauer der Entlastungsereignisse
 - Wie lange wird Mischwasser aus einem Becken während eines Messzeitraumes in das Gewässer entlastet?
- Häufigkeit der Entlastungsereignisse
 - Wie oft kommt es zu einer Mischwasserentlastung aus einem Becken während eines Messzeitraumes?
- Entlastete Wassermenge
 - Welche Mischwassermenge gelangt innerhalb eines Messzeitraumes über Klär- und/oder Beckenüberlauf in das Gewässer?

Die aus den Rohdaten abgeleiteten Zielgrößen werden als Ereignis- und Jahresprotokolle zusammenfassend dokumentiert (siehe Kap. 5.5.6). Die Gewinnung der Zielgrößen – die sogenannte RÜB-Protokollierung – ist heute in der Regel weitgehend automatisiert und nutzt oft die Funktionalitäten eines Prozessleitsystems oder sogar eines Messdatenmanagementsystems (siehe Merkblatt DWA-M 151). Es ist aber auch eine Auswertung „von Hand“, etwa mithilfe einer Tabellenkalkulation, möglich.

Um die Überwachungsergebnisse verschiedener Regenüberlaufbecken vergleichen zu können, ist es wichtig, die hydrologischen Kenngrößen einheitlich festzulegen.

2.3.2 Ganglinie des Wasserstandes

Um die geforderten hydrologischen Zielgrößen bestimmen zu können, sind Aufzeichnungen des gemessenen Wasserstandes h in m im Regenüberlaufbecken und/oder des Durchflusses Q in l/s in der Entlastungsleitung zusammen mit der Zeitinformation t als Datum und Uhrzeit notwendig. Die Datenpunkte (Wertetupel) $h(t)$ bzw. $Q(t)$ (Rohdaten) werden als Ganglinie oder Zeitreihe in einer Tabelle abgespeichert und lassen sich auch mit Standardsoftware leicht visualisieren (Abb. 2). Sie sind die Basis für die folgenden Auswertungen. Das Thema Zeiterfassung wird in Kap. 5.5.3 detaillierter besprochen.

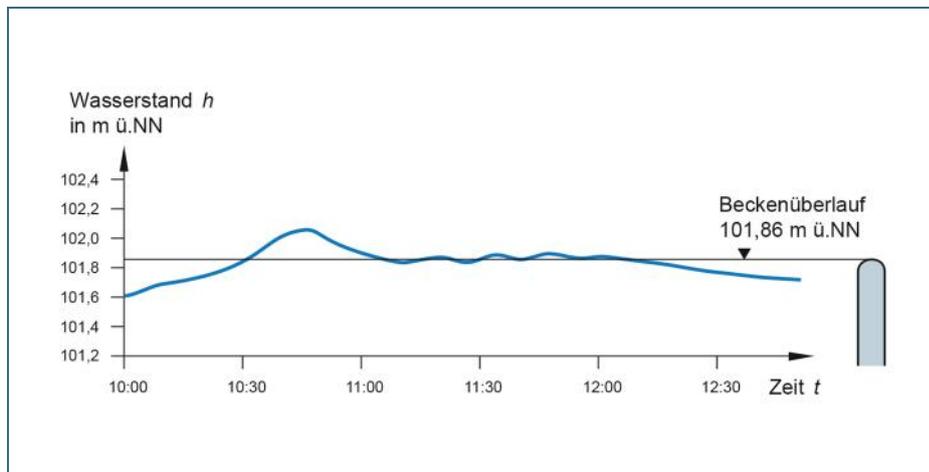


Abb. 2:
Typische Ganglinie $h(t)$
des Wasserstandes im
Regenüberlaufbecken
während eines
Entlastungsereignisses

Ganglinien der Beckenwasserstände (zweckmäßigerweise zeitsynchron mit anderen Betriebsdaten) während einiger Regenereignisse sagen bereits sehr viel über das Betriebsverhalten eines Regenüberlaufbeckens aus (vgl. Baumann et al. 2017).

2.3.3 Erkennen eines Einstauereignisses

Der Beginn eines Einstauereignisses wird definiert ab einem Zeitpunkt, an dem bei Regen der Mischwasserzufluss das betrachtete Becken auffüllt. Dazu muss ein Mindestwasserstand festgelegt werden. Dieser muss so gewählt werden, dass wesentliche Teile des Beckenbodens geflutet sind und nicht nur z. B. ein vorhandenes Trockenwettergerinne gerade ausgefüllt ist. Maßgebend ist im Regelfall die Kammer, die den größten Teil des Beckenvolumens darstellt. Mindestwasserstände bei verschiedenen Beckenbauarten können sein:

- Becken im Hauptschluss als Rechteck- oder Rundbecken: Fluten des gesamten Beckenbodens (Abb. 3: Beispiel Rundbecken)
- Becken im Nebenschluss: Fluten des gesamten Beckenbodens der im Nebenschluss befindlichen Kammer (ein eingestautes Trennbauwerk, aber noch leere Nebenschlusskammer bedeutet also noch keinen Beckeneinstau) (Abb. 4)
- Becken mit mehreren Kammern: Fluten des gesamten Beckenbodens der zuerst befüllten Kammer, sofern nicht jede Kammer einzeln betrachtet wird
- Stauraumkanäle und Beckenformen ohne flachen Boden: Einstau am Drosselorgan in Höhe der doppelten Drosselnennweite (gemessen über der Sohle des Drosselzulaufes) (Abb. 5)

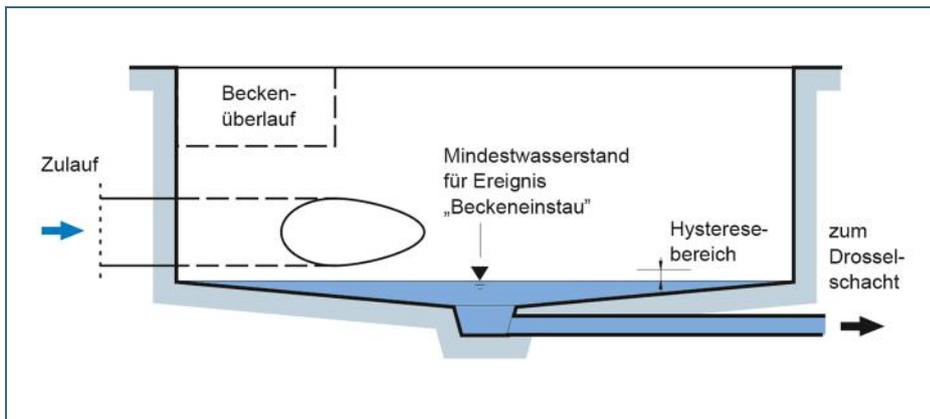


Abb. 3:
Mindestwasserstand bei einem Rundbecken im Hauptschluss

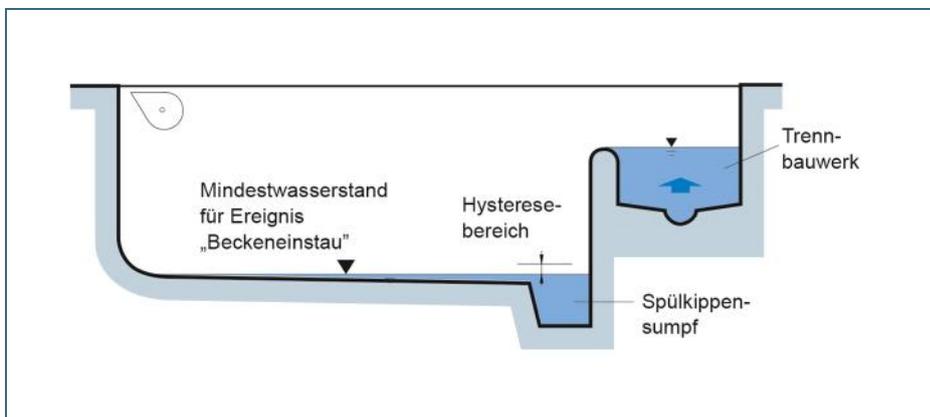


Abb. 4:
Mindestwasserstand bei einem Nebenschlussbecken

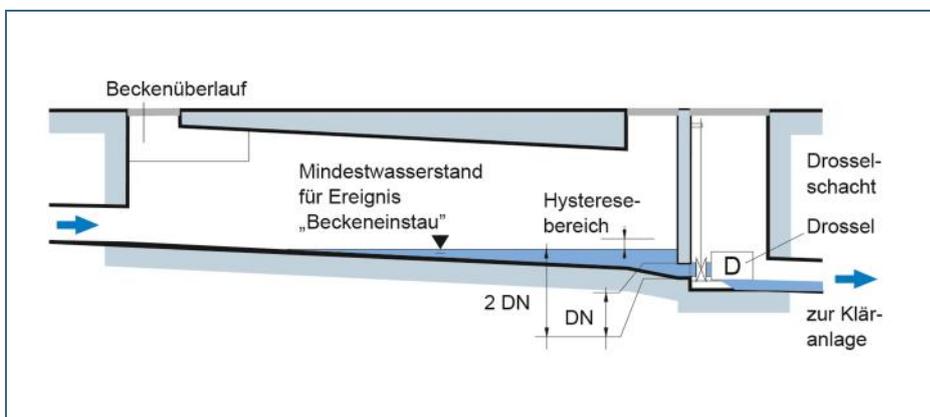


Abb. 5:
Mindestwasserstand bei einem Stauraumkanal

Bei Durchlaufbecken, bei denen der Beckenüberlauf als eigenes, mit einer Verbindungshaltung vom restlichen Becken räumlich getrenntes Bauwerk ausgeführt ist, werden zwei unabhängige Messeinrichtungen in der Sedimentationskammer und vor dem Beckenüberlauf empfohlen.

Zur Verringerung der Empfindlichkeit gegenüber kurzzeitigen Wasserspiegelschwankungen empfiehlt sich für die Erkennung des Ereignisses „Becken ist eingestaut“ die Anwendung einer sogenannten Wasserstandshysterese. Dieser Hysteresebereich, beispielsweise 5 cm, wird auf den Mindestwasserstand aufgesetzt (Abb. 3 bis Abb. 5).

Der Begriff **Hysterese** bedeutet hier, dass die jeweiligen Wasserstände für den Beginn und das Ende des Ereignisses „Becken ist eingestaut“ nicht gleich sind, sondern (um einige Zentimeter) differieren. Damit ein Einstau erfasst wird, muss der Wasserstand um dieses Maß höher liegen als der definierte Mindestwasserstand. Die Ereigniserkennung meldet erst wieder „Kein Einstau“, wenn der Mindestwasserstand (ohne die aufgesetzten Zentimeter) wieder unterschritten ist. Dadurch werden die Kenngrößen Überlaufdauer und Überlaufhäufigkeit unempfindlicher gegen kurzzeitige Wasserspiegelschwankungen, z. B. durch Oberflächenwellen.

2.3.4 Zielgröße: Dauer und Häufigkeit des Beckeneinstaus

Wird ein Einstauereignis nach Kap. 2.3.3 erfasst, sind die Zeitpunkte von Beginn und Ende festzuhalten. Daraus ergeben sich die aufzuzeichnenden Zielgrößen:

Die **Einstaudauer** ist die Zeitdauer in Stunden, während der der Wasserstand im Becken höher als der definierte Mindestwasserstand ist.

Die **Einstauhäufigkeit** gibt an, wie oft ein Becken innerhalb des Messzeitraumes eingestaut war. Sie wird als „Anzahl der Kalendertage mit Einstau“ definiert. Dazu ist die Anzahl an Tagen im Messzeitraum aufzuzeichnen, an denen mindestens einmal ein Einstau registriert wurde.

Dauert ein Einstauereignis über Mitternacht (00:00 Uhr) an, ergeben sich zwei Ereignisse. Mehrfacher Einstau am gleichen Tag dagegen wird als ein Ereignis gewertet. Diese Definition gewährleistet eine einheitliche Datenbasis, ist technisch einfach umzusetzen und liefert eine für die Praxis ausreichend genaue Aussage über die Häufigkeit eines Beckeneinstaus.

2.3.5 Zielgröße: Dauer und Häufigkeit von Entlastungsereignissen

Die Erkennung eines Entlastungsereignisses (Überlaufereignisses) erfolgt wie in Kap. 3.1.1 beschrieben. Auch hier sind die Zeitpunkte von Beginn und Ende zu registrieren. Meist gelangt der Entlastungsabfluss aus Klärüberlauf und Beckenüberlauf eines Regenüberlaufbeckens direkt in das Gewässer, in einigen Fällen auch in einen nachgeschalteten Bodenfilter. Bei nachgeschalteten Bodenfiltern unterscheiden sich die Dauer und Häufigkeit der Gewässerbelastung von der hier beschriebenen Entlastungsdauer und -häufigkeit des Regenüberlaufbeckens, weil der Bodenfilter kleine Entlastungsereignisse puffert.

Die **Entlastungsdauer (Überlaufdauer)** im Messzeitraum ist die Zeitdauer in Stunden, während der das Becken am Klär- und/oder Beckenüberlauf Mischwasser entlastet.

Als Entlastungs- bzw. Überlaufhäufigkeit ist die Anzahl der Tage im Untersuchungszeitraum zu registrieren, an denen das Becken mindestens einmal übergelaufen ist.

Die **Entlastungshäufigkeit (Überlaufhäufigkeit)** ist die Anzahl der Kalendertage mit Entlastung im Messzeitraum.

Ein nächtliches Regenereignis mit durchgängigem Überlauf, z. B. zwischen 22:00 Uhr und 03:00 Uhr des nachfolgenden Tages, wird mit der Häufigkeit „zwei“ gezählt. Kommt es dagegen an einem Tag zu mehrfachen Entlastungen, werden diese mit der Häufigkeit „eins“ gezählt.

2.3.6 Zielgröße: Entlastete Wassermenge

Die bei einem Entlastungsereignis über den Klär- und/oder Beckenüberlauf entlastete Wassermenge kann in der Regel nicht direkt gemessen werden, sondern wird aus Wasserstandsmessungen an der Wehrschwelle oder aus Wasserstands- und Geschwindigkeitsmessungen in der Entlastungsleitung rechnerisch ermittelt (siehe Kap. 3.2).

Ergebnis sind zunächst Abflussganglinien $Q(t)$ des Überlaufabflusses (in l/s) während einzelner Ereignisse. Daraus wird durch numerische Integration das entlastete Abflussvolumen in Kubikmeter für das betreffende Ereignis und schließlich für die gesamte Messperiode berechnet.

Die **entlastete Wassermenge** (in m³) ist das an einer Überlaufschwelle über die gesamte Messperiode entlastete Wasservolumen.

Auch bei Wehrschwellen mit beweglichen Klappenkonstruktionen ist eine näherungsweise Ermittlung der entlasteten Wassermenge möglich, wenn die Wehrstellung miterfasst wird. Anhand einer Kennlinie des Herstellers lassen sich hier der Abfluss und die Entlastungswassermenge berechnen.

Die Bestimmung der entlasteten Wassermenge ist grundsätzlich nur mit begrenzter Genauigkeit möglich, da nicht immer alle Fehlereinflüsse ausgeschaltet oder berücksichtigt werden können. An die Aussagekraft des Resultats dürfen deshalb keine überhöhten Anforderungen gestellt werden.

Wichtig ist, dass intern auch die der Berechnung zugrunde liegenden Wasserstandsganglinien gespeichert werden und dass die Berechnung mit der aufgezeichneten Entlastungsdauer (die gleich der Integrationszeit sein muss) und dem dafür angesetzten, gegebenenfalls korrigierten Nullpunkt der Messung kompatibel ist.

3 Messprinzipien und Messgeräte

3.1 Wasserstandsmessung

3.1.1 Erkennen eines Überlaufereignisses

Zur Erkennung von Überlaufereignissen muss der Wasserstand vor der Überlaufschwelle gemessen werden.

An festen Überlaufwehren beginnt die Entlastung, wenn der Wasserspiegel im Regenüberlaufbecken höher als die Oberkante (OK) der tiefstgelegenen Überlaufschwelle ist. Bei Durchlaufbecken ist die Schwelle des Klärüberlaufes relevant, bei Fangbecken die Schwelle des Beckenüberlaufes.

Der größte Teil des jährlich entlasteten Mischwasservolumens stammt von Regenereignissen mit nur geringen Regenspenden und damit von Entlastungsabflüssen, bei denen die Überlaufschwelle nur wenige Zentimeter weit überstaut ist. Die Wasserstandsregistrierung muss deshalb millimetergenau erfolgen und der Nullpunkt (vgl. Kap. 6.2) sehr exakt eingestellt sein und stabil bleiben.

Im Verlauf eines Regens kann es aufgrund von Wasserstandsschwankungen kurzzeitig zu mehrfachen Überlaufanzeigen kommen. Ein solches, sehr empfindliches Ansprechen ist jedoch unerwünscht, weshalb eine Wasserstandshysterese von 5 cm empfohlen wird (siehe Kap. 2.3.3). Der Hysteresebereich ist jedoch – anders als beim Einstau – unterhalb der Wehroberkante anzuordnen. Das Entlastungsereignis beginnt, sobald der Wasserstand die Höhe der Wehroberkante überschreitet, und endet erst, wenn der Wasserstand im Becken wieder eine Lage von 5 cm unter der Wehroberkante unterschritten hat (Abb. 6). Wasserspiegelschwankungen, die kleiner als die Hysterese sind, werden nicht als einzelne Ereignisse gewertet.

Einige Prozessleitsysteme haben in ihren Standard-Auswerteroutinen trotz dieser Empfehlung keine solche Hysterese hinterlegt. Neuere Untersuchungen (Dittmer, Weiß und Lieb 2018) haben gezeigt, dass der Unterschied zwischen mit und ohne Hysterese bei Überlaufauern in Stunden und Überlaufhäufigkeiten in Anzahl an Tagen mit Überlauf eher gering ist. Daher ist die genaue Einstellung der Höhe der Überlaufschwelle als wesentlicher Parameter anzusehen. Die Anwendung einer Hysterese ist also nicht zwingend notwendig. Zu berücksichtigen ist allerdings, ob eine Hysterese z. B. zur Ansteuerung von anderen Prozessen (z. B. Pumpen) erforderlich ist, die eine klare Abgrenzung zur Beendigung des Entlastungsereignisses benötigen.

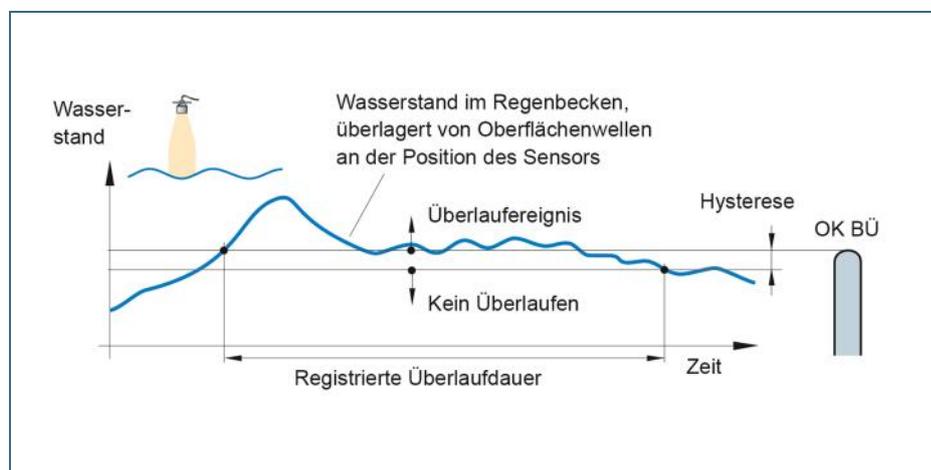


Abb. 6:
Anwendung einer Wasserstandshysterese bei der Erkennung eines Überlaufereignisses

Einige Besonderheiten:

- Regenüberlaufbecken im echten Nebenschluss nach Arbeitsblatt DWA-A 166, bei denen die Trennbauwerksschwelle höher liegt als der Becken- bzw. Klärüberlauf bei Durchlaufbecken, entleeren sich nach einem Regenereignis nicht selbstständig, sondern gesteuert durch Öffnen eines Schiebers oder Einschalten einer Entleerungspumpe. Bei einem solchen Becken verbleibt der Wasserspiegel bis zum Einsetzen der Entleerung in Höhe der Überlaufschwelle, was je nach Betriebsweise einige Stunden dauern kann. In diesem Fall würde das Hysteresekriterium unrealistisch lange Überlaufdauern ergeben. Hier sollten weitere Messgrößen wie der Wasserstand im Trennbauwerk oder der Drosselabfluss als zusätzliche Kriterien herangezogen werden. Auf eine Hysterese kann dann verzichtet werden, wenn der Überlauf z. B. dann detektiert würde, wenn der Wasserstand im Becken höher als die Überlaufschwelle ist und zugleich auch der Wasserstand im Trennbauwerk höher als die Trennbauwerksschwelle ist.
- Bei Becken mit selbstregulierenden Entlastungsorganen (z. B. Klappen, Heber) ist als Entlastungskriterium das Überschreiten eines bestimmten Wasserstandes nicht zweckmäßig, da das Wehr den Wasserspiegel bei Beckenvollfüllung nahezu konstant hält. Hier ist die Wehrstellung als Kriterium heranzuziehen, da eine Entlastung nur stattfindet, wenn das Wehr aus der Ruhestellung ausgelenkt ist. Die Entlastungsdauer ist dann die Zeitdauer, während der ein Winkelgeber oder Endlagenschalter meldet, dass sich das Wehr nicht in Ruhestellung befindet.
- Unabhängig von der Form des Entlastungswehres (festes Wehr, Klappe, Heber) besteht auch die Möglichkeit, die Entlastungsdauer anhand des Abflusses in der Entlastungsleitung zu ermitteln (siehe Kap. 3.2.3).

3.1.2 Allgemeines

Für die Wasserstandsmessung werden Messgeräte mit unterschiedlichen Messprinzipien verwendet. Die eingesetzten Geräte müssen eine hohe Messgenauigkeit haben und mechanisch robust sein. Von Vorteil ist es, wenn das Messgerät keine beweglichen Teile aufweist und mit dem Abwasser nicht in Berührung kommt. Die an Regenüberlaufbecken zum Einsatz kommenden Sensoren sind heute zumeist Tauchsonden, Ultraschall- und Radarsensoren. Andere Messprinzipien für den Wasserstand, wie die früher häufig verwendete Druckeinperlung, sind mittlerweile nur noch sehr selten anzutreffen.

Grundsätzlich muss die Möglichkeit bestehen, Sensoren regelmäßig vor Ort zu überprüfen (siehe Kap. 8.2). Dabei darf sich die durchführende Fachkraft nicht darauf beschränken, elektrisch einen „Messwert“ zu simulieren, sondern der Sensor selbst ist mit einem echten oder vorgetäuschten Wasserstand zu prüfen. Je nach Sensortyp kann dies auf verschiedene Weise erfolgen (siehe Kap. 3.1.3 bis Kap. 3.1.6).

Nicht im Detail beschrieben sind in diesem Kapitel die Forderungen bezüglich der Arbeitssicherheit (z. B. sicherer Zugang zu den Sensoren zur Überprüfung) sowie des Explosionsschutzes (in der Regel müssen die Sensoren und anderen Einbauten nach Maßgabe des jeweiligen Explosionsschutzdokuments und der Explosionsschutz-Richtlinien, vgl. ATEX 2014, explosionsgeschützt sein).

3.1.3 Tauchsonden

Oft werden zur Wasserstandsmessung elektronische Drucksonden verwendet. Die häufigste Bauform sind Tauchsonden, die am Messkabel in das Becken gehängt werden (Abb. 7).

Messprinzip

An der Unterseite der Sonde befindet sich in Form einer Membran der eigentliche Messsensor. Dieser misst auf kapazitivem Weg den Druck und damit direkt den Wasserstand. Die Lage des Nullpunktes an der Unterseite der Tauchsonde liegt durch die Länge der Aufhängung fest.

Diese Länge, der Abstand von der Aufhängung bis zur Unterkante der Sonde, ist in den Unterlagen der Messstelle zu dokumentieren. Damit kann nach einem Ausbau oder Austausch der Sonde der Nullpunkt wieder exakt eingestellt werden (siehe Kap. 6.2). Für Wartungsarbeiten darf die Klemmung des Messkabels nicht gelöst werden.

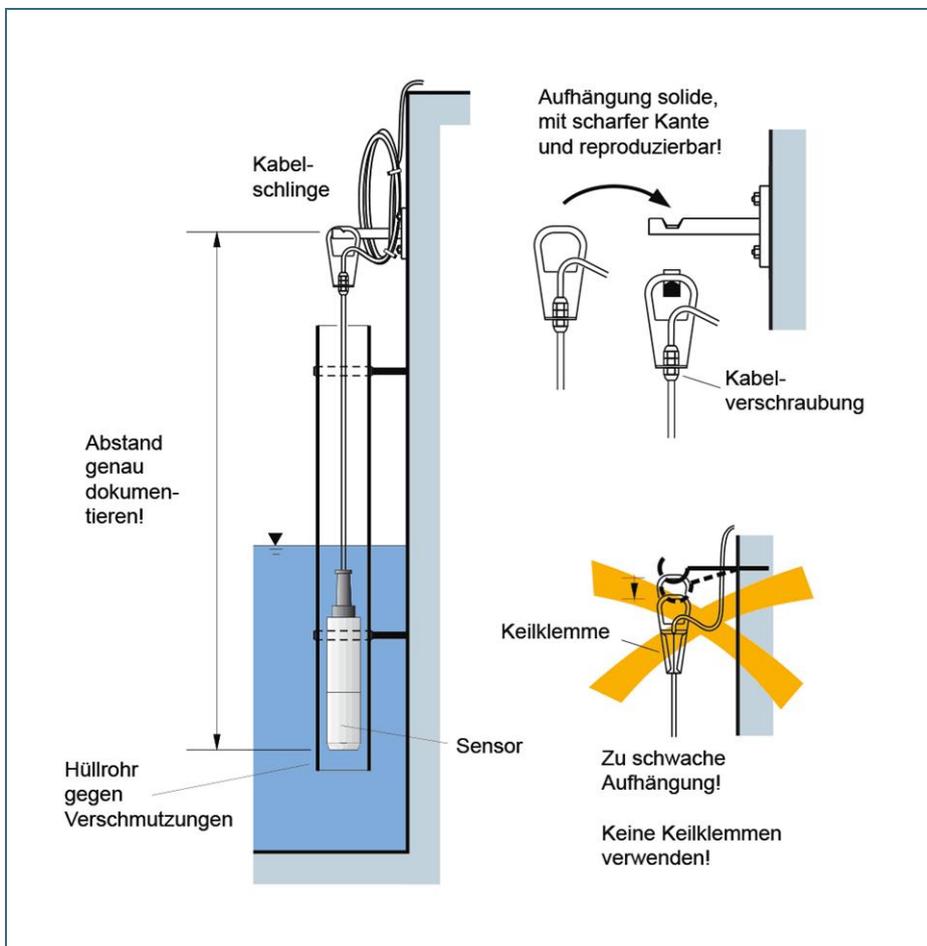


Abb. 7:
Tauchsonde



Abb. 8:
Tauchsonde mit Hüllrohr an einem
Regenüberlaufbecken

Die Sonde hat nur einen geringen Messbereich von 1 m, um den Wasserstand über der Schwelle genau messen zu können.

Einbaubedingungen

Die Aufhängung muss mechanisch stabil und z. B. mit einer scharfen Kante mit definierter Höhe so gestaltet sein, dass die Öse nur in der richtigen Position hängen kann (Abb. 7). Ein „Wäscheleinenhaken“ wird schnell verbogen und ist ungeeignet. Auch die häufig anzutreffende Aufhängung des Kabels mit einer leicht zu öffnenden Keilklemme ist wenig zweckmäßig. Wenn das Betriebspersonal diese aus Versehen oder Unkenntnis löst, etwa bei der Reinigung der Sonde oder für die Prüfung, ist es anschließend nur schwer möglich, die Klemme an exakt derselben Position wieder festzukeilen. Die Tauchsonde hängt anschließend einige Millimeter höher oder tiefer und ein Nullpunktfehler in dieser Größe ist zwangsläufig die Folge. Zu empfehlen sind feste Kabelverschraubungen (Abb. 7 rechts oben).

Die Tauchsonde hängt meist in einem an der Beckenwand befestigten Hüllrohr, das sie vor mechanischer Beschädigung und dem Herumwickeln von Faserstoffen schützt (Abb. 8). Die Sonde sollte jedoch zum Nachkalibrieren und Reinigen herausnehmbar sein. Günstig ist es, wenn hierzu einige Kabelschlingen etwas Bewegungsfreiheit ermöglichen.

Prüfung der Messwertanzeige

Tauchsonden können nur durch Vorgabe eines bekannten Druckes auf die Membran geprüft werden. Im eingebauten Zustand kann das z. B. dadurch geschehen, dass die Sonde aus dem Hüllrohr gezogen und in einen ausreichend hohen transportablen Standzylinder aus transparentem Kunststoff gehängt wird, sodass der Abstand zwischen Messmembran und Wasserspiegel bekannt ist (Abb. 9).

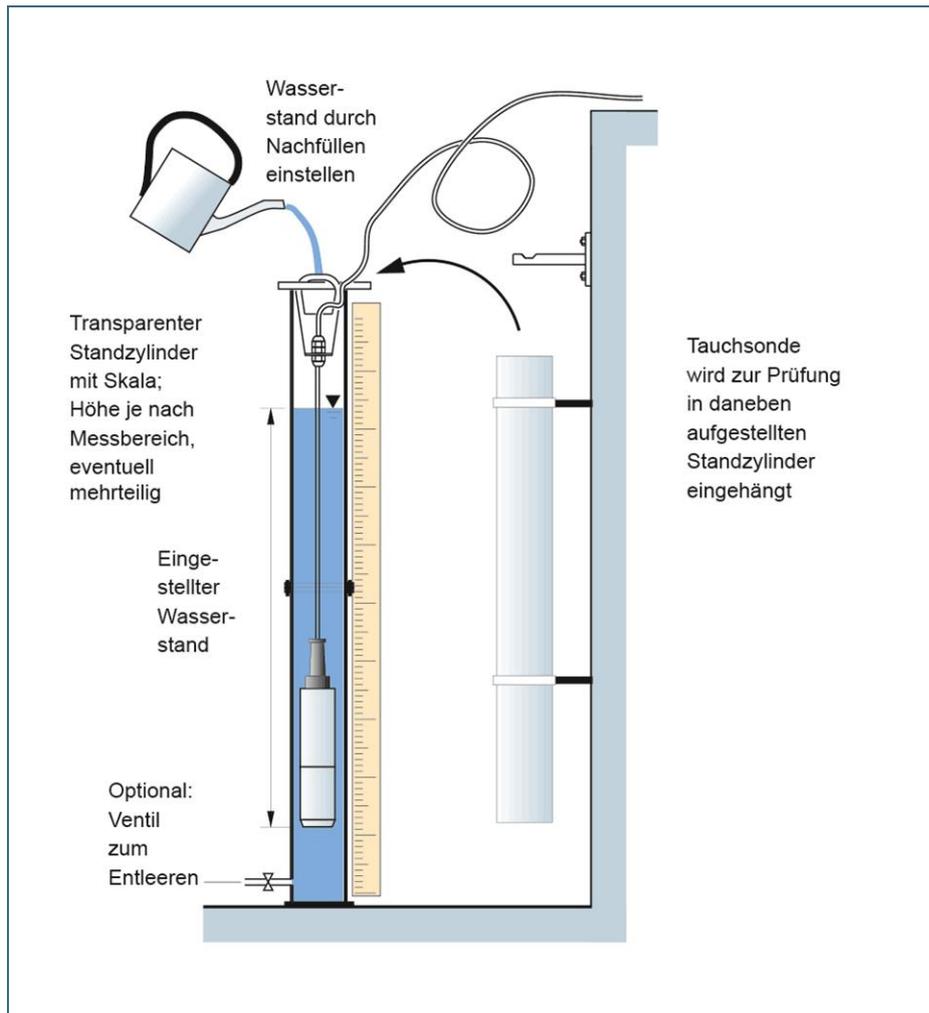


Abb. 9:
Prüfung einer
Tauchsonde in einem
Standzylinder aus
transparentem
Kunststoff

Zur Prüfung ist der Wasserstand im Zylinder durch Einfüllen und Ablassen von (sauberem) Wasser zu verändern. Mit einem Metermaß lässt sich die Differenz des Wasserstandes zur Unterkante der Tauchsonde ermitteln. Der gemessene Wert ist mit der Messwertanzeige, z. B. im Schaltschrank, zu vergleichen.

Die Prüfung sollte sich stets über den gesamten, im Becken vorkommenden Wasserstandsbereich erstrecken. Viele Tauchsonden können über die gesamte Beckenwassertiefe messen und haben einen Messbereich von 3 bis 4 m und mehr. Steht hierfür kein Standzylinder in der dafür erforderlichen Länge zur Verfügung (gegebenenfalls Zusammensetzung aus einzelnen Teilen, die vor Ort mit Flanschen oder Rohrschellen verbunden werden), kann nur ein Teil des Messbereiches geprüft werden.

Es gibt auch „trockene“ Tauchsondenprüfgeräte, bei denen die Tauchsonde vor Ort in eine vom Testpersonal mitgeführte „Prüfscheide“ passend zum Außendurchmesser gesteckt und mit einer Schlauchschelle festgeklemmt wird. In der „Prüfscheide“ wird zur Prüfung der Tauchsonde mit einer Luftpumpe ein Druck entsprechend dem zu messenden Wasserstand aufgebaut, der mit einem Manometer gemessen wird. Diese Prüfgeräte eignen sich ebenfalls bei Tauchsonden mit sehr großem Messbereich.

3.1.4 Ultraschallsonden

Ultraschall-Abstandssonden sind berührungs- und verschmutzungsfrei über der Wasseroberfläche angeordnet.

Messprinzip

Die Abstandssonde sendet zur Wasseroberfläche Ultraschallimpulse aus und empfängt deren Echo. Aus der Laufzeit der Schallimpulse bzw. der Phasendifferenz des Echos zum gesendeten Signal errechnet sich der Abstand zur Wasseroberfläche.

Einbaubedingungen

Beim Einbau muss die vom Hersteller angegebene Ausdehnung der Schallkeule, der Mindestabstand zur Wasseroberfläche (Blockabstand) und der Messbereich (Höchstabstand zur Wasseroberfläche) beachtet werden. Bermen, Leitern, Steigeisen und sonstige Einbauten dürfen nicht in den Bereich der Schallkeule ragen, da sonst Messfehler in Folge von Fehlreflexionen auftreten können. Moderne Ultraschallsonden erlauben jedoch in einigen Fällen das Ausblenden von Störechos.

Die Ultraschallsonde ist stabil zu befestigen (Abb. 10, Abb. 11). Bei einer verbogenen Halterung stimmt der Nullpunkt der Sonde gegenüber dem Bauwerk nicht mehr. Muss der Messkopf zur Reinigung oder Prüfung abgenommen werden, ist zuvor die richtige Position für den Wiedereinbau zu kennzeichnen.

Ultraschallsonden können auch mit einer um 45° geneigten Reflexionsplatte aus Blech um 90° gedreht eingebaut werden, etwa unter der Bauwerksdecke, wenn andernfalls beim maximalen Wasserstand die Blockdistanz als minimaler Abstand des Sensors zur Wasseroberfläche unterschritten würde (Abb. 10).

Bei starker Schaumbildung auf der Wasseroberfläche versagt die Messung, da dann das Echo von der Schaumoberfläche und nicht von der Wasseroberfläche reflektiert wird. Spinnenweben mit Tautropfen können in einigen Fällen gleichfalls Störechos produzieren. Weiterhin können Messfehler durch Temperaturschichtung entstehen, da die Schallgeschwindigkeit von der Dichte der Luft und somit auch von der Temperatur im Becken abhängt. Deshalb besitzen die Geräte in der Regel eine integrierte Temperaturkompensation. Diese kann allerdings nur die aktuelle Temperatur im Gehäuse des Messkopfes erkennen und berücksichtigen, nicht aber jene entlang der Messstrecke. Aus diesem Grund ist z. B. in offenen Becken der Messkopf vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen z. B. mit einer Bedachung. Es sollte vermieden werden, eine Ultraschall-Messeinrichtung an sehr heißen oder sehr kalten Tagen zu prüfen. Beispielsweise kann nach Öffnen des Schachtdeckels der darunter eingebaute Messkopf rasch die Außentemperatur annehmen, während die Lufttemperatur im Becken noch erheblich tiefer oder höher liegt. Messabweichungen in der Größenordnung von einigen Zentimetern sind dadurch möglich.

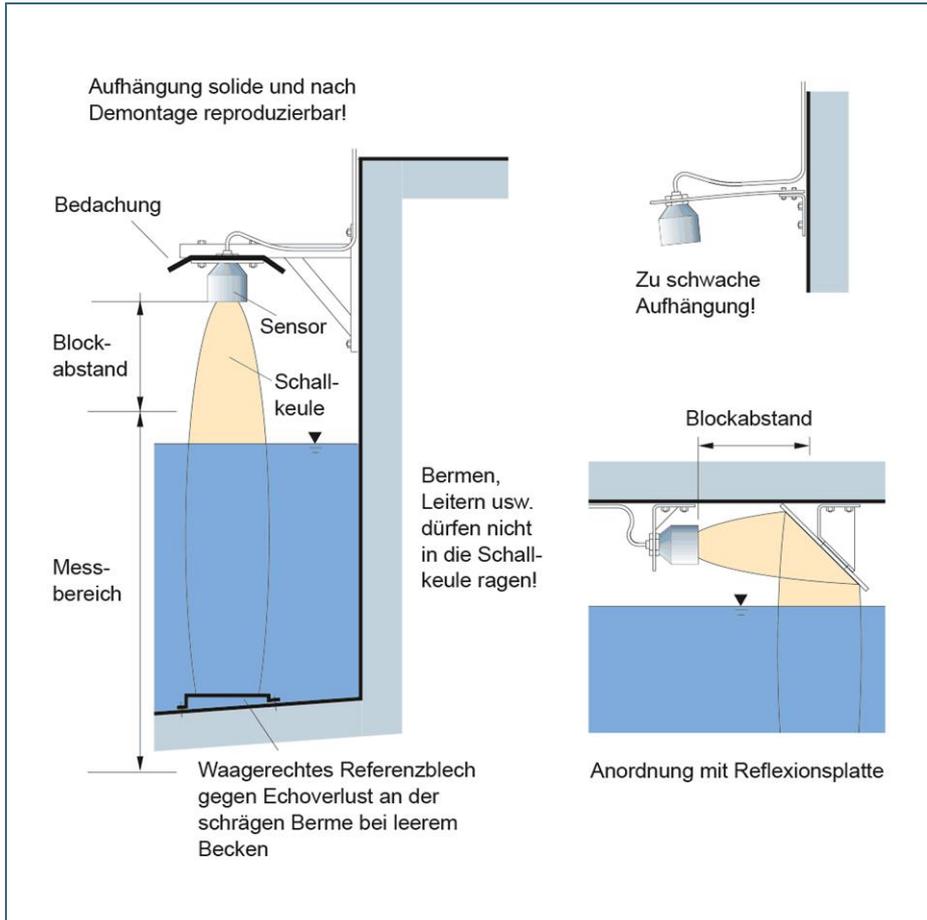


Abb. 10:
Ultraschallschallkeule

In leeren Becken kann es, wenn die Ultraschallschallkeule über einem stark geneigten Beckenboden, z. B. einer Berme montiert ist, infolge von Echoverlust zu Messfehlern kommen. Der reflektierte Schall trifft nicht mehr den Messkopf. Vielmehr werden schwache Störschallkeulen, wie sie z. B. von Verschmutzungen an der Wand entstehen, als „Wasserstand“ fehlinterpretiert. Um dies zu vermeiden, bietet es sich an, die Schallkeule (bei Hauptschlussbecken) über dem Trockenwettergerinne zu montieren. Wo dies nicht möglich ist, kann der Beckenboden genau unter dem Messkopf, z. B. auf einer Fläche von 50 cm x 50 cm, horizontal ausgebildet oder mit einem waagrecht Referenzblech versehen werden (Abb. 10).



Abb. 11:
Ultraschallschallkeule an einem offenen Becken zur Ansteuerung von Spülkippen zur Reinigung des Bauwerkes nach Entleerung

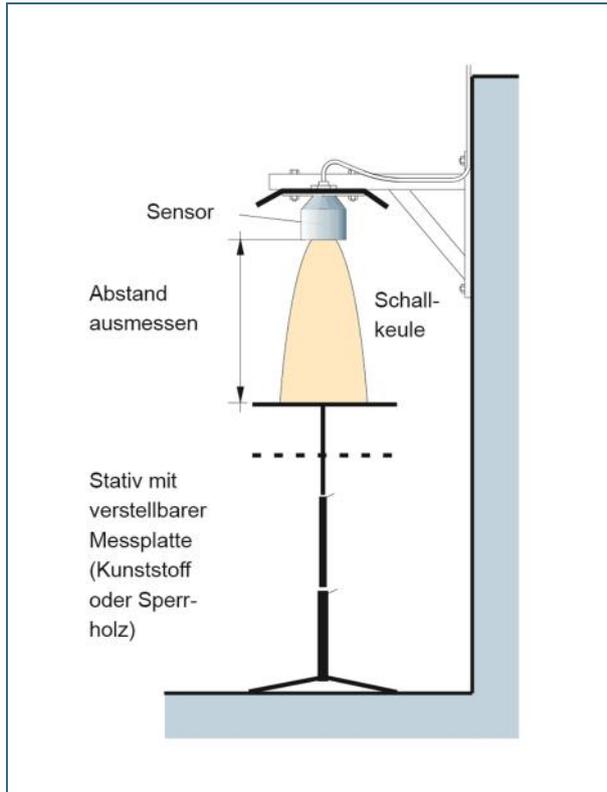


Abb. 12:
Prüfung einer Ultraschallsonde mit Hilfe
einer waagerechten Messplatte

Prüfung der Messwertanzeige

Für Ultraschallsonden gestaltet sich die Überprüfung verhältnismäßig einfach (Abb. 12), ein Ausbau der Sonde ist in der Regel nicht erforderlich und sollte unterbleiben. Mit einer waagerechten Platte unter der Sonde lässt sich im leeren Becken ein „Wasserspiegel“ simulieren. Meistens kann die Prüfplatte mit Hilfe eines Stativs unter der Sonde angebracht werden. Zur Bestimmung des Abstands der Platte zur Sondenunterkante wird ein Nivelliergerät oder einen Meterstab verwendet.

Bei einigen modernen Geräten kann die interne elektronische Signalkonditionierung dazu führen, dass plötzliche Änderungen des Wasserspiegels, wie sie beim Einsatz eines Stativs mit Messplatte auftreten, als unplausibel registriert werden und nicht oder erst nach einiger Zeit auf der Anzeige erscheinen. Gelegentlich produziert das Messsystem dann auch eine Fehlermeldung. Wie bei Verwendung einer Messplatte bei der Prüfung konkret vorzugehen ist, um den „vorgetäuschten“ Wasserstand zu erfassen, ist dem Handbuch des Herstellers zu entnehmen.

3.1.5 Radarsonden

In den letzten Jahren werden vermehrt Wasserstandssensoren eingesetzt, die mit Radartechnik arbeiten und wie Ultraschallsonden berührungslos und verschmutzungsfrei über der Wasseroberfläche montiert werden.

Messprinzip

Der Messkopf gibt mit einer Sendeantenne gepulste oder anderweitig modulierte Mikrowellen zur Wasseroberfläche aus, die dort reflektiert und vom Messkopf wieder empfangen werden. Auch hier wird aus der Phasendifferenz des Echos zum gesendeten Signal der Abstand zur Wasseroberfläche berechnet.

Einbaubedingungen

Wie bei Ultraschallsonden ist auch bei Radarsonden die vom Hersteller angegebene Ausdehnung der Messkeule, der Mindestabstand zur Wasseroberfläche (Blockabstand) und der Messbereich (Höchstabstand zur Wasseroberfläche) zu beachten. Auch hier muss die Messstrecke frei von Hindernissen (Bermen, Leitern) sein. Geräte neuer Generation haben meist eine komfortable, vom Kunden softwareseitig programmierbare Signalkonditionierung.

Zwar ist auch bei Radarsonden eine Montage mit Reflexionsplatte (um 45° geneigte ebene Blechplatte) möglich (Abb. 13), es sind aber heute sehr kompakte Ausführungen verfügbar, bei denen keine zusätzlichen Einbauten nötig sind (Abb. 14). Im Unterschied zu Ultraschallsonden sind Radarsonden deutlich präziser und weitgehend unempfindlich gegen Temperaturschwankungen, Schaum und Spinnweben. Die bei der Ultraschallsonde erwähnten Effekte bei leerem Becken und geneigter Sohle gelten auch für Radarsonden.

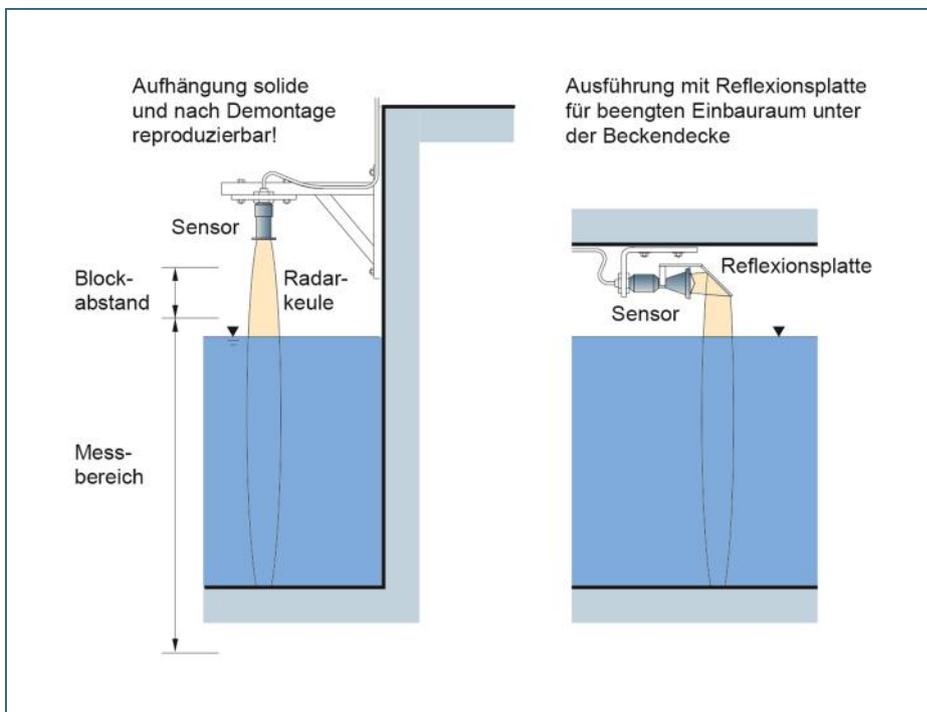


Abb. 13:
Radarsonde

Prüfung der Messwertanzeige

Auch bei Radarsonden ist eine Überprüfung mittels einer waagerechten Platte (vorzugsweise aus Metall zur besseren Signalreflexion, Abb. 12) in bekannter Höhe unter die Sonde möglich. Auch hier kann die direkte Ablesung des so „vorgetäuschten“ Wasserstandes durch die eingebaute „Intelligenz“ der Signalkonditionierung erschwert sein.



Abb. 14:
Kompakte Radar-
sonde, nur wenige
Zentimeter unter der
Beckendecke montiert

3.1.6 Vergleich der Wasserstandsmessungen

In Tab. 1 werden die Vor- und Nachteile der beschriebenen Wasserstandssensoren verglichen. Einige weitere, früher häufig verwendete Wasserstandsmessmethoden, etwa Lufterperlung und Tauchglocke, werden nicht erwähnt, da diese Techniken heute kaum noch gebräuchlich sind.

Tab. 1: Gegenüberstellung von Tauchsonde, Ultraschall- und Radarsonde

	Tauchsonde	Ultraschallsonde	Radarsonde
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • Messkopf hat die gleiche Temperatur wie das Medium • eindeutiges Messsignal auch bei tiefen Wasserständen 	<ul style="list-style-type: none"> • Messkopf taucht nicht ins Abwasser ein • verschmutzungsunempfindlich • leicht zu überprüfen • nicht an Wandmontage gebunden 	<ul style="list-style-type: none"> • Messkopf taucht nicht ins Abwasser ein • verschmutzungsunempfindlich • leicht zu überprüfen • nicht an Wandmontage gebunden • geringe Temperaturempfindlichkeit • hohe Präzision
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • Hüllrohr erforderlich • Sonde taucht ins Abwasser ein • verschmutzungsempfindlich • Überprüfung aufwändig • Wandmontage notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> • Messfehler durch Temperaturschichtung möglich • Messfehler bei Echoverlust möglich • Einbauten wie Rohre, Leitern etc. können zu Messfehlern führen 	<ul style="list-style-type: none"> • Messfehler bei Echoverlust möglich • Einbauten wie Rohre, Leitern etc. können zu Messfehlern führen

3.2 Abflussermittlung

3.2.1 Allgemeines

Während die sachgerechte und betriebssichere Erfassung des Wasserstandes in einem Regenüberlaufbecken und daraus abgeleitet die Entladungsdauer und -häufigkeit eine relativ einfach zu lösende Aufgabe darstellt, ist eine genaue Ermittlung des Abflusses über eine Wehrschwelle und daraus abgeleitet des im Messzeitraum entlasteten Wasservolumens eine deutlich anspruchsvollere Messaufgabe. Grundlagen sind auch in Merkblatt DWA-M 181 beschrieben.

3.2.2 Überlaufschwelen als Messwehre

Messprinzip

Beckenüberläufe an Fang- und Durchlaufbecken (gelegentlich auch Klärüberläufe) werden meist als feste überströmte Wehre ausgebildet. Hierbei ist die Überfallhöhe, also die Höhe des Wasserstandes über der Schwelle, ein Maß für den Abfluss. Der Becken- oder Klärüberlauf wird als Messwehr benutzt. Bei einem überströmten Wehr (Abb. 15) berechnet sich der Abfluss Q nach der Poleni-Formel für vollkommenen Überfall (ohne Rückstau) zu

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot h_{\bar{u}}^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

wobei b die Breite des Wehres, g die Erdbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$) und $h_{\bar{u}}$ die gemessene Überfallhöhe ist. Der Überfallbeiwert μ ist von der Wehrform und von der Überfallhöhe abhängig (Abb. 16, Abb. 17). In der Praxis wird dieser meistens für eine bestimmte Wehrform als konstant angesetzt.

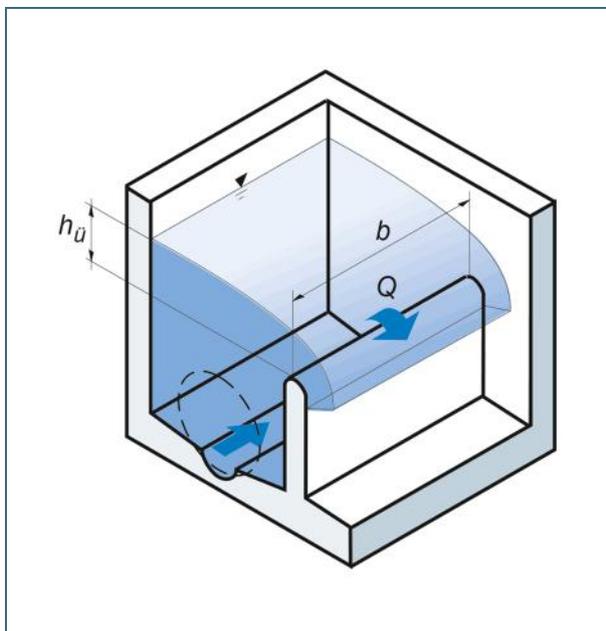


Abb. 15:
Festes, überströmtes Wehr mit vollkommenem Überfall, Definitionsskizze (idealisiert)

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von Untersuchungen zu Überfallbeiwerten (Hager 1993 a) und zu Entwicklungen von Wehrformen mit optimierten Überfallbeiwerten (Peter 1994). Die Einflüsse der Wehrform, der Anströmungsrichtung und vorgeschalteter Tauchwände wurden für verschiedene Bauwerke ebenfalls untersucht (Wetzstein 2003, Peter und Fahrner 1996, Hager 1993 b). Nach diesen Untersuchungen ist es schwierig, generell gültige Überfallbeiwerte oder -formeln anzugeben. Abb. 16 gibt pauschale, nur von der Wehrform, nicht aber von der Überfallhöhe $h_{\bar{u}}$ abhängige μ -Werte aus der Literatur wieder.

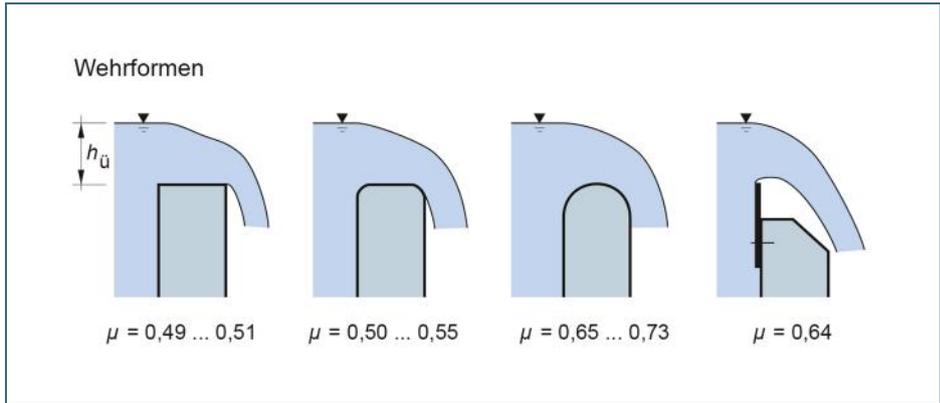


Abb. 16:
Überfallbeiwerte μ für
frontal angeströmte,
feste Wehre in
Abhängigkeit von der
Wehrform
(nach Schröder 1994)

Abb. 17 (nach Hager 1993 a, 1994) differenziert den μ -Beiwert für frontal angeströmte Rechteck- und Zylinderwehre genauer in der Form $\mu = f(h_{\bar{u}}, d)$, berücksichtigt also eine Abhängigkeit von der Überfallhöhe und der Wandstärke d .

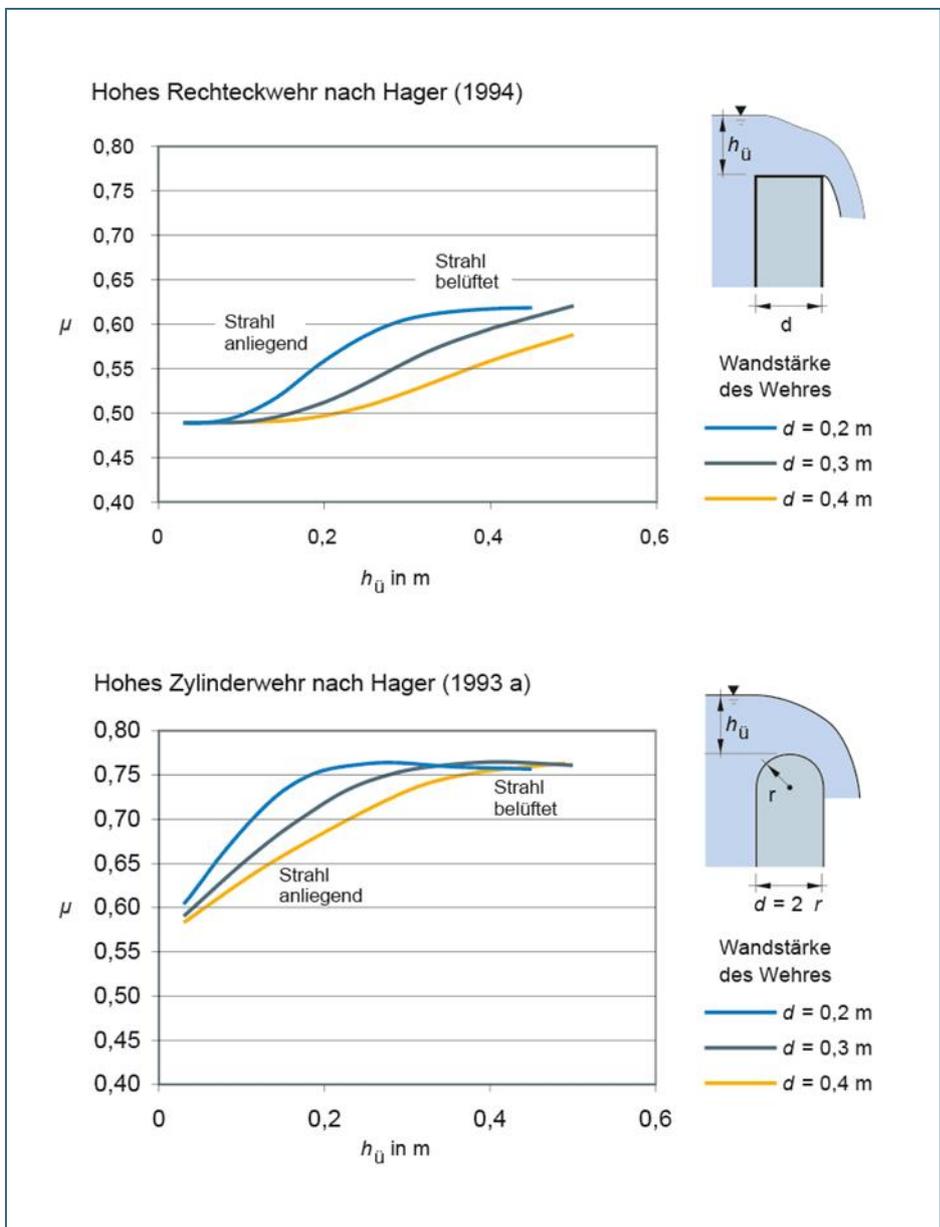


Abb. 17:
Überfallbeiwerte μ
in Abhängigkeit von
der Überfallhöhe $h_{\bar{u}}$

Bei der Verwendung spezieller Messprofile (Abb. 18) wird zur Ermittlung des Abflusses kein konstanter Überfallbeiwert μ , sondern statt Gleichung (1) eine vom Hersteller angegebene Wasserstands-Abfluss-Kennlinie $Q(h)$ verwendet. Der Einsatz dieser Messprofile kann zur Verbesserung der Messgenauigkeit beitragen, wenn es gelingt, die hydraulischen Anström- und Überfallbedingungen zu optimieren.



Abb. 18:
Radarsonde vor einem
Überlauf mit speziellem
Messprofil

Klärüberläufe an Durchlaufbecken werden häufig als gedrosseltes Schlitzwehr ausgebildet (Abb. 19), um bei Starkregen zu große Durchflüsse durch die Sedimentationskammer und ein Wiederaustragen bereits abgesetzter Sedimente zu vermeiden. Zur Berechnung des Entlastungsabflusses ist hier das hydraulische Verhalten des Schlitzes anzusetzen.

Nach Arbeitsblatt DWA-A 111 berechnet sich der Abfluss Q für den schlitzförmigen Klärüberlauf zu

$$Q = \mu \cdot e \cdot l_s \cdot \sqrt{2 g h_s} \quad (2)$$

wobei e die Schlitzhöhe, l_s die Wehrlänge, g die Erdbeschleunigung ($9,81 \text{ m/s}^2$) und h_s die Überstauhöhe über der Schlitzachse ist.

Der Ausflussbeiwert μ ist von der Schlitzform und der Überstauhöhe abhängig. Er wird üblicherweise als konstant angesetzt. Hierzu finden sich in der Literatur nur wenige Angaben. Für einen Schlitz mit freiem Strahlaustritt gibt Schröder (1994) $\mu = 0,67$ und für einen sehr hohen Schlitz $\mu = 0,64$ an. Diese Werte berücksichtigen jedoch nicht, dass der Schlitz schräg ansteigt und sich in Fließrichtung durch die Wand erstreckt. Es empfiehlt sich den Beiwert mit $\mu = 0,6$ etwas kleiner zu wählen.

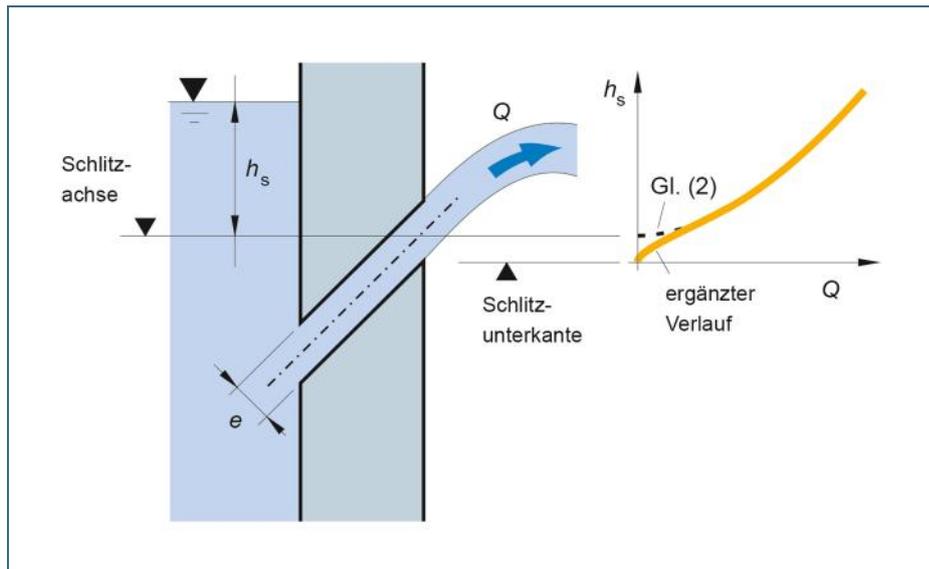


Abb. 19:
Häufige Ausführung
eines Klärüberlauf-
schlitzes (Schnitt)

Eingezeichnet ist die
hydraulische Kennlinie
 $Q(h)$ nach Gl. (2),
ergänzt für kleine
Überfallhöhen.

Andere Schlitzbauarten verwenden einen horizontalen Wanddurchbruch, bei der die Schlitzhöhe mit einem verstellbaren Blech eingestellt wird. Die Schlitzhöhe e ist hier die kleinste Öffnungsweite zwischen dem Blech und der gegenüberliegenden Wand.

Gleichung (2) ist nur für größere Einstauhöhen geeignet, da die Überstauhöhe h_s ab Schlitzachse relevant ist (nicht ab Schlitzunterkante). Bei sehr kleinen Einstauhöhen wirkt der Schlitz eher wie ein festes Wehr mit Tauchwand. Es empfiehlt sich, für diese Abflüsse die Kennlinie $Q(h)$ nach Gleichung (2), wie in Abb. 19 dargestellt, zu ergänzen.

Neben der Ausführung mit festem Schlitz finden sich auch selbstregulierende Klärüberläufe mit beweglichen Teilen, die eine besonders steile Kennlinie $Q(h)$ aufweisen. Für die Berechnung des Entlastungsabflusses ist eine $Q(h)$ -Kurve des Herstellers zu verwenden.

Weitere Angaben zum hydraulischen Verhalten von Becken- und Klärüberläufen sind dem Merkblatt DWA-M 109 zu entnehmen.

Hydraulische Bedingungen

Bei der Planung und für den Betrieb sind zu beachten:

- Bei belüfteten Wehrprofilen, wie dem scharfkantigen Wehr nach Abb. 16 rechts, müssen konstruktive Maßnahmen die Belüftung in allen Betriebszuständen sicherstellen.
- An langen Messwehren mit seitlicher Anströmung (Streichwehr) kann sich neben der Absenkung des Wasserspiegels zum Wehr hin auch eine Schrägstellung des Wasserspiegels längs des Wehres einstellen (Abb. 20). Die richtige Anordnung der Wasserstandssonde vor dem Messwehr (siehe Kap. 4.4) muss diese Auswirkungen kompensieren bzw. minimieren.
- Für eine Abflussermittlung am Wehr ist strömender Zufluss und eine hochgezogene Wehrschwelle erforderlich (vgl. Arbeitsblatt DWA-A 111). Wenn sich aufgrund schießenden Abflusses vor dem Wehr ein Wechselsprung bildet, wird die Wehrschwelle sehr ungleichförmig und mit hoher Turbulenz überströmt, sodass eine Messung nicht möglich ist.

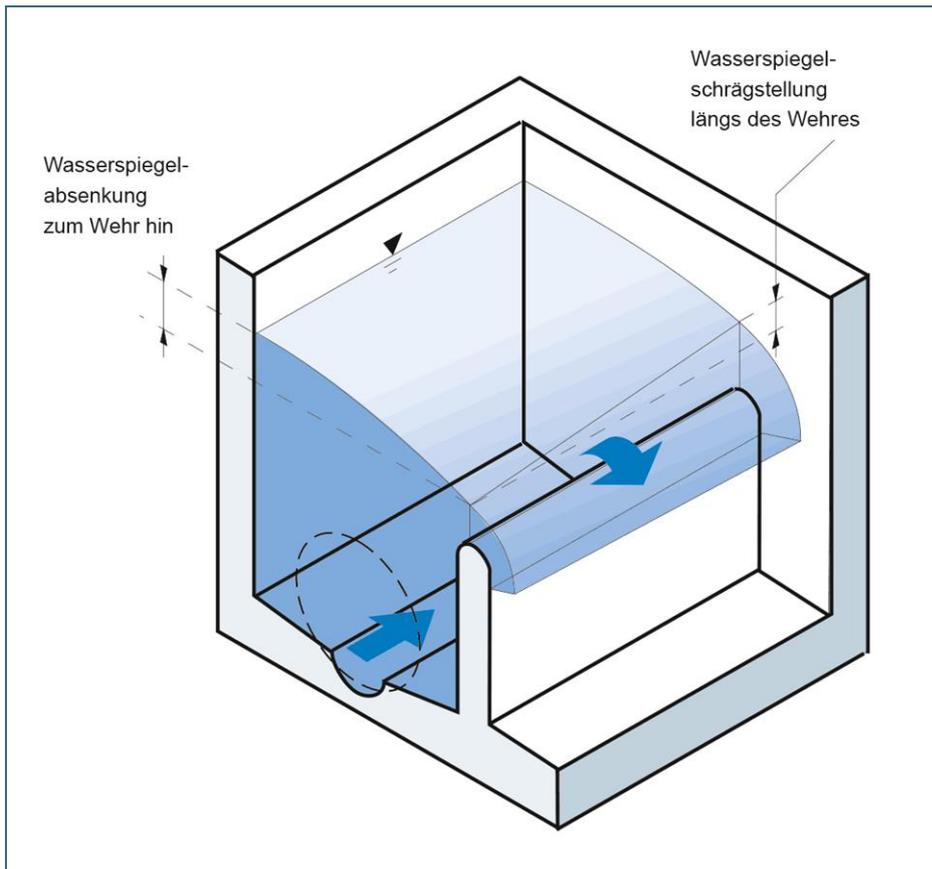


Abb. 20:
Schrägstellung des
Wasserspiegels an der
Wehrschwelle infolge
seitlicher Anströmung

- Zum Rückhalt von Schwimmstoffen gibt es an vielen Überlaufschwelen eine vorgesetzte Tauchwand. Ein zu geringer Abstand zwischen beiden Bauelementen beeinflusst das hydraulische Verhalten $Q(h)$ des Wehres. Es kommt zu einem Höhenverlust an der Tauchwand, der vor allem bei großen Abflüssen zu Messfehlern führt (Abb. 21). Nach den Arbeitsblättern DWA-A 111 und DWA-A 166 müssen Tauchwände einen Abstand von mindestens der doppelten Überfallhöhe h_u aufweisen.
- Rechen und Siebe, angeordnet zum Rückhalt von Grobstoffen, erschweren die Abflussermittlung an der Wehrschwelle erheblich. Es genügt hier nicht, nur die Überfallhöhe am Wehr zu messen, sondern es sind zusätzlich die durch den Rechen oder das Sieb verursachten Energieverluste zu berücksichtigen. Da die Verlusthöhe stark vom Verlegungsgrad mit Sieb- oder Rechengut abhängt, ist die Bestimmung eines Abflusses aus dem gemessenen Wasserstand beim Vorhandensein solcher Einrichtungen schwierig, bisweilen unmöglich.
- Rückstau infolge Hochwassers oder einer zu klein bemessenen Entlastungsleitung beeinflusst das hydraulische Verhalten des Entlastungswehres. Eine Messeinrichtung, die bereits bei kleinen Hochwässern im Gewässer rückstaubehaftet ist, täuscht einen zu hohen Entlastungsabfluss vor. Eine zusätzliche Wasserstandssonde unterstrom der Messstelle hilft, die Rückstauereignisse zu erkennen.

Grundsätzlich ist bei der Ermittlung von Entlastungsabflüssen nur eine bestimmte Genauigkeit erreichbar (je größer die Abflüsse, desto höher die Ungenauigkeit).

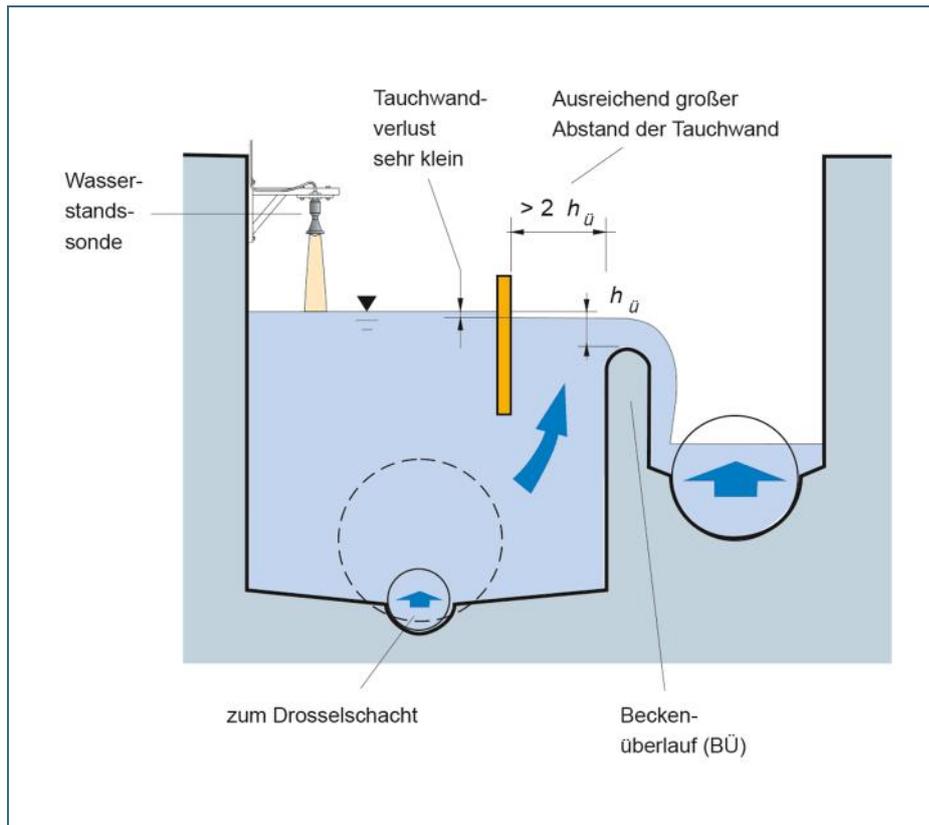


Abb. 21:
Richtige Position der
Tauchwand (orange)
an einer Überlauf-
schwelle

Prüfung der Messwertanzeige

Die Überprüfung einer Entlastungsmessung am Becken- oder Klärüberlaufwehr beschränkt sich auf die Prüfung der Wasserstandsmessung sowie der Länge, Höhe und gegebenenfalls Gestaltung der Überlaufschwelle. Zusätzlich ist zu überprüfen, ob in der Auswerteelektronik die richtige Abflussbeziehung $Q(h)$ verwendet wird.

3.2.3 Abflussermittlung in der Entlastungsleitung

3.2.3.1 Allgemeines

Der Entlastungsabfluss aus Regenüberlaufbecken lässt sich auch in der Entlastungsleitung ermitteln. Hier können eingebaute Venturikanäle oder kompakte Messwehre (Rechteck-, V- oder Parabelmessblenden, so genannte „Thin-plate weirs“ nach ISO 1438 2017) sowie elektronische Verfahren, wie kombinierte Wasserstands-Geschwindigkeits-Sonden, zum Einsatz kommen.

3.2.3.2 Abflussermittlung mit hydraulischen Methoden durch Wasserstandsmessung

Messrinnen und Messwehre sind nach Merkblatt DWA-M 181 hydraulische Methoden zur Abflussermittlung und arbeiten nach dem Venturi-Prinzip. Sie erzwingen durch eine in die Entlastungsleitung eingebaute Engstelle einen Fließwechsel vom Strömen zum Schießen. Dadurch ergibt sich ein hydraulisch eindeutiger Zusammenhang zwischen einem zu messenden Wasserstand h und dem gesuchten Durchfluss Q .

Einbaubedingungen

Verschiedene Messwehre (Dreieck-, Rechteckwehr, Parabelventuri) und Messrinnen (Venturigerinne, Khafagi-Venturi, Parshallrinne etc., vgl. z. B. Bos 1989 und Merkblatt DWA-M 181) unterscheiden sich in ihrer Geometrie und der Wasserstands-Abfluss-Kennlinie $Q(h)$. Gemessen wird nur der Wasserstand h . Gemeinsam ist diesen Wehren (Abb. 22), dass sie nicht rückgestaut sein dürfen. Ein rückgestauter Einbau täuscht zu große Abflüsse vor.

Für die Durchflussmessung mit Venturigerinnen und kompakten Messwehren sind die Normen ISO 1438 (2017) und DIN 19 559 Teil 2 (1983) einschlägig. Zu beachten ist insbesondere der beschränkte Messbereich dieser Messwehre und Messrinnen. Ein Venturigerinne muss vom Maximalabfluss abhängige Fehlergrenzen einhalten. Treten kleinere Abflüsse auf, ist die Messgenauigkeit sehr gering.

Die hydraulische Beziehung $Q(h)$, die so genannte Schlüsselkurve, lässt sich nur bei Venturigerinnen mit rechteckförmigem Rinnenquerschnitt (DIN 19 559 Teil 2 1983) und bei einigen Messblenden (ISO 1438 2017) analytisch bestimmen. Für andere Messrinnen ist die Kennlinie durch den Gerinnehersteller aus Modellversuchen zu ermitteln.

Prüfung der Messwertanzeige

Die plangemäße Errichtung der Messrinnen und Messwehre hinsichtlich Länge, Einschnürung Wehrform oder Position der Messsonde ist zu überprüfen. Zusätzlich muss die Wasserstandsmessung und die korrekte Implementierung der Schlüsselkurve $Q(h)$ in der Auswerteelektronik kontrolliert werden.

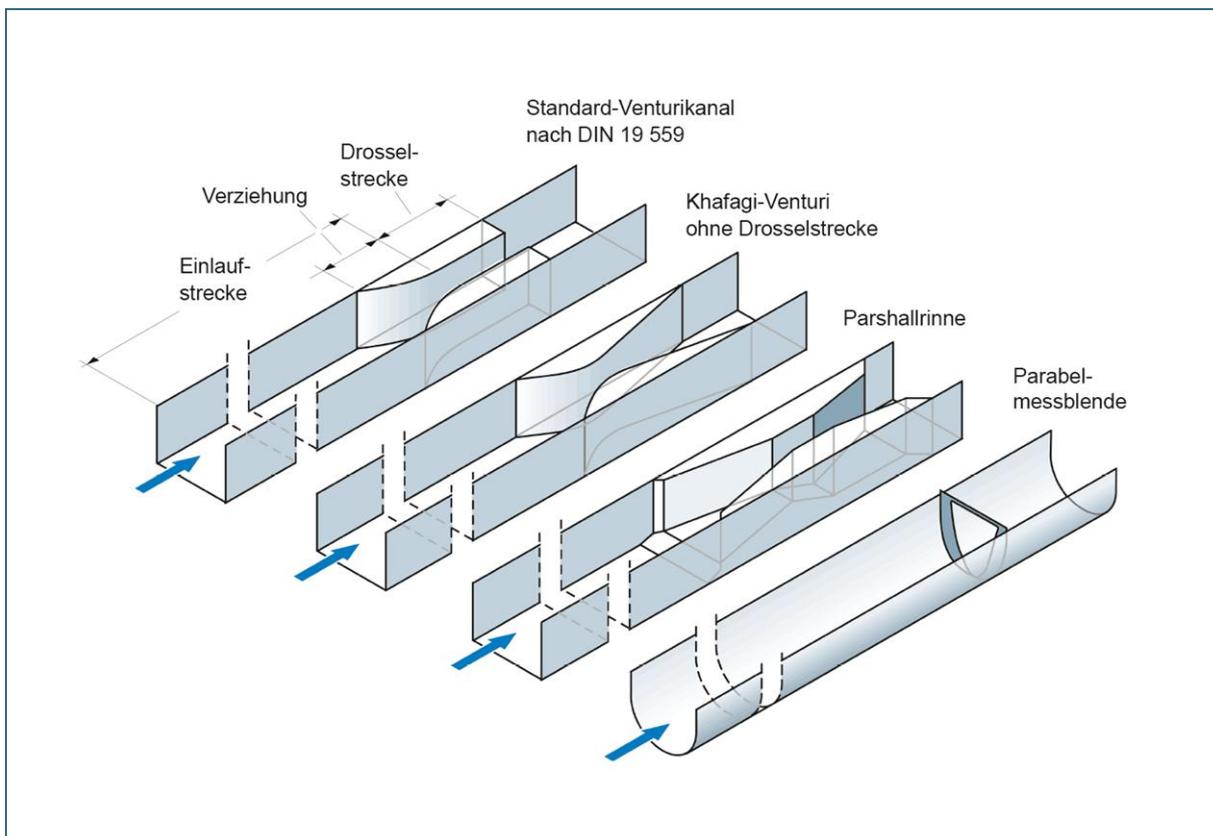


Abb. 22: Einige Bauformen von Venturikanälen und Messwehren (ohne Anspruch auf Vollständigkeit)

3.2.3.3 Abflussermittlung durch Geschwindigkeitsmessung

Es sind eine Reihe von Messverfahren und -sensoren verfügbar, die eine direkte Messung der Fließgeschwindigkeit vornehmen. Zur Abflussermittlung in der Entlastungsleitung werden sie in der Regel in Kombination mit einer eingebauten oder separaten Wasserstandsmessung eingesetzt.

Messprinzipien

Magnetisch-induktive Geschwindigkeits- und Abflussmessung: Das magnetisch-induktive Abflussmessverfahren beruht auf der Grundlage des Faradayschen Prinzips. Für Rohrleitungen gibt es magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID) zur Messung bei Teil- und Vollfüllung, wobei direkt der Durchfluss angezeigt wird. Bei Vollfüllungs-MID ist der durchströmte Querschnitt bekannt, bei Teilfüllungssensoren wird dieser durch direkte oder indirekte Messung der Fließtiefe ermittelt.

Für den Einsatz in Entlastungsleitungen sind solche MID wegen der hohen Abflüsse und großen Nennweiten in der Regel zu aufwändig und zu teuer. Besser eignen sich Geschwindigkeitssonden nach dem MID-Prinzip, die lokale Fließgeschwindigkeiten messen können und z. B. in Form einer „Kanalmaus“ am Boden der Entlastungsleitung angeordnet werden.

Ultraschall- und Radar-Geschwindigkeits- und Abflussmessung: Ein weiteres Prinzip zur Messung von Fließgeschwindigkeiten und Abflüssen benutzt Schallwellen im Ultraschallbereich in der Strömung. Es wird zwischen Laufzeit- und Dopplerverfahren unterschieden (siehe Merkblatt DWA-M 181). Entsprechende Geräte sind auch zum Ankleben an vollgefüllte Rohrleitungen erhältlich. Auch in offenen Gerinnen kann mit Ultraschallverfahren der Abfluss gemessen werden. In diesem Fall ist eine Wasserstandsmessung als zweite Information erforderlich. Auch solche Geräte sind oft Geschwindigkeitssonden als „Kanalmause“, die auf dem Gerinneboden befestigt werden.

In den letzten Jahren werden auch andere Abflusssensoren angeboten, etwa mit Radar als Messprinzip (Messung der Oberflächengeschwindigkeit der Gerinneströmung), die berührungsfrei über dem Gerinne hängen.

Einbaubedingungen für Sensoren auf der Sohle der Entlastungsleitung

Einige MID- oder Ultraschall-Geschwindigkeitssonden werden auf der Sohle der Entlastungsleitung angeordnet. Diese Geräte erfordern in der Regel nur geringe bauliche Vorkehrungen und tolerieren (anders als Messwehre) auch Rückstau. Der Fließquerschnitt wird nur geringfügig eingeengt. Auch ein nachträglicher Einbau ist möglich. Diese Sensoren haben in der Regel eine Wasserspiegelmessung als Druck- oder Ultraschallsonde integriert, um so die für die Abflussbestimmung nötige Information über die durchströmte Querschnittsfläche zu erhalten.

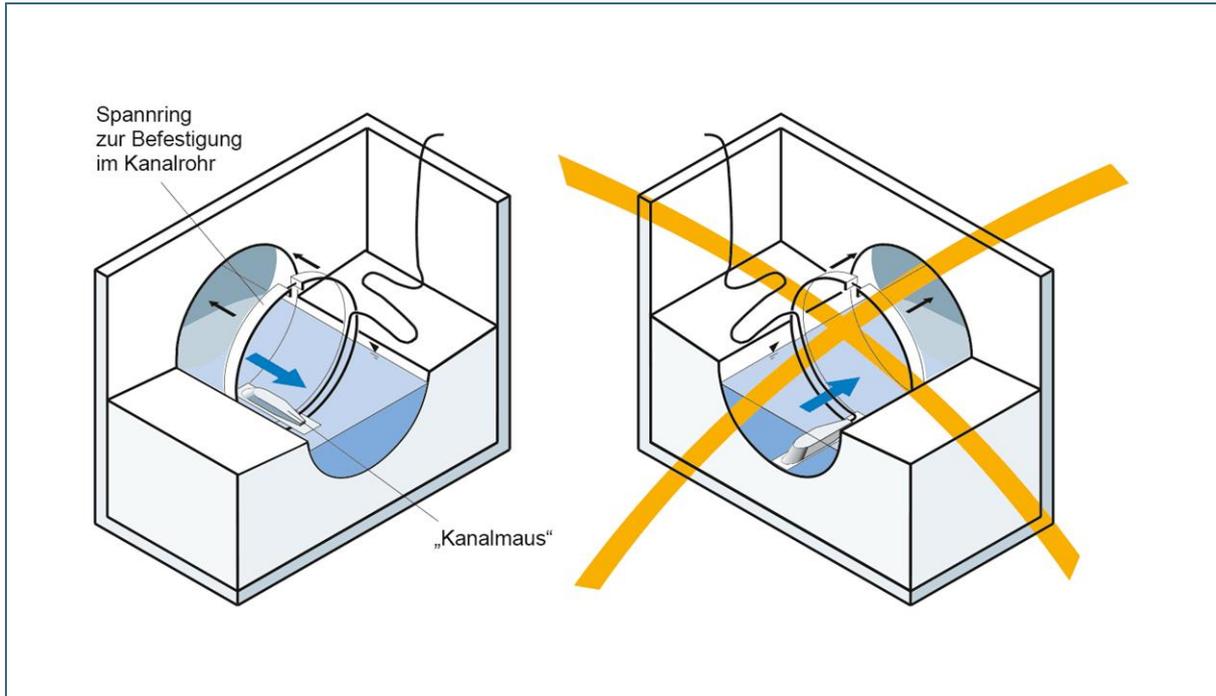


Abb. 23: Messsensor zur lokalen, kombinierten Fließgeschwindigkeits- und Wasserstandsmessung

Wichtig ist der Einbau in einer im Messschacht ankommenden Haltung entgegen der Fließrichtung.

Da diese Sonden ein paralleles, ausgebildetes Geschwindigkeitsprofil voraussetzen, sollten sie immer entgegen der Fließrichtung in eine ankommende gerade Haltung genügender Länge eingebaut werden (Abb. 23 links). Bei einer Anordnung in der abgehenden Leitung (Abb. 23 rechts) sind wegen der nicht ausgebildeten kontrahierenden Einlaufströmung größere Messfehler zu erwarten, zumindest bei größeren Abflüssen, bei denen die Schachtberme überstaut ist.

Ein Nachteil dieses Systems ist die Verschmutzungsgefahr der Messsonde. In Entlastungsleitungen ist normalerweise nicht mit Grobsediment zu rechnen, sodass dort die Beschädigungsgefahr gering ist. Zu beachten ist, dass „Kanalmäuse“ für eine korrekte Messung einen Mindestwasserstand benötigen; ganz geringe Abflüsse können daher oft nicht gemessen werden. In schießender, turbulenter Strömung ist eine zuverlässige Messung meist nicht möglich. Entlastungsleitungen sind im hydraulischen Sinne oft relativ steil verlegt: 5 ‰ genügen in vielen Fällen, um schießende Strömung zu erzeugen. In solchen Fällen kann ein künstlich erzeugter kleiner Einstau stromab der „Kanalmaus“ hilfreich sein.

Elektronische Messeinrichtungen im Entlastungskanal fallen während der meisten Zeit trocken und müssen im Entlastungsfall innerhalb weniger Sekunden eine zuverlässige Anzeige liefern. Dies bedeutet eine hohe Anforderung an die Zuverlässigkeit der Messtechnik.

Prüfung der Messwertanzeige

Eine Prüfung und Nachkalibrierung von MID- und Ultraschall-Messgeräten ist in der Regel nicht vor Ort möglich. Zur Überprüfung und Eichung sind diese Geräte an den Hersteller zu senden.

3.3 Messung der Stellung von Wehrklappen

Bei beweglichen Klappen am Beckenüberlauf kann in vielen Fällen über eine vom Klappenhersteller angegebene Schlüsselkurve $Q = f(\text{Klappenstellung})$ auf den Abfluss geschlossen werden.

Messprinzip

Die Aufgabe selbstregulierender Wehrklappen ist es, bei überlaufendem Becken den Wasserspiegel weitgehend konstant zu halten. Hier ist es möglich, einen Zusammenhang zwischen der Klappenposition (etwa der Klappenneigung) und dem Abfluss anzugeben. Die Stellung der Klappe kann mit einem Neigungswinkelgeber oder einem Abstandsmessgerät bestimmt und daraus der Abfluss berechnet werden.

Die Klappenstellung wird jedoch stark durch die Haftreibung, z. B. an Seitendichtungen, beeinflusst. Dadurch „hängt“ die Klappe zeitweise, bleibt also in der gleichen Stellung, und es kann sich ein etwas größerer oder geringerer Wasserstand und damit auch Abfluss einstellen. Der Zusammenhang $Q = f(\text{Klappenstellung})$ ist also nicht ganz eindeutig. In einigen Fällen wird deshalb zur Verbesserung der Genauigkeit zusätzlich eine Wasserstandsmessung eingesetzt; damit ergibt sich ein etwas komplizierter Zusammenhang $Q = f(\text{Klappenstellung}, \text{Wasserstand})$.



Abb. 24:
Winkelgeber an einer
Federstauklappe

Einbaubedingungen

Beim Einbau der Wehrklappe ist darauf zu achten, dass auch große Abflüsse ohne Rückstau abgeleitet werden können. Rückstau in Folge von Hochwasser aus dem Gewässer beeinflusst das hydraulische Verhalten der Klappe stark. Auch bei vorgeschalteten Tauchwänden, Sieben oder Rechen ist eine Abflussbestimmung über die Klappenauslenkung möglich.

Zur Messung der Stellung von Wehrklappen werden in der Regel elektronische Neigungswinkelgeber eingesetzt. Diese sind am beweglichen Teil der Klappe oder an der Gegengewichtsscheibe befestigt und mit einem flexiblen Kabel angeschlossen (Abb. 24). Als Messsensoren kommen wasserdicht verkapselte und explosionsgeschützte Drehpotentiometer zum Einsatz, verstellbare elektrische Widerstände, die durch ein innen angeordnetes Pendel verdreht werden, oder Hallsonden, die berührungsfrei die Verdrehung eines Magnetfeldes messen.

Die Auslenkung parallel verschiebbarer Schilde kann mit einer Abstandsmessung bestimmt werden, z. B. mit einem horizontal montierten Ultraschall-Messkopf.

Prüfung der Messwertanzeige

Die Überprüfung von Winkelgebern ist relativ einfach. Häufig lassen sich die Wehrklappen nach dem Abnehmen (oder durch Anheben) der Gegengewichte von Hand aufdrücken und der momentane Winkel ist dann z. B. mittels Wasserwaage und Winkelschmiege zu messen. In einigen Fällen können zur Prüfung auch die Befestigungsschrauben des Winkelgebers gelöst und dieser um einen bekannten Winkel verdreht werden. Hierbei muss jedoch die Nulllage anschließend wieder korrekt hergestellt werden. Auch bei Abstandssonden ist eine Überprüfung durch manuelles Öffnen der Klappe oder durch das Anbringen einer Platte vor dem Messkopf möglich.

4 Auswahl und Anordnung von Messeinrichtungen

4.1 Allgemeines

Eine Beschreibung von Regenbecken in Mischwasserkanalisationen (unter anderem Fang- und Durchlaufbecken) und die verwendeten Begriffe sind in den Arbeits- und Merkblättern DWA-A 166 und DWA-M 176 zu finden. Im Folgenden wird nur insoweit auf die Funktionsweise und Gestaltung der Regenüberlaufbecken eingegangen, wie es für die Anordnung der Messstellen wichtig ist.

Grundsätzlich sind die Messeinrichtungen so auszuwählen und einzusetzen, dass

- die hydraulischen Anforderungen eingehalten und die geforderte Messgenauigkeit erreicht werden kann,
- die Bedienung einfach und ungefährlich ist,
- die Messeinrichtung im Bauwerk leicht zugänglich und ohne großen Aufwand jederzeit zu überprüfen ist,
- die generellen Vorschriften für abwassertechnische Anlagen bezüglich Unfallverhütung und Explosionsschutz eingehalten werden.

4.2 Überläufe

4.2.1 Klärüberlauf

Bei Durchlaufbecken ist die niedrigste Überlaufschwelle der Klärüberlauf (Abb. 25). Nach Beckenfüllung erfolgen Entlastungen zunächst über den Klärüberlauf, sodass eine Absetzwirkung erzielt wird. Die Schwelle des Klärüberlaufes liegt bei Rechteckbecken gegenüber dem Beckenzulauf. Der Klärüberlauf nimmt bei Rechteckbecken in der Regel eine Schmalseite des Beckens ein. Bei Rundbecken ist der Zulauf im 1. Quadranten und der Klärüberlauf am Beckenrand im 4. Quadranten angeordnet.

4.2.2 Beckenüberlauf

Beckenüberläufe gibt es bei Fang- und Durchlaufbecken. Bei Fangbecken ist der Beckenüberlauf der einzige Überlauf.

Der Beckenüberlauf bei Durchlaufbecken wird erst bei großen Abflüssen überströmt und springt daher viel seltener an als der Klärüberlauf; auch die jährlich entlastete Wassermenge ist weitaus geringer. Wegen beengter Verhältnisse in der Beckenüberlauf-Kammer wirkt der Beckenüberlauf meistens als Streichwehr.

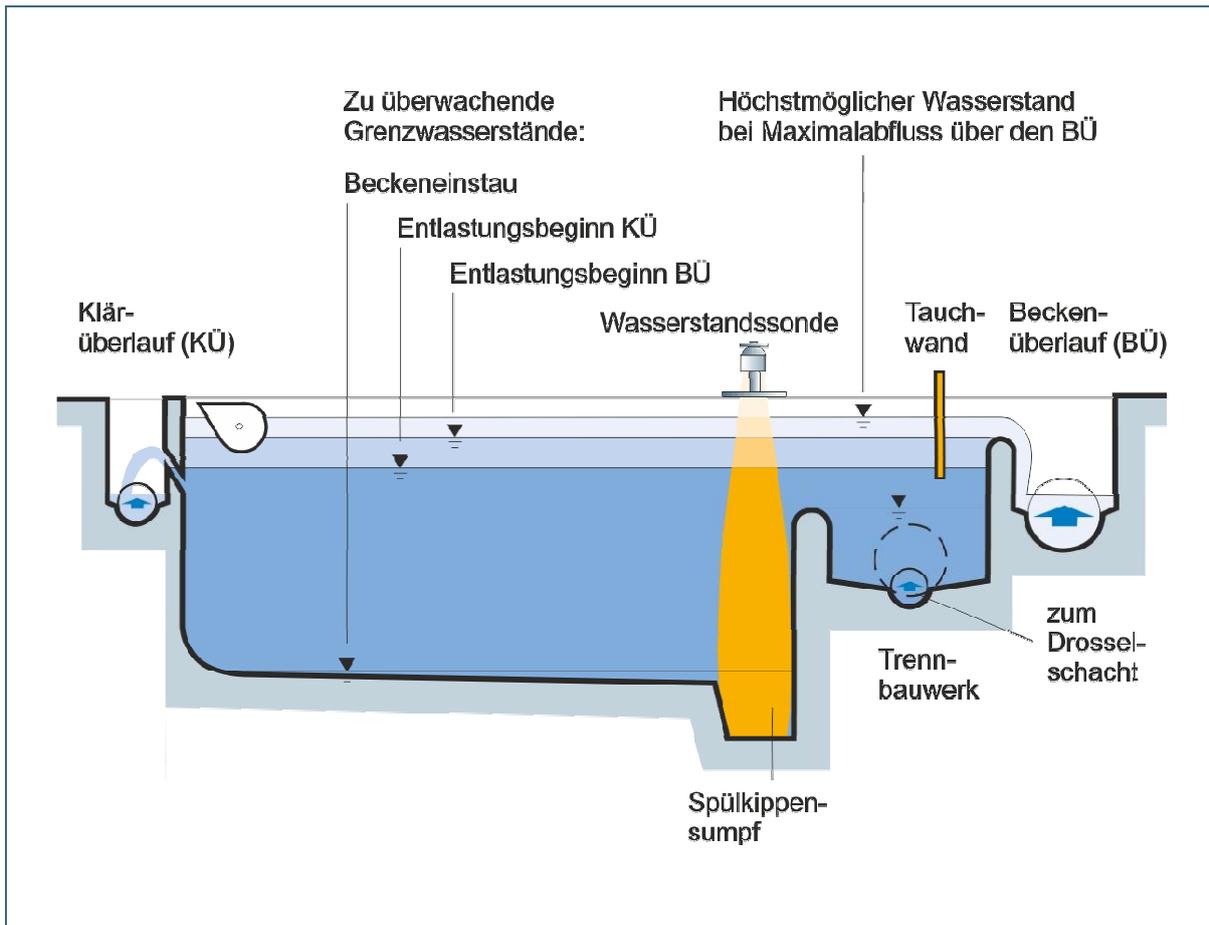


Abb. 25: Zu überwachende Wasserstände am Beispiel eines Durchlaufbeckens im Nebenschluss (Schnitt)

4.2.3 Bauwerk Regenüberlauf

Regenüberläufe haben im Gegensatz zu Regenüberlaufbecken kein wesentliches Speichervolumen und entlasten, sobald der Zufluss größer als der Drosselabfluss ist. Sie entlasten wesentlich seltener als Regenüberlaufbecken. Regenüberläufe sind in der Regel als einfache oder doppelseitige Streichwehre ausgebildet.

Eine spezielle Bauform von Regenüberläufen sind Springüberläufe, bei denen der Entlastungsabfluss eine Sohlenöffnung überspringt und direkt in die Entlastungsleitung geht (vgl. Merkblatt DWA-M 109, Arbeitsblatt DWA-A 111). Hier kann die Entlastungstätigkeit nur in der Entlastungsleitung ermittelt werden (siehe Kap. 3.2.3).

4.3 Anforderungen an Messbereich, Auflösung und Genauigkeit

4.3.1 Bezeichnungen

In der Literatur der Messtechnik (z. B. Uhl 1993), im Merkblatt DWA-M 181 sowie auch in den einschlägigen Normen, beispielsweise DIN 1319, finden sich eine Vielzahl an Definitionen und Begriffen. Hier werden nur einige Bezeichnungen definiert, die im Sprachgebrauch des Anwenders und im vorliegenden Praxisratgeber verwendet werden.

Wertebereich

Wird der Wasserstand vor einer Beckenüberlaufschwelle gemessen, um daraus die Entlastungswassermenge zu berechnen, muss der Wasserstand zwischen der Oberkante der Schwelle und dem höchsten erwarteten Wasserstand – beispielsweise 50 cm über Oberkante Schwelle – registriert werden. Zweckmäßigerweise beginnt die Messung aber bereits bei Wasserständen etwas unter der Oberkante der Schwelle, z. B. –20 cm, um Nullpunktfehler zu vermeiden und den Entlastungsbeginn zuverlässig erkennen zu können. Der erwartete Wertebereich der Messung wäre dann –20 bis +50 cm.

Messbereich

Der Messbereich einer Wasserstandssonde ist der Bereich in Metern, in dem die Sonde messen kann (Abb. 26). Eine Tauchsonde mit einem Messbereich von 0 bis 5 m beispielsweise kann Wasserstände in diesem Bereich mit einer vom Hersteller angegebenen Genauigkeit messen.

Grundsätzlich gilt: Um eine möglichst große Messgenauigkeit zu erreichen, sollte der Messbereich der eingesetzten Sonde so gewählt werden, dass er den zu erwartenden Wertebereich nicht wesentlich überschreitet.

Zur Überwachung einer Überfallhöhe von maximal 50 cm (siehe Wertebereich oben: –20 bis +50 cm) ist eine Tauchsonde mit einem Messbereich von 1 m empfehlenswert, da bei dieser 70 % des Messbereiches ausgenutzt wird. Eine Sonde mit 5 m Messbereich würde hingegen nur 14 % des Messbereiches nutzen.

Bei Messsensoren der neuesten Generation (etwa Radarsensoren) wird diese Forderung etwas relativiert, weil die Geräte heute standardmäßig relativ große Messbereiche (einige Meter) mit sehr hoher Auflösung abdecken und Geräte mit geringem Messbereich oft gar nicht erhältlich sind.



Abb. 26:
Ultraschallsonden an
einem Regenüberlauf-
becken

Hier sind zwei Sonden mit unterschiedlichem Messbereich nebeneinander vor einer Schwelle montiert, eine mit 5 m Messbereich zur Erfassung des Beckeneinstaus, die zweite mit nur 1 m Messbereich zur Erfassung der Überlaufhöhe.

Auflösung

Die Auflösung einer Sonde gibt an, wie fein das Messsignal aufgliedert werden kann. Sie ist für die digitale Signalverarbeitung wichtig, da hier der Messwert in Stufen erfasst wird. Hat die Auswertelektronik (der Analog-Digital-Wandler) beispielsweise $2^{10} = 1024$ Stufen, liegen einzelne Messwerte den 1024-ten Teil zwischen dem kleinsten und größten messbaren Wasserstand auseinander. Bei einem Messbereich von $5\text{ m} = 5000\text{ mm}$ wäre der Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Werten $5000/1024 = 4,88\text{ mm}$, das heißt, der Wasserstand kann hier nur in Stufen von knapp 5 mm angezeigt werden. Bei einer höherwertigen Elektronik mit $2^{12} = 4096$ Stufen wären es $1,22\text{ mm}$. Der tatsächliche Wasserstand liegt immer zwischen zwei Stufen. Dadurch ergibt sich ein so genannter Diskretisierungsfehler von maximal einer halben Stufenhöhe. Dieser sagt aber noch nichts über die tatsächliche Messgenauigkeit aus, da diese noch durch andere Fehlereinflüsse bestimmt wird.

Bei modernen Sensoren ist oft die angegebene Auflösung (z. B. 2 mm) entscheidend, weniger der Messbereich, der softwareseitig eingestellt werden kann. Daher verbessert sich bei einstellbarem Messbereich die Auflösung nicht mit Verringerung des Messbereiches (vergleichbar mit dem Digitalzoom beim Handy, welches den Bildausschnitt vergrößert, aber die Pixel nicht feiner machen kann).

Messgenauigkeit

Die Genauigkeit einer Messung ist ein subjektiver Begriff (Uhl 1993) und nach DIN 1319 nicht als quantitative Angabe zu gebrauchen. Die Norm spricht stattdessen von Messabweichungen als Differenz zwischen dem Messwert (beispielsweise dem angezeigten Wasserstand) und dem tatsächlichen Wert. In der Praxis wird aber sehr wohl danach gefragt, wie „genau“ z. B. ein Wasserstand gemessen werden muss oder kann.

Im Praxisratgeber wird der Begriff „Messgenauigkeit“ im Sinne einer zulässigen Abweichung in Prozent des Messwertes vom tatsächlichen Wert verwendet.

Gerätehersteller geben die Messgenauigkeit häufig in Prozent des Endwertes oder des Messbereiches an. Eine Messgenauigkeit von 1% des Endwertes entspricht bei einer Tauchsonde mit 5 m Messbereich einem möglichen Messfehler von 50 mm . Eine Genauigkeit von $0,25\%$ des Messbereiches bei einer Ultraschallsonde, die von $0,3$ bis $1,3\text{ m}$ messen kann, entspricht circa $2,5\text{ mm}$.

Bisher wurden wegen dieser Effekte für die Einstauererkennung (mehrere Meter Messbereich, Zentimetergenauigkeit) und die Entlastungsmessung (max. 1 m Messbereich, aber hohe Genauigkeit im Millimeterbereich) zwei getrennte Wasserstandssensoren empfohlen und in vielen Regenüberlaufbecken so eingebaut. Bei elektronisch parametrierbaren Wasserstandssonden der neuesten Generation genügt nun in vielen Fällen eine einzige hochwertige Sonde, um sowohl den Beckeneinstau als auch die Überfallhöhe am Beckenüberlauf mit hinreichender Genauigkeit zu messen. Auf die in Kap. 3.1 genannten Anforderungen an die Montage der Sonden im Hinblick auf die Vermeidung von Nullpunktfehlern ist jedoch dann besonders Wert zu legen.

Dämpfung des Messsignals

Beim Füllen und Entleeren von Regenüberlaufbecken, besonders bei Beginn und Ende eines Überlaufereignisses, verändert sich der Beckenwasserstand normalerweise nur langsam. Es können jedoch schnell ablaufende Oberflächenwellen überlagert sein. Um ein störungsarmes Messsignal zu erhalten, folgt die Messeinrichtung den Wasserstandsänderungen absichtlich mit einer gewissen Verzögerung (Dämpfung, Abb. 27).

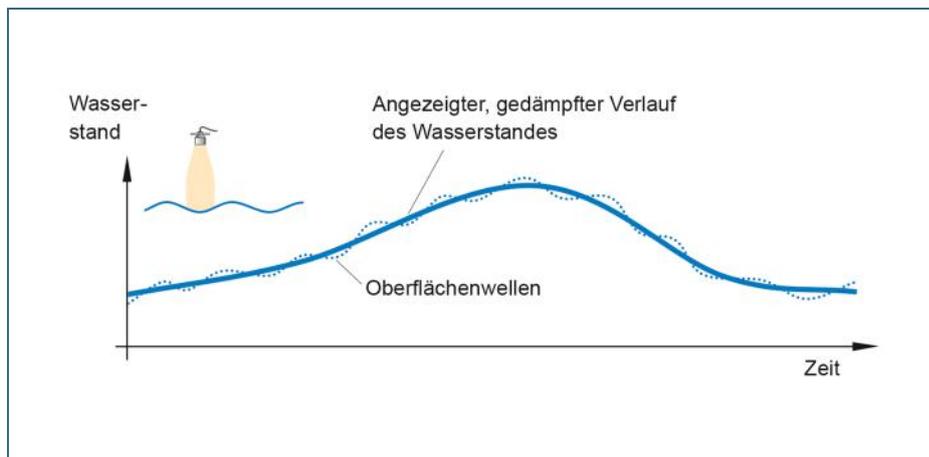


Abb. 27:
Elektronische Dämpfung des Messwertes

Bei der Wasserstandsanzeige werden schnelle Oberflächenwellen weitgehend „gedämpft“.

Die Dämpfung erfolgt in der Regel elektronisch, z. B. mit einem sogenannten Tiefpassfilter. Das Maß der Dämpfung, also wie schnell die Messwertanzeige einer Änderung des Messsignals folgt, lässt sich meist softwareseitig einstellen. Zu stark sollte die Dämpfung nicht sein, um bei der regelmäßigen Prüfung der Messeinrichtungen den Endwert innerhalb maximal z. B. 10 bis 20 Sekunden zu erreichen.

Eine ähnliche Auswirkung hat die Wahl des Messintervalls (das heißt in welchen Zeitabständen das Wasserstandssignal „abgelesen“ wird, siehe Kap. 5.5.3).

4.3.2 Einstaumessung

Messbereich

Zur Überwachung des Beckeneinstaus werden in der Regel Wasserstandsmesssonden verwendet, deren Messbereich die gesamte Beckentiefe umfasst. Häufig haben sie noch weitere Funktionen, etwa die Bereitstellung der Wasserstandsinformation für die Ansteuerung von Rührwerken oder Entleerungspumpen durch die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

Erforderliche Genauigkeit

Der Mindestwasserstand wird bei einem Einstauereignis zumeist rasch durchschritten. Es können deshalb Sonden mit großem Messbereich und einer Genauigkeit im Zentimeter-Bereich verwendet werden.

Dämpfung des Messsignals

Bei der Einstaumessung ist keine hohe Reaktionsgeschwindigkeit der Messeinrichtung notwendig. Es genügt theoretisch, wenn die Zeit, in der das Messsignal auf eine schnelle Änderung des Wasserstandes reagiert, wie auch im Vorkapitel beschrieben, bei der Prüfung im Bereich von 10 bis 20 Sekunden liegt.

Erforderliche Auflösung der Zeiterfassung

Die Erfassung der Zeitdauer eines Einstauereignisses hängt von der Auswertung in den nachfolgenden Baugruppen ab (siehe Kap. 5.5.1). Die Einstaudauer liegt auch für kleinere Regenereignisse im Stundenbereich. Es würde reichen, wenn die Zeiterfassung nur relativ grob auflöst. In der Praxis wird die Zeitauflösung für die Einstauerkennung analog zur Entlastungserkennung gewählt; daher wird mit Zeitauflösungen von z. B. fünf Minuten, besser einer Minute, gearbeitet (siehe Kap. 4.3.3).

4.3.3 Entlastungsmessung

Messbereich

Zur Überwachung des Ereignisses „Becken entlastet“ und zur Bestimmung der Entlastungswassermengen durch Wasserstandsmessung an einer Wehrschwelle ist nur ein kleiner Messbereich notwendig. Wie bereits erwähnt, wird der Messbereich zweckmäßigerweise so gewählt, dass er etwas unter der Oberkante der Wehrschwelle beginnt. Bei Maximalabfluss liegt die Überfallhöhe am Wehr in der Regel zwischen 30 bis 50 cm. Ein Messbereich von insgesamt 1 m reicht daher aus. Ein Über- und Unterschreiten des Messbereiches sollte jedoch automatisch erkannt werden. Bei modernen Sensoren sind größere Messbereiche zulässig, sofern die Auflösung in diesem Wertebereich genügend genau (besser ≤ 2 mm) ist.

Erforderliche Genauigkeit

An die Genauigkeit der Wasserstandsmessung werden sowohl bei der Registrierung von Entlastungsereignissen wie auch bei der Ermittlung der Entlastungswassermengen hohe Anforderungen gestellt. Bei gerade beginnendem Überlauf ist der Wasserstand nur um wenige Millimeter höher als die Schwelle. Für die Registrierung von Entlastungsereignissen sind deshalb Wasserstandsmessgeräte mit einer Auflösung im Millimeterbereich (≤ 2 mm) erforderlich.

Eine sehr hohe Anforderung ergibt sich auch für die Nullpunktkonstanz. Der Nullpunkt der Wasserstandsmessung darf sich weder mechanisch (etwa durch eine instabile Sensorhalterung) noch elektrisch (durch Drift des Messaufnehmers) verstellen.

Dämpfung des Messsignals

Auch bei der Entlastungsmessung ist keine besonders hohe Reaktionsgeschwindigkeit der Wasserstandsmessung erforderlich. Für die Dämpfung des Messsignals gelten die Angaben in Kap. 4.3.1.

Erforderliche Auflösung der Zeiterfassung

Die Entlastungsdauer ist bei vielen Regenereignissen nur kurz. Sie muss deshalb genau registriert werden. Als Genauigkeit der Zeitauflösung hat sich eine Minute bewährt.

Messung der Stellung von Wehrklappen

An Becken-/Klärüberläufen mit selbstregulierenden Wehrklappen reicht zur Überwachung der Entlastungsdauer und -häufigkeit ein Endlagenschalter. Viele Klappen entlasten nur dann, wenn die Klappe nicht in der Endlage steht. Durch Reibung und unterschiedlich starken Druck auf die Gummidichtungen kann die Klappe in Ruhestellung um 1° bis 2° variieren. Empfindlicher muss der Endlagenschalter nicht sein. Er sollte nicht zu „scharf“ eingestellt werden, da sonst bei einer kleinen Auslenkung bereits „Dauer-Überlauf“ registriert wird. Einklemmte Fremdkörper müssen bei der regelmäßigen Inspektion entfernt werden.

Zur Ermittlung der Entlastungswassermenge ist die Klappenauslenkung zu messen. Der Winkelbereich üblicher Klappen reicht von 0° in der Ruhestellung bis circa 50° (je nach Klappenbauart) in der Endstellung. Es kommen Winkelgeber mit einem Messbereich bis zu 360° zum Einsatz. Hier liegt dann der im Betrieb benutzte Bereich bei circa 14 % des gesamten Messbereiches. Dieser kleine Messbereichsausschnitt gestattet dennoch eine ausreichend hohe Auflösung der Winkelmessung. Zu erreichen ist eine Genauigkeit von $\pm 0,5^\circ$.

Bei einem verschiebbaren Stauschild ist eine Genauigkeit der Positionsbestimmung von 1 mm ausreichend.

Für die Dämpfung des Messsignals und die erforderliche Auflösung der Zeiterfassung gelten die Angaben in den Kap. 4.3.1 und 5.5.3.

Messung in der Entlastungsleitung

Bei der Abflussmessung in der Entlastungsleitung lassen sich keine pauschalen Anforderungen an den Messbereich und die erforderliche Genauigkeit angeben, da diese von den zu erwartenden Abflüssen abhängen. Bei einer Messung des Abflusses in der Entlastungsleitung wird für den Messbereich vielfach gefordert, dass alle auftretenden Abflüsse bis hin zum rechnerischen Maximalabfluss zuverlässig erfasst werden. Daher ergibt sich ein sehr großer Messbereich und eine geringe Genauigkeit im Bereich kleiner Abflüsse. Sehr große Abflüsse treten aber nur während einer sehr kurzen Zeit auf, der Großteil des jährlich entlasteten Volumens stammt von lange andauernden kleinen bis mittleren Abflüssen.

Das Jahresentlastungsvolumen lässt sich unter Umständen genauer erfassen, wenn der Messbereich kleiner als der rechnerische Maximalabfluss gewählt wird, beispielsweise nur die Hälfte, und damit die Messgenauigkeit bei den häufigen kleinen Ereignissen erhöht wird. Allerdings wird dann bei den seltenen großen Abflüssen das Entlastungsvolumen unterschätzt. Abflüsse in der Größenordnung des rechnerischen Maximalabflusses treten nur sehr selten auf, da die üblichen Berechnungsansätze große Sicherheiten enthalten (z. B. angesetzter Versiegelungsgrad, Einzugsgebiet noch nicht im vollen Umfang bebaut).

4.4 Position der Messeinrichtungen an Überlaufschwellen

4.4.1 Allgemeines

Für die Aussagekraft der Messergebnisse ist die richtige Position der Messeinrichtungen entscheidend. Die Anordnung der Messsonde darf nicht erst anlässlich der Montage dem Elektroinstallateur überlassen werden.

Grundsätzlich ist eine Messsonde so zu montieren, dass

- die Einbaubedingungen erfüllt sind,
- sie zur Wartung leicht zugänglich ist und
- die entsprechenden Prüfmethode jederzeit eingesetzt werden können (vgl. Kap. 8.2).

Nicht immer lassen sich die Sonden an der hydraulisch günstigsten Stelle anbringen. In diesen Fällen muss der planende Ingenieur nach Abwägung der nachfolgenden Kriterien die am besten geeignete Stelle für die Messsonde ermitteln.

Wird ein Wehr überströmt, senkt sich der Wasserspiegel in Folge der Beschleunigung zum Wehr hin ab. Um die Wehrformel zur Berechnung des Abflusses anwenden zu können, muss in ausreichendem Abstand zum Wehr an einer Stelle gemessen werden, an der noch keine Wasserspiegelabsenkung eintritt. Ein Fehler im Abfluss von etwa 5 % kann bereits entstehen, wenn der horizontale Abstand der Messstelle vom Wehr gleich der Überfallhöhe $h_{\bar{u}}$ ist; beim Abstand $2 h_{\bar{u}}$ beträgt der Fehler nur noch 1,2 %. Diese Fehlerquelle wirkt sich vor allem bei großen Abflüssen aus.

Der Wasserspiegel sollte stets in ausreichendem Abstand vor der Tauchwand und nicht zwischen Tauchwand und Wehr gemessen werden, da dort bereits die Spiegelabsenkung zum Wehr hin spürbar ist.

Infolge seitlicher Anströmung der Schwelle (Streichwehr) kann es an Becken- und Regenüberläufen zu einer Schrägstellung des Wasserspiegels kommen, wobei längs des Wehres der Wasserspiegel in Fließrichtung ansteigt (Abb. 20). Eine einzelne Sonde in der Mitte des Wehres liefert hinreichend genaue Resultate.

In Rundbecken ist der Becken- und/oder Klärüberlauf meist am Beckenrand angebracht. Bei größeren Abflüssen stellt sich an solchen Wehren eine komplexe dreidimensionale Strömung ein, die auch zu einer Spiegelschrägstellung führen kann, jedoch in der Regel nicht sehr ausgeprägt ist.

4.4.2 Anordnungsbeispiele

Klärüberlauf in Rechteckbecken

Der Beckenwasserstand kann an beliebiger Stelle der eigentlichen Beckenkammer gemessen werden, jedoch nicht zu nahe am Wehr (Abb. 28). Da in einer relativ großen Beckenkammer die Strömungsgeschwindigkeiten gering sind, ist dort auch der Wasserspiegel bei vollem Becken praktisch waagrecht. Die Wasserstandssonde kann dann, z. B. in einem Hauptschlussbecken, auch in der Nähe der Drossel installiert werden.

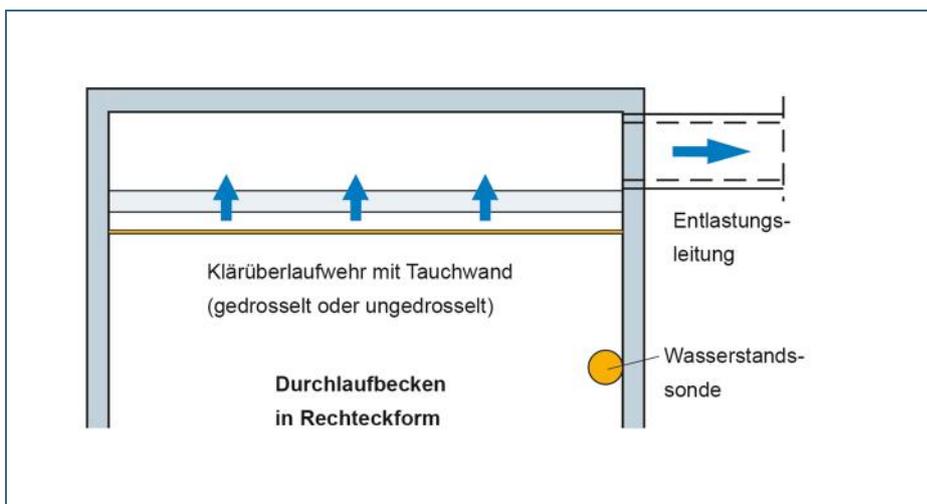


Abb. 28: Sondenposition zur Überwachung eines Klärüberlaufes an einem Durchlaufbecken in Rechteckform (Draufsicht)

Becken- oder Regenüberlauf

Bei einem vorgeschalteten Beckenüberlauf oder in einem Regenüberlauf wirkt das Wehr als Streichwehr. In der meist engen Überlaufkammer vor diesem Wehr können bei Entlastungsereignissen beträchtliche Fließgeschwindigkeiten auftreten und daher kann es auch zu einer Spiegelschrägstellung kommen. Der Wasserspiegel sollte hier möglichst auf halber Wehrlänge gemessen werden, jedoch auf der dem Wehr gegenüberliegenden Seite der Kammer (Abb. 29).

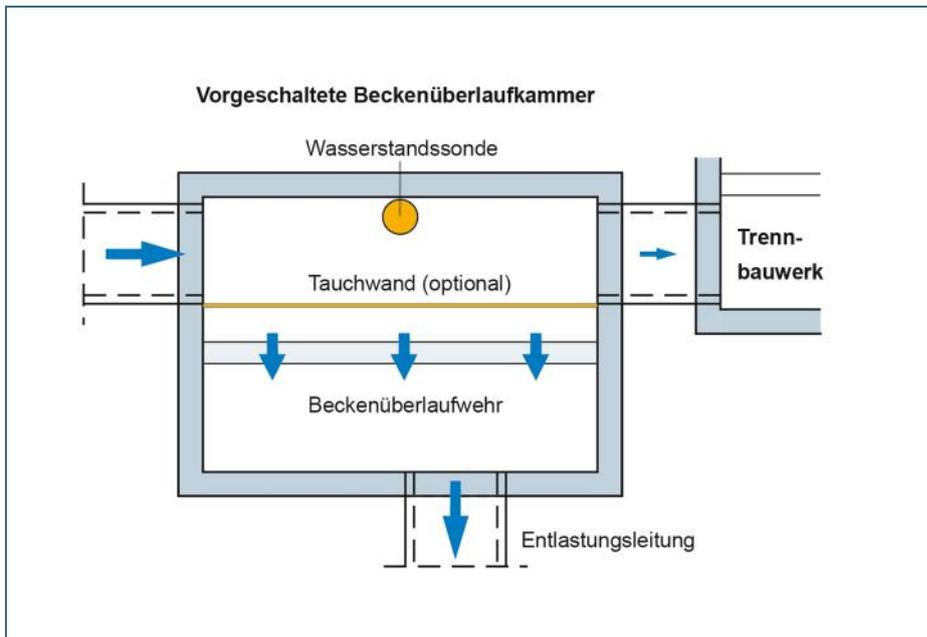


Abb. 29:
Position der Wasserstandssonde in einer engen, vorgeschalteten Beckenüberlaufkammer

Doppelseitiger Becken- oder Regenüberlauf

Bei diesem Überlauf, gleichfalls in einer engen Bauwerkskammer mit relativ hohen Fließgeschwindigkeiten, senkt sich die Spiegellinie nach beiden Seiten zu den Wehrschwelen hin ab. Die Wasserstandsmessung sollte deshalb in der Bauwerksachse angeordnet sein. Häufig verjüngt sich der Überlauftrug in Fließrichtung, sodass der Effekt der Spiegelschrägstellung bei großen Abflüssen vermindert wird. Die beste Position der Messsonde liegt hier ebenfalls in der Schwellenmitte. Ist dies nicht möglich, dann sollte die Wasserstandsmessung über der zulaufseitigen Trogmitte platziert werden (Abb. 30). Tauchsonden, deren Hüllrohr an der Bauwerkswand montiert werden muss, eignen sich für diese Bauwerksform weniger.

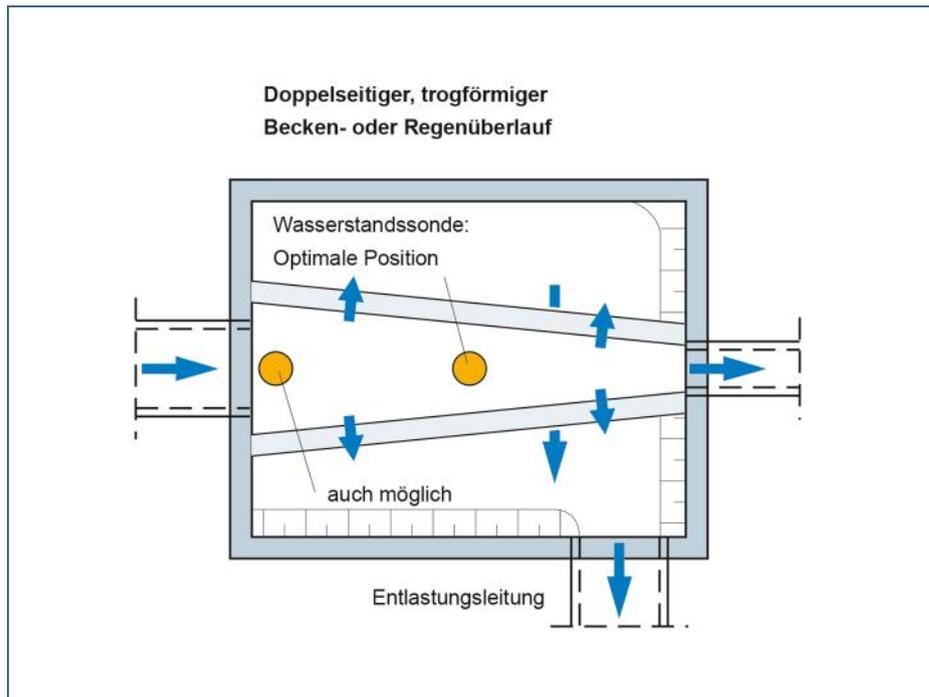


Abb. 30:
Wasserstandsmessung
in doppelseitigen
Becken- oder Regen-
überläufen

Klär- oder Beckenüberlauf am Rundbecken

In Rundbeckenkammern treten wiederum nur geringe Fließgeschwindigkeiten auf, nur unmittelbar vor dem Klärüberlaufwehr kann es zu einer Wasserspiegelabsenkung kommen. Hier empfiehlt es sich aus Gründen der meist besseren Zugänglichkeit zur Messstelle, den Wasserstand am Beckenrand zu messen, und zwar an einer Stelle abseits des Wehres (Abb. 31).

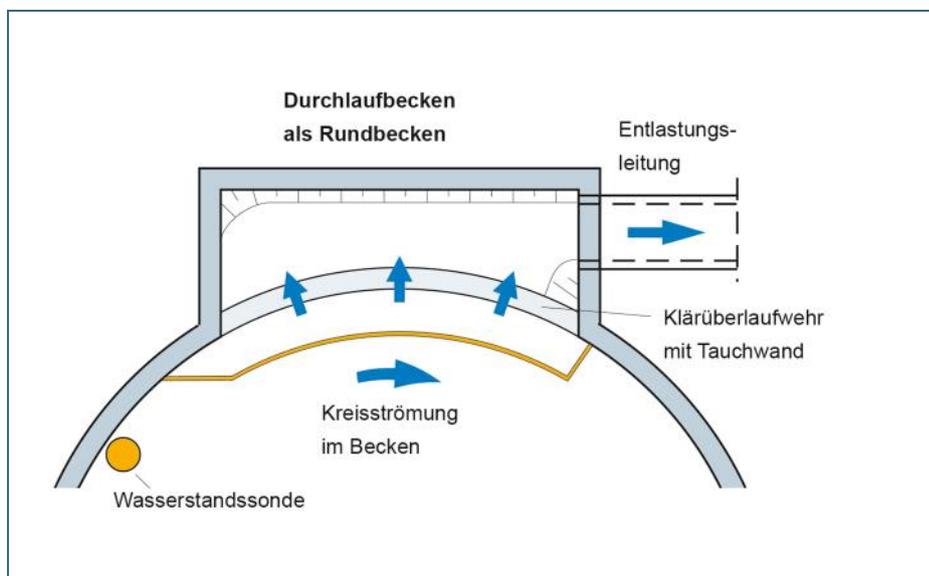


Abb. 31:
Anordnung einer
Wasserstandssonde
in Rundbecken

4.5 Messeinrichtungen in der Entlastungsleitung

Venturi- und ähnliche Rinnen fordern eine störungsfreie Anströmung. Hierzu darf der Gerinnequerschnitt oberhalb der Messstelle keine störenden Einengungen, Einmündungen, Kurven oder Erweiterungen aufweisen und muss mit konstantem Gefälle verlaufen. Beim Einsatz von Venturigerinnen oder anderen Messgerinnen muss für Einbau und Betrieb DIN 19 559 beachtet werden.

MID- und Ultraschall-Messgeräte zur Abflussermittlung sind sowohl gegen hydraulisch ungünstige Anströmbedingungen als auch gegen Rückstau weniger empfindlich. Hier sind bei der Planung und Bauausführung die Angaben des Herstellers zu beachten.

5 Messdatenverarbeitung

5.1 Gerätetechnik

Für jede Messeinrichtung ist eine sorgfältige Planung der Messdatenaufbereitung, Anzeige, Speicherung und Weiterverarbeitung erforderlich.

In der Vergangenheit erfolgte beispielsweise die Aufzeichnung analoger Messwerte auf einem Schreibstreifen. Erste elektronische Aufzeichnungsgeräte konnten z. B. Wasserstands-Ganglinien in digitaler Form mit Hilfe eines Datenloggers aufzeichnen (Datenauslesung per Laptop oder auswechselbarer Speicherkarte; Abb. 32).

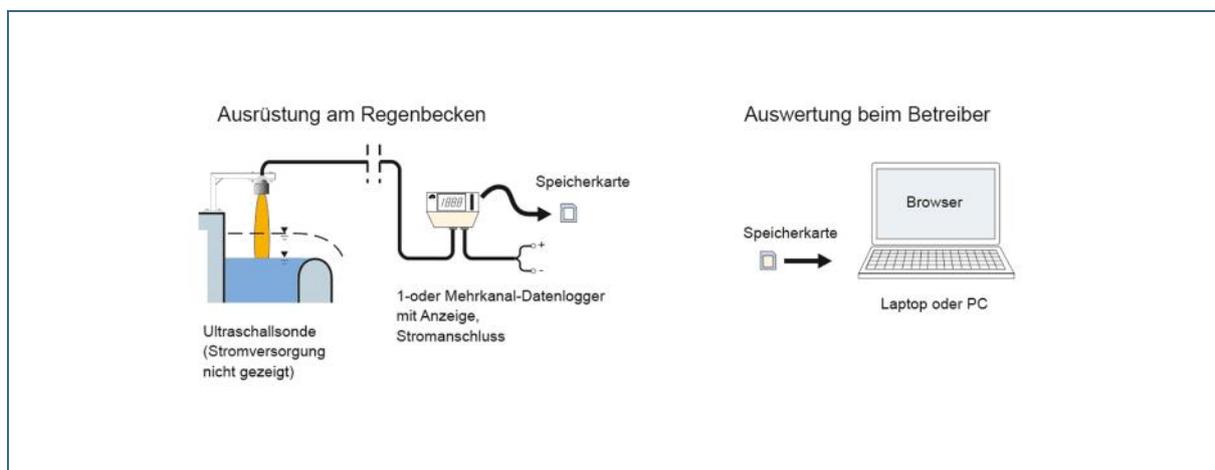


Abb. 32: Datenspeicherung mit einem lokalen Datenlogger (hier: Speicherkarte als Medium)

Bei Neuplanungen oder Umrüstungen von Messeinrichtungen erfolgt in aller Regel eine Übertragung der vor Ort in einer Messstation gewonnenen Daten mittels Prozessleittechnik und Mobilfunktechnologie automatisiert zur Betriebszentrale. Dort werden die Daten auf einem zentralen Server gespeichert, visualisiert und weiterverarbeitet (Abb. 33). Ein arbeitsaufwändiges Auslesen vor Ort entfällt, die Daten stehen unmittelbar für Auswertungen zur Verfügung. Das geschieht oft im Zuge der Übertragung auch weiterer Betriebsdaten, etwa von Pumpenlaufzeiten und -störungen. Die Erfassung von Überlaufdaten wird dabei als Nebeneffekt ermöglicht. Neben der gezeigten Konfiguration gibt es zahlreiche Abwandlungen. Gemeinsam ist aber ein Schaltschrank mit Vor-Ort-Bedienungselementen (z. B. einem Touchpad) am Regenüberlaufbecken, einem Kommunikationsmodul (Funkmodul, Modem) und in aller Regel auch ein Stromanschluss. Oft sind in diesem Schaltschrank auch die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) sowie Motorschutzschalter für Entleerungsschieber, eine MID-Abflussregelung und andere elektronische Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (EMSR) untergebracht.

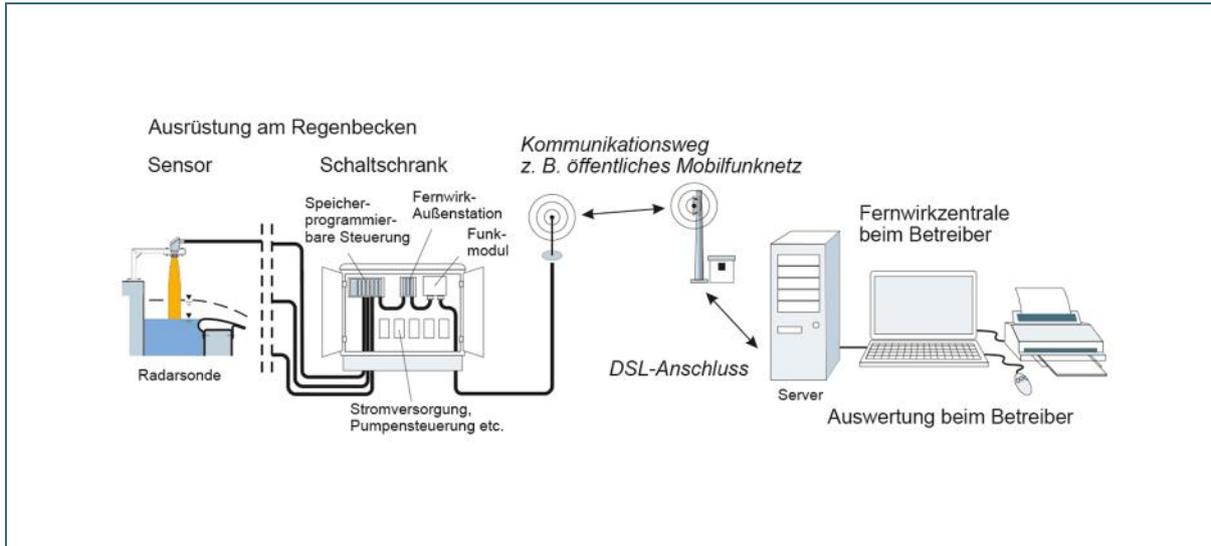


Abb. 33: Automatische Übernahme von RÜB-Überwachungsdaten auf eine Fernwirkzentrale beim Betreiber

Einen Schritt weiter geht die Möglichkeit, die gemessenen Betriebsdaten nicht beim Betreiber, sondern zunächst bei einem Dienstleister, einem sogenannten „Hoster“, zu sammeln. So wird ein professionelles Datenhosting einschließlich Datenauswertung, Backup und Datensicherung gewährleistet (Abb. 34). Für den Anlagenbetreiber ergibt sich der Vorteil, keine eigene Serverarchitektur und kein eigenes Fachpersonal zum Betrieb der IT zu benötigen. Sein volles Potenzial entfaltet ein solches System, wenn eine Vielzahl an Betriebsdaten des gesamten Entwässerungssystems, z. B. von Pumpwerke, Schieberstellungen oder Abflüsse, mitübertragen und verwaltet werden. Der Betreiber erhält als automatische Funktionalität des Systems sämtliche Stör- und Fehlermeldungen aller Bauwerke in Echtzeit und kann auf einem normalen PC mittels Browser jederzeit den Zustand der Anlagen abfragen. Die Auswertung der RÜB-Entlastungsaktivität wird als Zusatzfunktion gleichfalls vom Dienstleister durchgeführt, der die Bauwerke auch fachkundig bewerten kann und die Auswertung, z. B. als PDF-Datei oder in Papierform, dem Betreiber übersendet, gegebenenfalls zum Einreichen bei der Wasserbehörde.

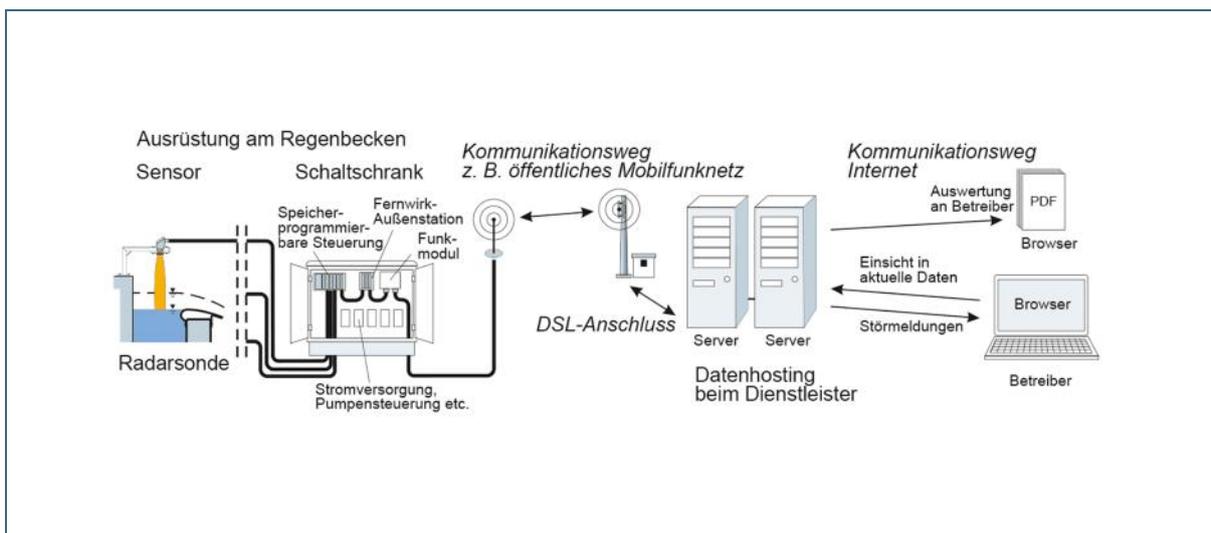


Abb. 34: Zwischenschalten eines Dienstleisters zum Datenhosting

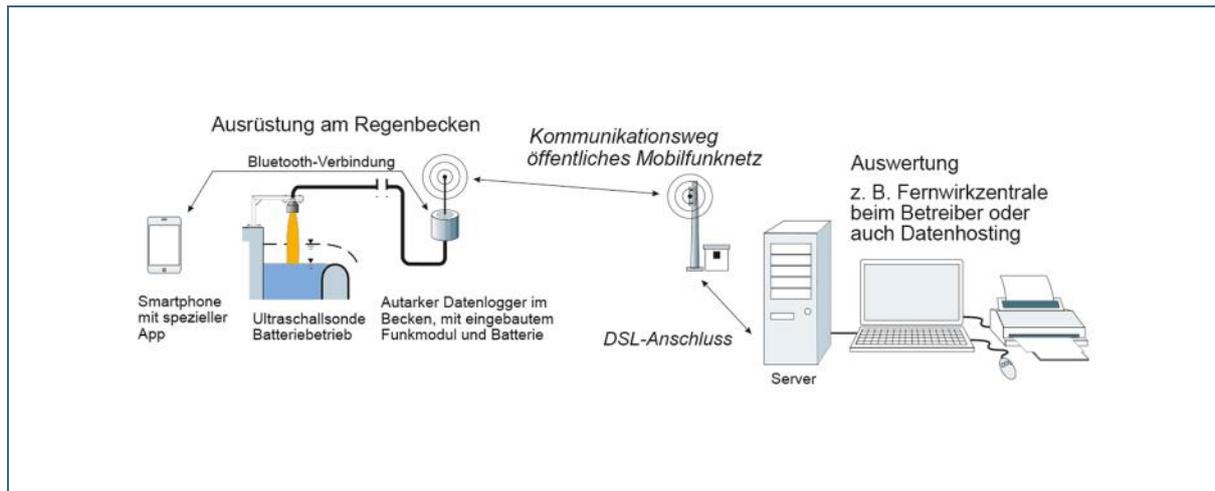


Abb. 35: Lösung mit Minimalhardware am Regenüberlaufbecken, Batteriebetrieb

Wenn vor Ort keine weitere Technik erforderlich ist, nur das Entlastungsverhalten überwacht werden soll oder kein Stromanschluss möglich ist, bietet sich eine Lösung mit minimaler Hardware am Becken an (Abb. 35). Dazu bedarf es am Becken nur einer batteriebetriebenen Ultraschall-Wasserstands-sonde oder einer Tauchsonde. Ergänzend wird ein autarker Datenlogger, der Messwerte speichert, elektronisch skaliert, optional linearisiert und über eine Mobilfunkschnittstelle direkt zur Fernwirkzentrale funkt, benötigt. Alle Komponenten sind auf möglichst geringe Energieaufnahme optimiert, um Batteriebetrieb zu ermöglichen. Die Auswertung kann beim Betreiber oder einem Dienstleister („Hoster“) erfolgen. Bedienungselemente oder eine Vor-Ort-Anzeige gibt es nicht. Für die Ersteinstellung und die Überprüfung der Wasserstandsmessung wird eine Smartphone-App benötigt, mit deren Hilfe per Bluetooth vor Ort die Sonde und der Datenlogger direkt angesprochen und parametrisiert werden können. Die App kann auch die aktuellen Messwerte anzeigen und erlaubt so eine direkte Prüfung der Messeinrichtung mit einem „vorgetäuschten“ Wasserstand (siehe Kap. 3.1).

Ein Einbau der batteriebetriebenen Einheit direkt in geschlossene Kanalschächte ohne sonstige bauliche Maßnahmen ist zwar möglich, aber wegen der feuchten und gegebenenfalls auch korrosiven Atmosphäre problematisch. Auch ein hinreichender Explosionsschutz und die leichte Zugänglichkeit müssen bei einer solchen Anordnung beachtet werden.

5.2 Stromversorgung

Für Hardware aller Art an Regenüberlaufbecken ist die Stromversorgung sicherzustellen. Ideal ist ein „vollwertiger“ Stromanschluss mit Zähler, der jedoch gerade an abgelegenen Orten oft nachträglich sehr aufwändig zu verlegen ist. Oft gibt es entlang von Straßen im Außenbereich jedoch eine Leitung für die Straßenbeleuchtung, die verwendet werden kann, wenn die Anlage eine Batteriepufferung für die Tagesstunden hat. Gleichfalls mit Akkupufferung arbeiten vor Ort aufgestellte Solarmodule, bei denen jedoch auch an die Anfälligkeit für Diebstahl gedacht werden sollte. Soweit ein reiner Batteriebetrieb möglich ist, ist das nötige manuelle Wechseln der Akkus vor Ort zu berücksichtigen.

5.3 Anzeige

Auf einem Display muss z. B. bei einer Messstelle zur Wasserstandsmessung der aktuelle Wasserstand in Zentimetern oder Metern angezeigt werden können. Wenn die Messstelle nachgeprüft oder die Messsonde ausgetauscht werden muss, ist so eine direkte Ablesung des Messwertes möglich. Eine Anzeige in Prozent des Messbereiches ist nicht sinnvoll.

Bei jedem Sensor muss jederzeit die Möglichkeit bestehen, zu Prüfungszwecken vor Ort die aktuellen Messwerte einsehen zu können. Das kann entweder mit einer direkten Vor-Ort-Anzeige, z. B. im Schaltschrank, erreicht werden oder bei entsprechender Hardware mit einer Smartphone-App, die es gestattet, die aktuellen Messdaten der Sonde in Echtzeit einzusehen.

Das Anzeigedisplay oder die Grafik in der App sollte mit den korrekten Achsenbeschriftungen mit Einheiten dargestellt werden, um mögliche Fragen des Beobachters zu beantworten:

Frage:	Beispiel:
Welche Größe wird hier angezeigt?	Wasserstand in der Beckenkammer
Welche Einheit?	in Zentimetern
Wo ist der Nullpunkt der Anzeige?	Nullpunkt = Beckenboden unter der Messsonde (z. B. 3,53 m unter Unterkante Messkopf)
Grenzwasserstände oder markante Höhen?	Einstaubeginn = 10 cm Schwellenhöhe (Überlaufbeginn) = 243 cm

Bei Verwendung einer App sind meist zusätzliche Informationen, z. B. der Nullpunkt und die Grenzwasserstände, nicht einsehbar. Es wird daher auch vor Ort eine geeignete Dokumentation der Messstelle benötigt, z. B. eine Seite eines elektronischen oder konventionellen Beckenbuchs, in der die Daten angegeben sind (bei vorgenommenen Änderungen ist eine Aktualisierung erforderlich, siehe Kap. 6).

Die Anzeige am Display ist das Ergebnis einer Messkette aus mehreren Komponenten. Die Messsonde ist das erste Glied der Messkette. Sie ist in der Regel mit der Auswerteelektronik durch ein spezielles Kabel verbunden. Die Signalübertragung ist analog und digital möglich.

Grundsätzlich sind Messeinrichtungen so auszulegen und zu konzipieren, dass spätere Erst- und Wiederholungsprüfungen auch durch Dritte ausgeführt werden können; ein Auftrennen von Signalleitungen oder andere Eingriffe in die Schaltung, die garantierelevant sind, sollten dabei nicht notwendig werden. Auch ein softwareseitiges Umparametrieren, z. B. des Sensors, sollte für eine Prüfung der Messeinrichtung nicht erforderlich werden.

Die Messsonde enthält einen Messverstärker, der das Messsignal, z. B. die wasserdruckbedingten Änderungen in der Messzelle, in ein elektrisches Signal umwandelt. Dieses Signal wird beispielsweise als Stromsignal im Bereich 4 bis 20 mA an die nachfolgende Auswerteelektronik übertragen. Ein Strom außerhalb dieses Bereiches, z. B. $< 3,6 \text{ mA}$ oder $> 22 \text{ mA}$, signalisiert der Elektronik, dass die Messleitung unterbrochen oder der Messkopf defekt ist.

Elektronische Anpassungsschaltungen wandeln das elektrische Signal in eine Form um, die linear oder sogar direkt proportional zum Wasserstand ist. Die Parameter sind dabei so einzustellen, dass der angezeigte Wert ohne weitere Umrechnung dem Wasserstand über dem Nullpunkt der Messstelle entspricht. Als Ergebnis kann wie gefordert der Wasserstand im Schaltschrank auf einem Display abgelesen werden.

Um zu schnelle Anzeigeschwankungen zu verhindern, ist eine elektronische Dämpfung notwendig. Die Dämpfung als Parameter der Signalkalibrierung kann in der Regel softwareseitig eingestellt werden. Abb. 27 in Kap. 4.3.1 zeigt, dass der angezeigte Wert eines gedämpften Messinstrumentes schnellen Änderungen der Messgröße nur allmählich folgt. Dadurch lassen sich bei einer Wasserstandsmessung Oberflächenwellen weitgehend korrigieren und starkes „Rauschen“ (z. B. bei „Kanal-mäusen“) und elektrische Störungen eliminieren (z. B. induktive Spannungsspitzen durch das Einschalten von Pumpen).

Es sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass der gemessene aktuelle Wasserstand direkt angezeigt werden kann. Viele Geräte bieten eine interne Umrechnungsmöglichkeit unter Ansatz einer frei definierbaren Wehrkennlinie an; dabei muss eine Prüfungsmöglichkeit für den direkt gemessenen Wasserstand gegeben sein. Die Umrechnung in einen Abfluss darf erst als gesonderte Stufe hinzukommen, die dann unter Ansatz der in der Dokumentation der Messstelle hinterlegten Kennlinie auch gesondert prüfbar ist.

Die gemessenen Rohdaten (z. B. Wasserstände) sind stets als Ganglinien zu speichern.

5.4 Speicherung

Auch bei der nachfolgenden Speicherung der Daten ist es nicht sinnvoll, ausschließlich verarbeitete Daten, z. B. die berechneten Entlastungsabflüsse als Ganglinien, die Entlastungsdauern und -häufigkeiten oder die Entlastungswassermengen zu speichern. Wenn Rohdaten in Form der unmittelbar gemessenen Wasserstände als Zeitganglinie gespeichert werden, lässt sich dieser Fehler bei einer Neuauswertung der aufgezeichneten Rohdaten durch Ansatz eines berichtigten Nullpunktes korrigieren. Der Vorteil einer Rohdatenspeicherung besteht darin, dass die zur Umrechnung notwendigen Geräteparameter variabel bleiben.

5.5 Auswertung

5.5.1 Erkennung von Einstau- und Entlastungsereignissen

Die erste Stufe der Auswertung der gemessenen und gespeicherten Rohdaten ist das Erkennen von Einstau- und Entlastungsereignissen. Je nach der realisierten Gerätetechnik erfolgt dieser Arbeitsschritt jedoch an unterschiedlichen Stellen:

- bei lokalen Datenloggern vereinzelt noch im Datenlogger im Schaltschrank (der Datenlogger sollte dann die Rohdaten und zusätzlich die ausgewerteten Einstau- und Überlaufereignisse aufzeichnen)
- vereinzelt in der speicherprogrammierbaren Steuerung
- in der Fernwirkzentrale
- auf dem Auswerte-PC des Betreibers
- auf dem Server des Hosters

Die betreffenden elektronischen Baugruppen haben zur Ereigniserkennung heute meist softwareseitige Grenzwertdetektoren eingebaut, deren Grenzwasserstände elektronisch parametrierbar werden können. So wird das Ereignis „Becken läuft über“ durch Überschreiten des Grenzwasserstandes „Schwellenhöhe“ erkannt und durch Unterschreiten des Wasserstandes – gegebenenfalls abzüglich einer Hysterese – wieder rückgesetzt. Die Hysterese (siehe Kap. 2.3.3) dient dazu, die Ereigniserkennung nicht zu empfindlich einzustellen. Je nach Schaltung wird dieses Ereignis nun registriert und ebenfalls mit einer Zeitangabe aufgezeichnet. Zweckmäßigerweise wird dies auch auf dem Bedienpanel in geeigneter Weise angezeigt. Die Anzeige ist zu beschriften. Es ist auch möglich, z. B. durch Schließen eines Relaiskontaktes, hardwareseitig weitere Schaltvorgänge auszulösen.

Es sollte immer eine externe Parametrierung der Grenzwerte eingebaut sein. Die Grenzwasserstände müssen, z. B. an einem passwortgeschützten Bedienpanel oder je nach Hardware auch per Smartphone-App, ohne großen Aufwand noch nachträglich veränderbar sein.

Eine nachträgliche Änderung der Grenzwerterkennung ist schwierig, wenn die Grenzwerterkennung nicht extern parametrierbar ist (z. B. an einem Bedienpanel), sondern, z. B. in der speicherprogrammierbaren Steuerung, „fest verdrahtet“ ist (Grenzwerte sind dort nur durch Änderung des Programms variierbar).

5.5.2 Korrektur der Schwellenhöhe während der Auswertung

Eine sehr wichtige Funktion ist die Korrekturmöglichkeit der für das Ereignis „Überlaufbeginn“ relevanten Schwellenhöhe während der Auswertung. Basis ist zunächst eine Messstelle, die erfolgreich erstgeprüft wurde (siehe Kap. 8.2) und bei der die Schwellenhöhe eingemessen wurde. An einer grafisch aufgezeichneten Ganglinie ist es dann möglich, die Schwellenhöhe als waagerechten Strich einzuzichnen. Bei einer korrekt eingestellten Messeinrichtung kann dann bei Regenereignissen, die nur zu einem geringen Überlaufen des Beckens führen, genau in Schwellenhöhe ein Plateau der Kennlinie beobachtet werden (Überlaufhöhe nur wenige Millimeter höher als die Schwelle; in der Grafik kaum erkennbar; Abb. 36). Erst bei stärkerem Regen hebt sich der Wasserstand merklich über die Schwellenhöhe.

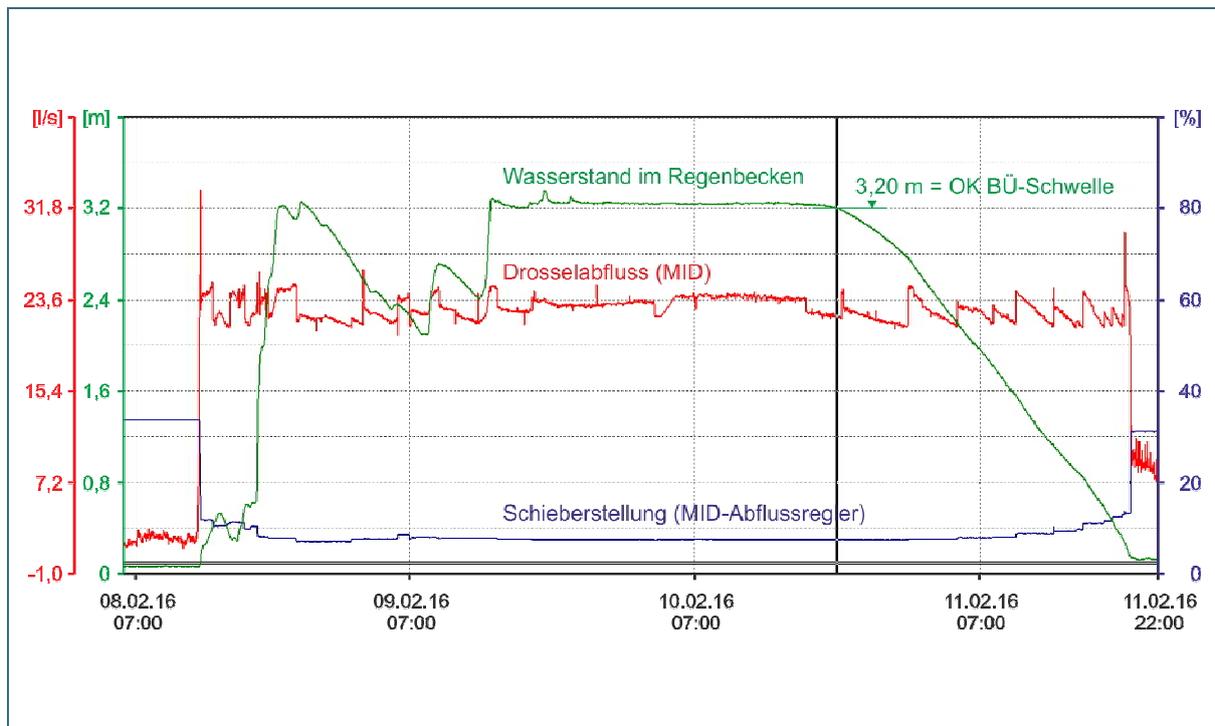


Abb. 36: Beispiel einer in einer Fernwirkzentrale aufgezeichneten und visualisierten Ganglinie eines (schwachen) Überlaufereignisses

Das Plateau der Wasserstandsganglinie kann erkannt werden; die Schwellenhöhe ist mit 3,20 m korrekt eingemessen (Quelle: Baumann et al. 2017).

Gelegentlich beobachtet man bei anderen Regenereignissen mit Entlastung, dass die Höhe des Plateaus der Ganglinie etwas höher oder tiefer als die Sollhöhe liegt. Das ist ein sicheres Zeichen dafür, dass ein entsprechender Nullpunktfehler vorliegt. Dieser kann mehrere Gründe haben, etwa eine mechanische Verbiegung der Sensorhalterung oder das Lösen und Wiederanbringen einer Keilklemme an einem Tauchsondenkabel. Statt nun jedoch umgehend eine Neuprüfung und -justage der Messstelle zu veranlassen, genügt es, in der Software, wie im Vorkapitel beschrieben, die Schwellenhöhe als Parameter entsprechend zu verändern, sodass diese dem neuen Plateauwert entspricht.

In einem solchen Falle empfiehlt es sich, exemplarisch in der gesamten Zeitganglinie einzelne Überlaufereignisse auf die Höhenlage des Plateaus hin zu untersuchen. Oft gelingt es dadurch, sogar den Zeitpunkt der Nullpunktverschiebung anzugeben und dann die Ereignisse vor diesem Zeitpunkt mit einer anderen Schwellenhöhe als die nach dem Zeitpunkt auszuwerten. Wichtig ist, dass diese Prüfung nicht allein einer Automatik überlassen wird.

Hintergrund dieses Verfahrens ist es, dass lineare Nullpunktverschiebungen bei Wasserstandsmesseinrichtungen weitaus häufiger vorkommen als Verschiebungen in der Steilheit der internen Strom-Wasserstands-Kennlinie.

Bei einigen Anwendern und Geräteherstellern wird nach einer Ersteinstellung und Prüfung der Messeinrichtung bei der Installation zunächst ein Probetrieb durchgeführt. Dabei wird auf ein Entlastungsereignis mit einer plausiblen Wasserstandsganglinie mit Plateau gewartet und erst dann dessen Höhe als Standard-Schwellenhöhe festgelegt. So kann theoretisch auf eine regelmäßige Prüfung der Messeinrichtung in der Folge verzichtet werden, weil das Verfahren die Prüfung bei der Auswertung quasi automatisch durchführt.

5.5.3 Zeiterfassung

Zur Erfassung von Einstau- und Entlastungsdauern ist es notwendig, die Zeitpunkte bei Beginn und Ende jedes Ereignisses zu erkennen. Die einfachste Lösung besteht darin, den kontinuierlich gemessenen Wasserstand in regelmäßigen Zeitabständen, dem Abtastintervall dt , abzufragen und auszuwerten, z. B. jede Minute. Die Einstaudauer wird dann durch Auszählen der Messzeitpunkte, bei denen Einstau herrschte, und Multiplikation mit dem Zeitintervall ermittelt (Abb. 37). Das Zeitintervall der Auswertung ist entweder fest vorgegeben oder softwareseitig einstellbar. Bei zu großer Abtastintervalldauer, z. B. 15 oder 30 Minuten, werden nur lange Einstauereignisse erkannt, kurze Einstauereignisse können übersehen werden. Ein Nachteil dieser Methode ist es, dass auch während der langen Trockenwetterzeiten sehr viele eigentlich unnötige Daten erzeugt und verarbeitet werden.

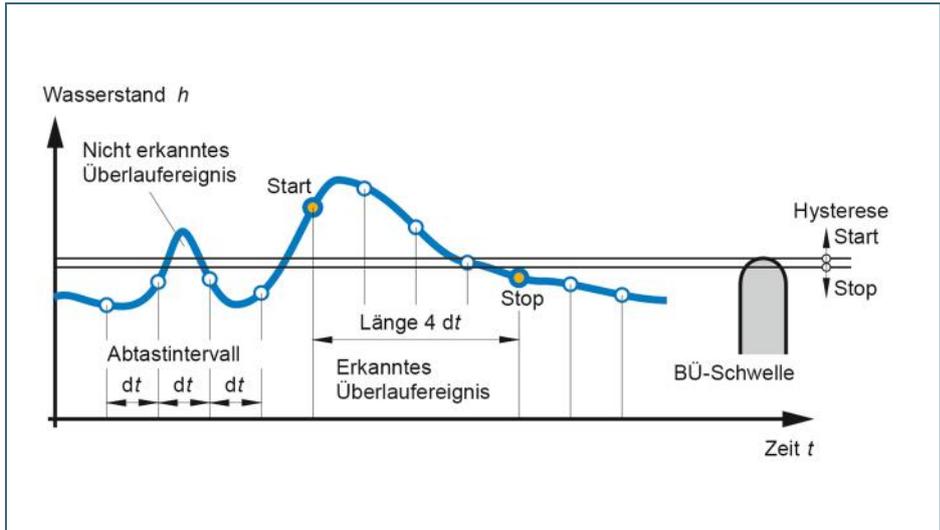


Abb. 37:
Registrierung des Wasserstandes in regelmäßigem Abtastintervall dt

Wird dt zu lang gewählt, können kurze Ereignisse nicht erkannt werden.

Eine Verminderung der aufzuzeichnenden Datenflut kann dadurch erreicht werden, dass die Elektronik z. B. erst bei Überschreiten eines Grenzwasserstandes knapp unter der Wehrschwelle auf ein verkürztes Abtastintervall umschaltet (Abb. 38). Bei niedrigeren Wasserständen als dem Grenzwasserstand reicht ein gelegentliches „Lebenszeichen“, z. B. in Form eines Messwertes alle 12 Stunden, aus und bestätigt, dass die Anlage noch funktionsfähig ist. Tritt ein Regenereignis mit ansteigendem Wasserstand auf, schaltet die Anlage sofort auf verkürzte Aufzeichnungsintervalle um. Wichtig ist bei unregelmäßiger Aufzeichnung, dass jeder Messwert eine eindeutig zugeordnete Zeitinformaton (einen „Zeitstempel“) erhält, die zusammen mit dem Messwert abgespeichert wird.

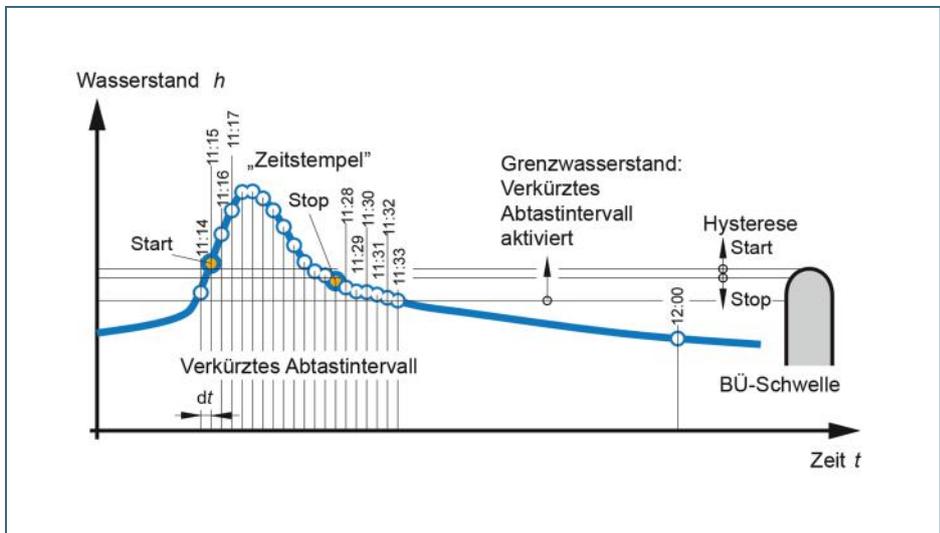


Abb. 38:
Registrierung des Wasserstandes bei Umschalten auf ein verkürztes Abtastintervall dt

Um 12.00 Uhr wird ein „Lebenszeichen“ registriert.

Einige Hersteller haben das sogenannte „Delta-Event-Verfahren“ implementiert. Der Grundgedanke dieses Verfahrens, das zur Verringerung des aufzuzeichnenden Datenumfanges dient, besteht darin, erst dann einen neuen Wasserstandswert mit Zeitstempel zu speichern, wenn dieser vom vorher aufgezeichneten Wert um ein bestimmtes Mindestmaß Δ (Delta) abweicht (Abb. 39). Die Aufzeichnung der Zeitintervalle ist dann jedoch nicht gleichmäßig.

5.5.5 Ermittlung des entlasteten Volumens

Das Ergebnis der Abflussermittlung ist eine Ganglinie des Entlastungsabflusses $Q(t)$ für jedes Ereignis. Zur Ermittlung des im Messzeitraum insgesamt entlasteten Wasservolumens ist diese Ganglinie aufzusummieren. In einem festen Zeitintervall (z. B. alle fünf Minuten) gemessene und gespeicherte Abflüsse werden durch Addition und Multiplikation mit dem Zeitintervall zu einem Entlastungsvolumen integriert. In der Regel erfolgt die Integration durch die Fernwirkanlage, kann jedoch bei Bedarf (etwa zu Überprüfungszwecken) auch „von Hand“ in einer Tabellenkalkulation an aufgezeichneten Ereignisganglinien vorgenommen werden (auf einem Schreibstreifen entspräche das Vorgehen einer Planimetrierung der Fläche unter der Kurve).

Anhand der Gerätebeschreibung des Herstellers, seitens der SPS-Programmierung oder nach der Beschreibung der Funktionalität der Fernwirkanlage ist zu dokumentieren, wie die Mengenermittlung vorgenommen wird.

Das eingestellte Zeitintervall der Messung bzw. die Aufzeichnungsmethode müssen dokumentiert werden, damit die Aufzeichnungseinrichtung überprüft werden kann.

5.5.6 Protokollierung

In Tab. 2 sind die verschiedenen Protokollarten mit den jeweils erfassten Parametern dargestellt. Gemäß den rechtlichen Anforderungen an die Eigenüberwachung sind im Rahmen der Dokumentations- und Betriebspflichten Betriebsaufzeichnungen zu führen und unter anderem die Ergebnisse der Überwachung von Entlastungsanlagen in Jahresberichten zusammenzufassen.

Tab. 2: Anforderungen an die Protokollierung

Protokollart	Erfasste Parameter zur Einstau- und Entlastungsdauer und -häufigkeit	Erfasste Parameter zum Entlastungsvolumen
Einzelereignisprotokoll (Einstau wie Entlastung) Für die Prüfung der Messeinrichtung erforderlich, zur Veranschaulichung einzelner Extremereignisse sinnvoll	Zeitpunkte für Anfang und Ende des Ereignisses Zeitdauer des Ereignisses Maximaler Wasserstand während des Ereignisses Optional: Ganglinienplot	bei diesem Ereignis entlastete Wassermenge in m^3
Tagesprotokoll zusätzlich möglich, für den Betreiber sinnvoll	Trat an diesem Tag mindestens ein Einstau- oder Entlastungsereignis auf? Gesamte Zeitdauer der Einstau- und Entlastungsereignisse an diesem Tag	an diesem Tag entlastete Wassermenge in m^3
Monatsprotokoll, Jahresprotokoll bzw. Protokoll über längeren Messzeitraum Empfohlene Regelauswertung	Beginn und Ende des Zeitraumes des Protokolls Anzahl der Tage in diesem Zeitraum, an denen mindestens ein Einstau- bzw. Entlastungsereignis stattgefunden hat Gesamte Zeitdauer der Einstau- und Entlastungsereignisse in diesem Zeitraum	in diesem Zeitraum entlastete Wassermenge in m^3

Für die Regelauswertung im Jahresbericht werden Monats- und Jahresprotokolle empfohlen. Einzelergebnis- und Tagesprotokolle sind sinnvoll, wenn die Messdaten so gespeichert werden, dass solche Protokolle auch nachträglich erzeugt werden können (etwa um ein aufgetretenes Starkregenereignis im Detail zu untersuchen). Weiterhin ist die Protokollierung von Einzelereignissen zur Prüfung der Messeinrichtung bei der Inbetriebnahme und bei Wiederholungsprüfungen sinnvoll.

5.5.7 Datenbestand

Der Datenbestand muss so aufbewahrt werden, dass er auch längerfristig für Auswertungen zur Verfügung steht. Die Datensätze von aufeinander folgenden Messperioden wie auch die Ergebnisse der Auswertungen sind so zu archivieren, dass stets eine eindeutige Zuordnung erfolgen kann. Ausfallzeiten, z. B. wenn die Messeinrichtung zur Kalibrierung an den Hersteller eingesandt worden ist, sind in geeigneter Weise zu dokumentieren. Von den Messdatensätzen sind Sicherheitskopien zu erstellen und aufzubewahren.

Bei der Verwendung lokaler Datenlogger liegt die Verantwortlichkeit beim Auswertenden. In Fernwirksystemen ist die Datensicherung als Grundfunktionalität vom zuständigen IT-Personal zu gewährleisten.

In einigen Fällen, z. B. bei umfangreicheren Datenbeständen und zahlreichen zentral zu verwaltenden Bauwerken mit Messeinrichtungen in größeren Kommunen, kann der Einsatz eines speziellen Messdatenmanagementsystems Vorteile bringen. Solche Systeme sind spezielle Datenbanken mit einer Reihe an Zusatzfunktionen zum schnellen Auffinden, Visualisieren und Auswerten von umfangreichen Daten, speziell von Ganglinien (siehe Merkblatt DWA-M 151).

6 Dokumentation der Geräteausstattung und Datenverarbeitung

6.1 Allgemeines

Für jede Messstelle sind vom Betreiber unter Beteiligung des Fachplaners und des Auftragnehmers für die Messeinrichtungen die wesentlichen Daten zu dokumentieren. Die gewissenhafte Dokumentation ist für die Wartung und Prüfung sowie für den Einsatz neuer Mess- oder Auswertegeräte unerlässlich. Für alle Mess- und Auswertegeräte ist eine Dokumentation der Messeinrichtung mit Betriebsanleitung, einschließlich Kalibrieranleitung und Prüfanleitung anzulegen. Es müssen die tatsächlichen Größen des Bauwerkes, z. B. die genaue Schwellenlänge und -höhe, dokumentiert werden (nicht die Planungswerte, die möglicherweise bei der Bauausführung nicht umgesetzt wurden). Diese dokumentierten Maße bilden die Grundlage für die Überprüfung der Messstellen (siehe Kap. 8.2).

Eine vollständige Dokumentation der Messeinrichtung ist jederzeit einsehbar beim Betreiber aufzubewahren.

Eine Aufbewahrung vor Ort kann sinnvoll sein, etwa im Betriebsgebäude von größeren Regenüberlaufbecken. Bei Umbauten oder Änderungen des Bauwerkes oder der Elektronik ist darauf zu achten, dass die Dokumentation aktualisiert wird.

6.2 Dokumentation hydraulisch relevanter Daten

Zum besseren Verständnis der Auslegung des Sensors und generell der Messstelle wird dringend empfohlen, von den Skizzen im vorliegenden Kapitel oder der Prüfprotokolle in der Anlage 1 und 2 Gebrauch zu machen und die betreffenden Maße und Parameter einzutragen. Moderne, elektronisch parametrisierbare Sensoren gestatten es zwar, die aktuellen Einstellungen leicht abzufragen (etwa mithilfe einer Smartphone-App), dennoch ist es für die prüfende und dokumentierende Fachkraft hilfreich, wenn diese für die konkrete Messstelle ein Bild vor Augen hat. Auf die Skizzen wird daher besonderer Wert gelegt.

Außerdem ist es hilfreich, neben dem Ausdruck von Parameterlisten oder den Ergebnissen aus der Smartphone-App, eine vollständige Dokumentation der Parameter zu führen. Oft sind die Daten und die Technik in 10 bis 15 Jahren veraltet und es kann nicht mehr digital darauf zurückgegriffen werden.

Dauer und Häufigkeit

Wird an festen Becken- oder Klärüberläufen die Einstau- und Entladungsdauer sowie die Entlastungshäufigkeit durch Vergleich des gemessenen Beckenwasserstandes mit der Schwellenhöhe überwacht, genügt es, die Höhen der Wehrschwelle, die Lage des Nullpunktes der Sonde zur Schwelle sowie die beiden Grenzwasserstände für „Einstau“ und „Entlastung“ zu dokumentieren. Mit diesen Größen ist die Messeinrichtung vollständig definiert.

Wassermenge

Soll an einem festen Wehr die Entlastungswassermenge erfasst werden, dann müssen zusätzlich die Größen dokumentiert werden, die für die Umrechnung des gemessenen Wasserstandes in die Entlastungswassermenge notwendig sind. Hierzu gehört die Länge der Schwelle, ihre Form und der angesetzte Überfallbeiwert μ oder die Schlüsselkurve $Q(h)$.

Ultraschallsonde oder Radarsonde

Abb. 40 zeigt die bei einer Ultraschallsonde zu dokumentierenden Größen. Bei einer Radarsonde sind dieselben Maße zu dokumentieren. Die Höhenlage der Sonde zum Bauwerk wird durch die vertikale Distanz zwischen der Sondenunterkante und der Wehroberkante festgelegt. Diese lässt sich im Bauwerk, z. B. mit Hilfe eines Nivelliergerätes, ausmessen. Der Abstand des Nullpunktes unter der Sondenunterkante hängt von der eingesetzten Sonde ab. Entweder ist dies ein fester oder ein variabler Abstand, der an der Elektronik durch Parametrierung verstellt werden kann. In beiden Fällen ist der Wert zu dokumentieren.

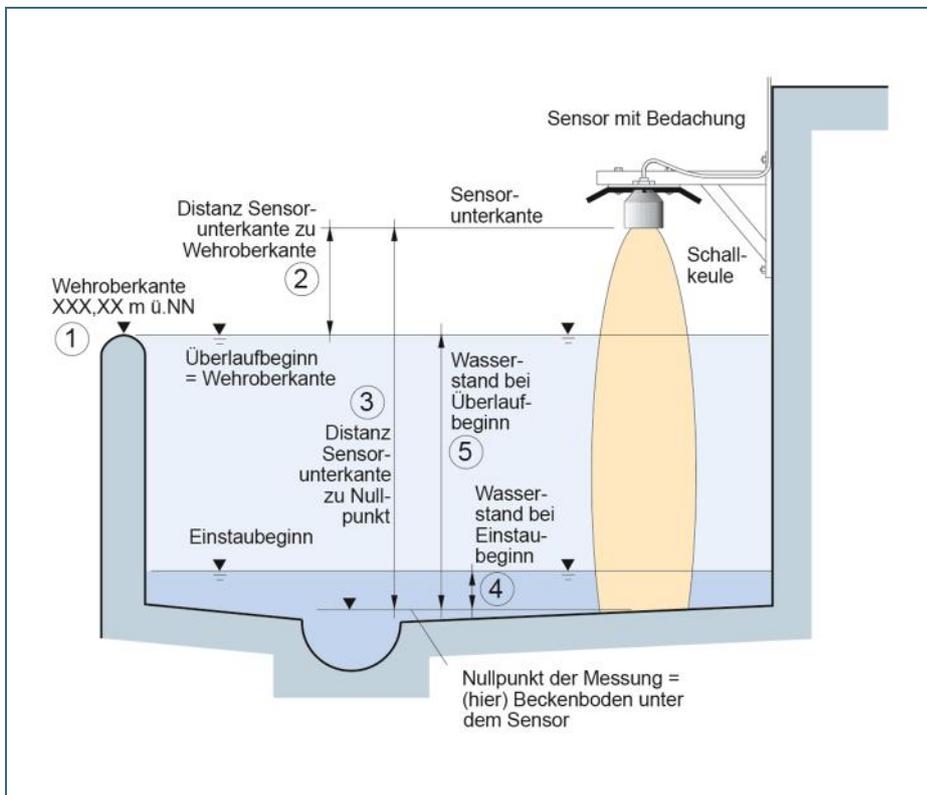


Abb. 40:
Zu dokumentierende Höhenangaben bei einer Ultraschall- oder einer Radar-Wasserstandsmessung

Im gezeigten Beispiel befindet sich der Nullpunkt am Beckenboden direkt unter der Sonde, der angezeigte Wasserstand entspricht der Wassertiefe im Becken. Es sind auch andere Lagen des Nullpunktes möglich, z. B. wenn zur Schwellenüberwachung eine Ultraschallsonde mit nur 1 m Messbereich eingesetzt wird. In diesem Fall kann der Nullpunkt z. B. 20 cm unter der Schwelle festgelegt werden. Die Einstauererkennung muss dann anderweitig mit einer zweiten Sonde erfolgen.

Für die Messstelle sind die erforderlichen Höhen in einem Plan, in Anlehnung an Abb. 40, zu dokumentieren (siehe auch Anlage 1 und 2).

Tauchsonde

In Abb. 41 sind die Größen zu sehen, die bei einer Tauchsonde zu dokumentieren sind. Der Nullpunkt der Messung ist hier bauartbedingt entweder die Unterkante der Sonde oder durch eine Markierung auf dem Sondenkörper angegeben. Die Höhenlage der Tauchsonde unter der Schwelle wird durch die senkrechte Distanz zwischen dem Aufhängehaken und der Schwellenoberkante sowie durch die Aufhängelänge der Sonde festgelegt; beide Größen sind vor Ort zu messen. Auf die Aufhängelänge ist besonders zu achten, weil sich diese bei den üblichen Kabelklemmen leicht verstellen kann.

Andere Anordnungen sind ebenfalls möglich, z. B. eine Verschiebung des Nullpunkts durch Parametrierung auf die Höhe der Überlaufschwelle. Der Dokumentation ist hierzu ein entsprechender Plan beizufügen.

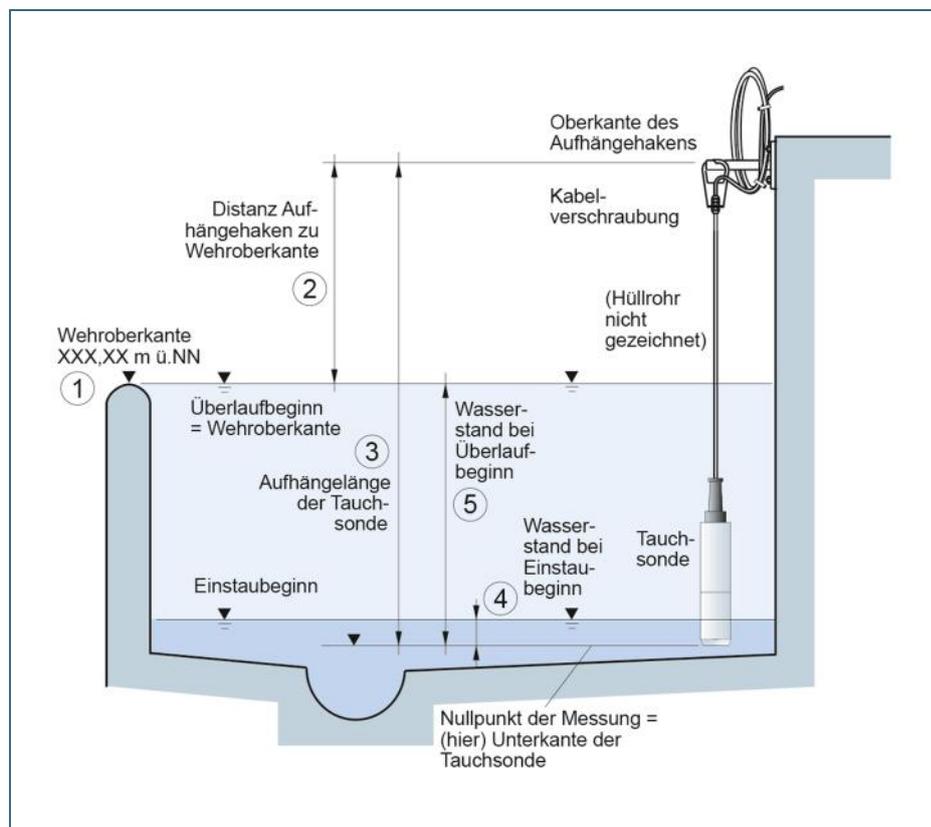


Abb. 41:
Zu dokumentierende Höhenangaben bei einer Tauchsonde

Bewegliche Wehrklappen

Zur Überwachung beweglicher Wehrklappen wird die Klappenstellung und/oder der Wasserstand gemessen. Die erforderliche Dokumentation für eine Wasserstandsmessung wurde bereits erwähnt. Bei einer Messung des Klappenneigungswinkels (Abb. 42) wird zunächst die Ruhestellung der Klappe dokumentiert. Dazu ist der Winkel einer Bezugskante zur Horizontalen, etwa auf der Klappenrückseite, mit Hilfe einer Wasserwaage und einer Winkelschmiege auszumessen. Für die Messung der Klappenstellung ist die Position der Sonde anzugeben, also z. B. der Winkel, den eine Kante der Sonde mit der Bezugskante der Klappe hat. Mit dieser Information lässt sich die Sonde nach einem Ausbau wieder richtig einbauen. Nicht immer kann der Winkelgeber 0° anzeigen. Der Nullpunkt der Messung wird deshalb indirekt durch Angabe des Messwertes in Klappenruhestellung festgelegt. Die Klappenendstellung begrenzt den Messbereich. Weiterhin ist die Klappenstellung bei Entlastungsbeginn zu dokumentieren. Diesen Wert liefert in der Regel der Hersteller.

Diese Angaben gelten auch, wenn zur Messung der Klappenstellung ein Abstandsmessgerät statt eines Winkelsensors eingesetzt wird.

Ein wichtiges Dokument bei der Ermittlung der Entlastungswassermenge ist die anzusetzende, vom Hersteller angegebene Kennlinie des Abflusses in Abhängigkeit vom Neigungswinkel. Wesentlich ist weiterhin die Angabe des Wasserspiegels zu Beginn der Entlastung und bei Maximalabfluss (aus der herstellerseitigen hydraulischen Bemessung der Klappe) sowie die Höhenlage der Klappenachse oder -oberkante, um den Bezug zur Wasserstandsmessung herstellen zu können.

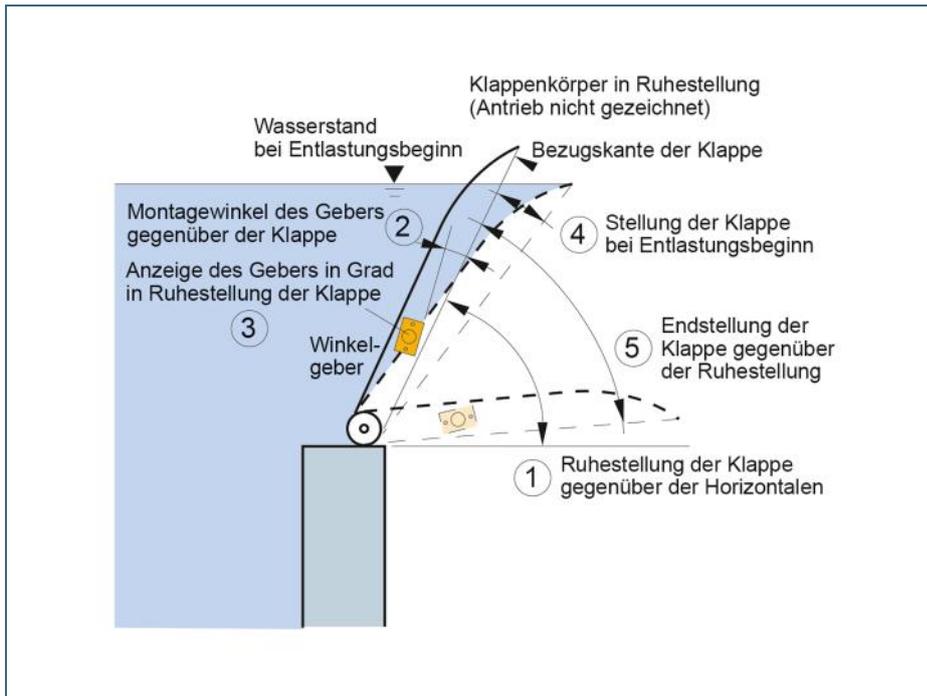


Abb. 42:
Zu dokumentierende Winkelmaße für die Bestimmung des Neigungswinkels bei beweglichen Klappen

Überlaufmessung im Entlastungskanal

Wird die Überlaufmessung im Entlastungskanal durchgeführt, müssen die hydraulisch wichtigen Daten dieser Messstelle dokumentiert werden. Bei einem Messwehr sind das die geometrischen Daten des Entlastungskanals oder -gerinnes (Sohlenhöhe, Form, Breite oder Nennweite, Gefälle) und des Messwehres (Höhenlage der Wehrunterkante, Art, Hersteller und Typ des Wehres, Größe bzw. Öffnung). Dies gilt auch beim Einsatz von MID- und Ultraschall-Messgeräten.

Sind an der Einleitungsstelle die Hochwasserstände (in m ü. NN) des Gewässers (z. B. bei HQ_5 oder bei HQ_{10}) bekannt, sind diese zu dokumentieren.

6.3 Dokumentation der elektrotechnischen Einrichtungen

Für eine Überprüfung der Messeinrichtung ist es wichtig, dass zusätzlich zu den im vorigen Abschnitt genannten hydraulischen Größen auch die elektrotechnischen Einrichtungen gut dokumentiert sind. Neben den detaillierten Schaltplänen der elektrotechnischen Installation muss eine Beschreibung der Messkette und der Auswertung vorliegen.

Messgeräte

Es muss für einen Dritten erkennbar sein, welche Geräte eingesetzt werden und was deren jeweilige Aufgabe ist. Die Messbereiche der Messsonden sind anzugeben. Wichtig ist weiterhin eine Beschreibung der Signalpfade, d. h. über welche Schnittstellen (z. B. eine analoge 4 bis 20 mA Stromschnittstelle) die Daten vom Sensor zum Messverstärker und von diesem zur Auswerteeinheit verlaufen. Das kann beispielsweise mit Hilfe eines Blockschaltbildes geschehen.

Der Einbauort der Messgeräte ist zu dokumentieren. Häufig sind mehrere Tauchsonden im Becken angebracht und es ist nicht eindeutig erkennbar, welche für die Entlastungsmessung verwendet wird. Grundsätzlich sollen die Geräte im Becken mit entsprechenden Schildern versehen werden.

Systemlogik

Ganz wesentlich ist es, in der Schaltung eingebaute logische Abhängigkeiten zu beschreiben.

Beispiel: Ein Beckenüberlauf ist mit einer beweglichen Wehrklappe mit Neigungswinkelsensor ausgerüstet. Das Becken besitzt außerdem eine Tauchsonde zur Einstauerkennung. Häufig ist die Auswertung so konzipiert, dass ein Entlastungsereignis durch das Bewegen der Klappe erkannt wird, aber nur dann registriert wird, wenn gleichzeitig die Wasserstandssonde einen Beckeneinstau meldet. Soll diese Messeinrichtung überprüft werden, genügt es nicht, nur die Klappe nach Abhängen der Gegengewichte zu bewegen, sondern es muss gleichzeitig an der Tauchsonde ein Wasserstand simuliert werden.

Weiterverarbeitung

Das Zeitintervall der Messung, die Ermittlung des Entlastungsabflusses aus gemessenen Wasserständen und die Methode der Integration der Abflusswerte zu einem Entlastungsvolumen sind so zu beschreiben, dass bei einer Prüfung der Messeinrichtung die Auswertung nachvollzogen werden kann.

Die Weiterverarbeitung der Messdaten ist zu beschreiben. Häufig enthalten die Betriebsanleitungen der Auswertegeräte bereits eine Beschreibung.

Es muss möglich sein, ein Entlastungsereignis durch Vorgabe eines bestimmten Wasserstandes über eine bestimmte Zeit zu simulieren und das von der Auswerteelektronik gelieferte Entlastungsvolumen mit Hilfe der Angaben in der Dokumentation nachzurechnen.

Viele Messsonden und Auswertegeräte sind heute für den universalen Einsatz konzipiert und werden für eine konkrete Messstelle softwareseitig eingestellt bzw. angepasst. Mit einem Programmiergerät oder per Smartphone-App lassen sich verschiedene Parameter einstellen, z. B. bei Radarsonden der Nullpunktsabstand, der Blockabstand, der Messbereich, die Dämpfung, die Grenzwasserstände und weitere Kennzahlen.

In der Dokumentation der Messstelle muss neben einer Betriebsanleitung der verwendeten Messsonde auch eine Liste der aktuell einprogrammierten Parameter enthalten sein, z. B. als Papierausdruck der Protokolldatei.

Es ist überdies sinnvoll, aktuell geänderte Parameter zu kennzeichnen, da solche Protokolldateien oft sehr viele für den Sensor wichtige, für die Messaufgabe aber weniger wichtige Parameter des Gerätes umfassen. Es ist nicht ausreichend, wenn die händische Dokumentation ausbleibt und die Parameter in Folge erst unter Verwendung der passenden Smartphone-App ausgelesen werden, da dies aufwendig und schwer nachvollziehbar ist. Wenn im Zuge der Inbetriebnahme oder zu einem späteren Zeitpunkt einzelne Parameter geändert werden, müssen diese Änderungen auch in der Parameterliste protokolliert werden, ebenso der Zeitpunkt der Änderung.

6.4 Betriebs- und Prüfanleitung

Vom Auftragnehmer der Messeinrichtung ist eine Betriebs- und Kalibrieranweisung zu liefern.

In der Betriebs- und Kalibrieranweisung sind alle für den laufenden Betrieb, für die Wartung der Messeinrichtung und für das Auslesen und Auswerten der Daten wesentlichen Anleitungen zusammenzufassen.

Zusätzlich ist eine Anweisung zur Prüfung der Messstelle zu erstellen, die sich inhaltlich an den Vorgaben des vorliegenden Praxisratgebers (siehe Kap. 8) orientieren soll. Die erforderlichen Arbeitsschritte und die dazu notwendigen Hilfsmittel, beispielsweise zur Simulation eines Wasserstandes an der Messsonde, sind zu beschreiben. Prüflisten oder Formblätter als Hilfsmittel zum Eintragen der bei einer Überprüfung abzulesenden Maße oder Anzeigewerte sind sinnvoll. In der Anlage 1 und 2 sind Beispiele genannt.

7 Planung, Ausschreibung und Abnahme

7.1 Planung der Messeinrichtungen

Die Planung der Mess- und Überwachungseinrichtungen ist wesentlicher Bestandteil der Planung eines Regenüberlaufbeckens und von Anfang an mitzubedenken. Eine erst nachträgliche Ergänzung von Messeinrichtungen in weitgehend fertige Bauwerks- oder Elektroplanungen ist mit erheblichen Schwierigkeiten und Zusatzkosten verbunden. Eine frühzeitige Zusammenarbeit des wasserwirtschaftlichen Fachplaners mit einem spezialisierten Elektroplaner ist deshalb unerlässlich, um alle relevanten Aspekte berücksichtigen zu können.

Folgende Hinweise dienen einem erfolgreichen Planungsablauf:

- Berücksichtigung konstruktiver Gesichtspunkte bei der Gestaltung der Messstelle (beispielsweise die Anordnung der Wehrschwelle und die Position der Messsonde)
- frühzeitige Übermittlung von Vorgaben zu den erforderlichen Funktionen der Mess- und Auswerteeinrichtung an den Elektroplaner (Pflichtenheft, einschließlich Anforderungen an die Messdatenspeicherung und -auswertung (z. B. Aufzeichnungsintervall); gegebenenfalls in Zusammenhang mit der Planung der Fernwirkanlage)
- Darstellung der Messstellen und der Positionen der Messsonden in den Planunterlagen bereits in Vorplanung und Entwurfsplanung
- Beschreibung der elektrischen Ausrüstung der Mess- und Auswerteeinrichtung durch den Elektroplaner in verständlicher Form (nicht nur Schaltpläne)
- Dokumentation der Verzahnung der Messeinrichtungen mit der restlichen elektrotechnischen Ausrüstung, speziell der Fernwirkanlage (gegebenenfalls gemeinsame Nutzung eines Schaltschrankes oder Eingliederung bestimmter Funktionen in eine zentrale speicherprogrammierbare Steuerung, beispielsweise die Übertragung von Messdaten zur Kläranlage)
- parallele Aktualisierung von Bauwerks- und Elektroplanung, wenn während des Planungsprozesses Änderungen vorgenommen werden
- Anpassung einer neu hinzukommenden Beckenausrüstung an eine bestehende Fernwirkzentrale (gegebenenfalls Verwendung des gleichen Fabrikats)

7.2 Ausschreibung und Vergabe

Für die Ausschreibung der verschiedenen Komponenten und bei der Vergabe sind die folgenden Grundsätze zu beachten:

- Die Leistungsbeschreibung ist Grundlage für die Ausschreibung. Die geforderten Funktionsmerkmale der Messeinrichtungen und die vorgesehene Auswertung der Daten sind umfassend zu beschreiben (systemunabhängige Aufgabenbeschreibung).
- Das Leistungsverzeichnis muss alle erforderlichen Komponenten zur Realisierung der Anforderungen aus der Leistungsbeschreibung angemessen genau beschreiben.
- Eine Kompatibilität der verschiedenen Anlagenteile ist zu beachten (unter anderem Fernwirkanlage, Sensortypen).
- Im Leistungsverzeichnis sind auch Positionen auszuweisen für:
 - Dokumentation der Messeinrichtung einschließlich Betriebs- und Kalibrieranleitung
 - Inbetriebnahme und Probetrieb (siehe VDMA-Einheitsblatt VDMA 24657 2012))
 - Einweisung und Schulung des Betriebspersonals
 - Systemdienstleistungen
 - Prüfanleitung im Sinne von Kap. 8.2
 - Wartungsvertrag
- Mit der Ausrüstung von Messstellen sind nur Firmen zu beauftragen, die besondere Fachkunde im Bereich der Abwassertechnik und in der Fernwirk- bzw. Prozessleittechnik nachweisen können.

7.3 Abnahme der Messeinrichtungen

Die Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken sind durch den Auftraggeber abzunehmen. Dieser kann bei Bedarf einen Sachverständigen hinzuziehen.

Eine Messeinrichtung gilt als abgenommen,
wenn sie die Erstprüfung bestanden hat und eine Prüfanleitung vorliegt.

Die Erstprüfung ist nach der in Kap. 8.2 beschriebenen Vorgehensweise durchzuführen. Das Ergebnis ist zu protokollieren und das Protokoll zur Dokumentation der Messeinrichtung beizugeben.

8 Überwachung, Wartung und Prüfung der Messeinrichtungen

8.1 Überwachung und Wartung

Die Messeinrichtungen müssen regelmäßig überwacht und gewartet werden. Dabei sind die rechtlichen Anforderungen an die Eigenüberwachung zu beachten.

Betreiber von Regenüberlaufbecken können die Wartung der installierten Messeinrichtungen selbst vornehmen oder mit einer fachkundigen Firma, wie z. B. der Installationsfirma oder einem privaten Sachverständigen, einen Wartungsvertrag abschließen.

Ein wichtiges Indiz für eine ordnungsgemäß funktionierende Anlage ist die Plausibilität der Messdaten. Unplausible Abweichungen können ein Hinweis auf einen Fehler an der Messeinrichtung sein. Ein monatliches Einlesen der Daten mit Prüfung auf Plausibilität erscheint als angemessenes zeitliches Intervall, denn nur so kann verhindert werden, dass z. B. durch Störungen oder Messfehler für einen längeren Zeitraum keine oder keine brauchbaren Messdaten vorhanden sind.

Bei der Plausibilitätsprüfung können z. B. die Messergebnisse hinsichtlich Entladungsdauer und -häufigkeit des aktuellen Monats mit denen der Vormonate oder mit dem entsprechenden Monat des letzten Jahres verglichen werden. Einflüsse, wie das Niederschlagsgeschehen oder eine Änderung des Einzugsgebietes, die die Auslastung eines Regenüberlaufbeckens bestimmen, sind zu berücksichtigen.

8.2 Prüfung der Messeinrichtungen

8.2.1 Grundsätze

Die rechtlichen Anforderungen an die Eigenüberwachung umfassen sowohl regelmäßige Funktionskontrollen als auch Überprüfungen der Messgenauigkeit. Die Anlagen sind vor der Inbetriebnahme oder nach einem größeren Umbau einer Erstprüfung zu unterziehen. Anschließend sind Wiederholungsprüfungen durchzuführen.

Jede Messeinrichtung ist ein Unikat, denn keine Konfiguration gleicht der anderen. Bei der Prüfung ist es notwendig, die Besonderheiten jeder einzelnen Anlage zu berücksichtigen. Sie sind vom Planer in einer Prüfanleitung zusammenzustellen. Die Anlagen 1 und 2 können als Hilfe dienen.

Aus Gründen der Gewährleistung dürfen insbesondere bei einer Erstprüfung durch Dritte keine Eingriffe in die Anlage vorgenommen werden, die über die üblichen, auch durch den Betreiber vorzunehmenden Bedienungshandlungen hinausgehen.

Es ist zweckmäßig, dass mit der Prüfung eine Fachfirma, z. B. der Anlagenbauer oder ein Sachverständiger, beauftragt wird. Grundsätzlich kann eine solche Prüfung jedoch auch vom Betreiber selbst durchgeführt werden. Die Ergebnisse müssen bei jeder Prüfung im Betriebstagebuch so dokumentiert werden, dass die vorgenommenen Schritte nachvollzogen werden können.

8.2.2 Funktionskontrolle

Für die Funktionskontrolle empfiehlt sich zunächst zu prüfen, ob Daten grundsätzlich registriert werden und in welcher Form. Wenn es im Prüfzeitraum Überlaufereignisse gab, deren Ganglinien wie in Abb. 36 visualisiert werden können und plausibel sind, gilt die Funktionskontrolle als erbracht. Wichtig ist jedoch, dass hierfür nicht „blind“ die automatischen Funktionen z. B. eines Prozessleitsystems verwendet werden, sondern dass die kontrollierende Fachkraft die Plausibilität persönlich prüft und im Betriebstagebuch dokumentiert.

Für die Detektion von Überlaufereignissen ist die Höhenlage der Oberkante der Überlaufschwelle wesentlich. In Kap. 5.5.2 wurde dargestellt, dass sie auch direkt aus den aufgezeichneten Ganglinien von Überlaufereignissen abgeleitet und ein erkennbarer Nullpunktfehler über eine Anpassung der Schwellenhöhe in der Software korrigiert werden kann. Diese Vorgehensweise kann für häufig vorzunehmende einfache Funktionskontrollen ausreichen. Für die regelmäßig wiederkehrenden Prüfungen im Sinne der rechtlichen Anforderungen an die Eigenüberwachung ist jedoch die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise erforderlich. Sie erkennt neben einer Nullpunktverschiebung auch andere Fehlfunktionen.

8.2.3 Überprüfung der Messgenauigkeit

Erstprüfung

Vor Inbetriebnahme einer Messeinrichtung oder nach größeren Umbauten ist im Rahmen der Abnahme eine Erstprüfung durchzuführen. Eine gleichwertige Prüfung sollte nachgeholt werden, wenn eine Erstprüfung bei der Abnahme unterblieben ist.

Sofern an bestehenden Wasserstands-Messeinrichtungen die Erstprüfung nicht durchgeführt werden kann oder die erforderliche Genauigkeit auch durch Nachkalibrierung nicht erreicht wird, ist ein Um- oder Neubau der Messeinrichtung vorzusehen.

Die Erstprüfung umfasst folgende Schritte:

- Überprüfung, ob die Anlage plangemäß errichtet wurde
- Überprüfung auf Vollständigkeit und Richtigkeit der:
 - Dokumentation der Messeinrichtung
 - Betriebsanleitung
 - Kalibrieranleitung
 - Prüfanleitung
- Optische Inspektion und Funktionskontrolle der Messeinrichtung
- Überprüfung der Wasserstandsmessung
- Überprüfung der richtigen Erkennung von Einstau- und Entlastungsereignissen
- Überprüfung der richtigen Ermittlung des Entlastungsabflusses und des Entlastungsvolumens

Bei der Erstprüfung ist jeder Schritt der Messkette von der Sonde bis zur Speicherung der Daten zunächst einzeln zu prüfen, außerdem die Messkette als Ganzes.

Wiederholungsprüfung

Jede Messeinrichtung ist nach der Erstprüfung regelmäßig wiederkehrend erneut zu prüfen. Die rechtlichen Anforderungen an die Eigenüberwachung sind zu beachten.

Die Wiederholungsprüfung umfasst mindestens folgende Schritte:

- Überprüfung der Dokumentation auf Vollständigkeit
- Optische Inspektion und Funktionskontrolle der Messeinrichtung
- Überprüfung der Wasserstandsmessung
- Überprüfung der richtigen Erkennung von Einstau- und Entlastungsereignissen
- Überprüfung der richtigen Ermittlung des Entlastungsabflusses und des Entlastungsvolumens

Bei einer Wiederholungsprüfung reicht es, die Messkette als Ganzes zu prüfen.

8.2.4 Durchführung der Prüfung

Zeitaufwand

Der zeitliche Aufwand, der für die Überprüfung einer Messeinrichtung benötigt wird, hängt von den jeweiligen Randbedingungen im Einzelfall ab, insbesondere wenn die Prüfung von einem Dritten und nicht vom orts- und anlagenvertrauten Betreiber oder Anlagenbauer vorgenommen wird. Wesentliche Randbedingungen, die sich auf die Prüfdauer auswirken, sind unter anderem:

- Fachkunde des Betriebspersonals
- Umfang der Dokumentation der Messeinrichtung, Betriebs-, Kalibrier- und Prüfanleitung
- Zugänglichkeit des Beckens und der Messeinrichtung
- Sauberkeit des Regenüberlaufbeckens
- Wetter

Überblick verschaffen

Sowohl bei einer Erstprüfung wie auch bei Wiederholungsprüfungen sollte zunächst ein Überblick der Anlage und den Zusammenhängen vor Ort hergestellt werden. Folgende Fragen sind zu beantworten:

- Welche Messgrößen werden zur Überwachung herangezogen?
- Bauart und Position der zugehörigen Messsonden?
- Welche anderen Messsonden sind noch installiert, was ist deren Aufgabe?
- Welche weiteren Geräte dienen zur Signalaufbereitung, -anzeige und -aufzeichnung?
Wo sind diese installiert?
- Gibt es eine Messwertanzeige vor Ort?

- Wie sind die Anzeigen zu interpretieren (z. B. als Wasserstand in Zentimeter über dem Beckenboden)?
- Wo sind die Nullpunkte?
Wo können Nullpunkt und Skalierfaktor im Bedarfsfall verstellt werden?
- Welche Daten oder Ereignisse werden aufgezeichnet? Handelt es sich um Rohdaten (z. B. Wasserstandsganglinie) oder bereits aufbereitete Daten (z. B. Entlastungshäufigkeit und -dauer oder Abflussganglinie)?
- Welche Bedingungen (z. B. Grenzwasserstände) müssen für das Registrieren eines Einstau- oder Entlastungsereignisses erfüllt sein? Wo können diese im Bedarfsfall verstellt werden?
- Welches zeitliche Messintervall hat die Aufzeichnung?
- bei Registrierung der Entlastungswassermenge: Aus welchen Größen erfolgt die Berechnung? Welche Formel oder Kennlinie liegt der Umrechnung zu Grunde? Wo kann diese Kennlinie im Bedarfsfall verstellt werden?
- Wo werden die Daten gespeichert?
- Wie, wo und in welcher Form (z. B. als Ganglinie, Ereignisprotokoll, Monats-, Jahresprotokoll) können die Aufzeichnungen dargestellt werden? Wie erfolgt die Darstellung konkret, welche Hilfsmittel und Bedienungsschritte sind dazu erforderlich?

Prüfung

Für die Prüfung gelten folgende Grundsätze:

- Eingriffe in die Parameterebene (etwa Änderungen des Messbereiches oder die Dämpfung einer Sonde) oder gar in die Verdrahtungsebene (also beispielsweise das Abklemmen einer Sonde) müssen unterbleiben. Messeinrichtungen sollen nach Kap. 5 stets so konzipiert und ausgeführt sein, dass Eingriffe zu Prüfungszwecken nicht erforderlich sind. Falls die Prüfung ohne Eingriffe nicht durchführbar ist, muss vor Auftragserteilung die Gewährleistungsfrage geklärt werden. Es ist dann auch ein Umbau der Anlage zu erwägen.
- Grundsätzlich sollte bei der Prüfung auf ein elektrisches Auftrennen der Messkette und das Einspeisen elektrisch simulierter Signale (z. B. aus einer Konstantstromquelle) verzichtet werden.
- Die Höhenlagen und Parameter der Messstelle, z. B. die Lage des Nullpunktes und sein Bezug zu bestimmten Maßen des Bauwerkes, sind der Dokumentation zu entnehmen (siehe Kap. 6.2).
- Maße, die sich verstellen könnten, sind bei jeder Prüfung vor Ort nachzumessen (z. B. die Aufhängelänge einer Tauchsonde).
- Messsonden sind sowohl bei Erst- wie bei Wiederholungsprüfungen mit einem mechanisch simulierten oder „echten“ Wasserstand bekannter Größe zu beaufschlagen. Dieses Signal ist mehrfach zu variieren, sodass der gesamte Messbereich der Sonden abgedeckt ist. Methoden hierzu sind in Kap. 3 aufgeführt.

- Eine Wasserstandsmessung zur Überwachung der Überlaufaktivität und zur Messung des Entlastungsabflusses ist dann ausreichend genau, wenn die Überprüfung eine Abweichung des Messwertes vom simulierten Wasserstand von weniger als 2 cm ergibt. Dieser relativ ungenau erscheinende Wert ergibt sich aus der Erfahrung, dass 2 cm Abweichung vor Ort in einem Regenüberlaufbecken auch bei sehr sorgfältigem Arbeiten kaum unterschritten werden können. Deshalb können an die damit erreichbare Genauigkeit der ermittelten Abflüsse keine höheren Anforderungen gestellt werden.
- Die Ereigniserkennung kann in der Regel dadurch geprüft werden, dass der simulierte Wasserstand erst etwas niedriger, dann etwas höher als die Oberkante der Wehrschwelle eingestellt wird (zur Prüfung des eingestellten Grenzwasserstandes).
- Die Trägheit der Anzeige bedingt oft beträchtliche Wartezeiten, bis sich die Anzeige auf den simulierten Wert einstellt. Es ist so lange zu warten, bis die Anzeige stationär ist. Zu Prüfzwecken lässt sich die Trägheit durch Einstellen der entsprechenden Parameter reduzieren. Nach der Prüfung muss die vorherige Einstellung wiederhergestellt werden.
- Zur Prüfung der Ereignisregistrierung und der Ermittlung von Entlastungswassermengen sollten bei der Erstprüfung „Entlastungsereignisse“ vorgegebener Größe und Zeitdauer simuliert werden.
Beispiel: Über eine bestimmte Zeitdauer wird mit einer waagerechten Platte unter der Ultraschallsonde ein 5 cm über der Wehroberkante liegender Wasserstand simuliert. Start- und Endzeit sind zu notieren. Die Zeitdauer sollte ausreichend lang sein, damit mehrere Messintervalle abgedeckt sind und die Trägheit der Aufzeichnung keine Rolle spielt (z. B. eine Stunde). Anschließend wird ein Ereignisprotokoll und/oder eine Ganglinie des Ereignisses abgefragt und mit den simulierten Wasserständen verglichen.
- Winkelgeber für bewegliche Klappen sind ausreichend genau, wenn die Anzeige um weniger als 2° vom simulierten Wert abweicht. Dieser Wert erscheint grob, ist aber in der Praxis nur bei sorgfältiger Kalibrierung erreichbar.
- Oft werden von der Auswertelektronik mehrere Ereignisse verknüpft. Solche logischen Zusammenhänge müssen dokumentiert sein.
Beispiel: Bei einem Regenüberlaufbecken mit beweglicher Klappe wird ein Entlastungsereignis nur erkannt, wenn die Klappe aus der Ruhelage ausgelenkt und der Wasserspiegel im Becken höher als ein bestimmtes Niveau ist. Zum Testen müssen dann beide Signale simuliert werden, also z. B. Abschrauben und Verdrehen des Winkelgebers und Simulation eines ausreichend hohen Wasserspiegels.
- Beim Einsatz extern programmierbarer Geräte, deren Parameter, z. B. mit einer Smartphone-App, eingestellt werden können, ist eine Liste der eingestellten Parameter abzurufen und mit der Parameterliste in den Beckenunterlagen zu vergleichen.
- Messgeräte zur direkten Geschwindigkeitsmessung können normalerweise nicht vor Ort geprüft werden, sondern müssen werksseitig geprüft und kalibriert werden.
- Alle Einstellungen, die zu Prüfzwecken verändert wurden, müssen nach Beendigung der Prüfung wieder die vorherige Grundeinstellung aufweisen.

Maßnahmen

Hält die Messeinrichtung die geforderten Messtoleranzen nicht ein, ist eine Nachkalibrierung erforderlich. Bei nur geringem Aufwand und entsprechend fachlich geschultem Personal kann die Kalibrierung unmittelbar durchgeführt werden. Ansonsten muss der Hersteller beauftragt werden.

Beispiele

Der Nullpunkt einer Ultraschall-Wasserstandsmessung liegt bei einer Erstprüfung um 10 cm zu tief, dadurch signalisiert die Einrichtung das Überlaufen des Beckens zu früh und registriert eine zu große Entlastungsaktivität. Dieser Fehler kann durch Korrektur der Parameter in der Fernwirkanlage oder im Auswertegerät der Wasserstandsmessung, bei einigen modernen Installationen sogar bereits im Sensor, behoben werden (Achtung, das könnte bereits ein Eingriff auf Parameterebene sein!). Wichtig ist die Dokumentation der durchgeführten Maßnahmen, hier der geänderten Parameter (z. B. Ausdruck einer aktuellen Parameterliste).

Erheblich schwieriger ist es, wenn in Folge einer schlechten Dokumentation der Aufbau der Messeinrichtung oder die eingestellten Grenzwasserstände nicht zweifelsfrei zu ermitteln sind. Beispielsweise wenn die Auswertefunktionen für die Wasserstandsmesseinrichtung in einer bereits vorhandenen SPS implementiert wurden. In solchen Fällen lassen sich die zu Grunde liegende Logik und die eingestellten Parameter an Hand eines Programmausdruckes des internen SPS-Programmes ermitteln. Für diese Aufgabe ist in der Regel ein für das jeweilige Fabrikat geschulter Spezialist erforderlich.

Werden defekte Geräte festgestellt, sind diese instand zu setzen oder auszutauschen. In Einzelfällen kann der komplette Neueinbau einer Mess- und Aufzeichnungseinrichtung günstiger sein als der Austausch einzelner Komponenten, speziell wenn diese bereits einige Jahre alt sind und kein Support des Herstellers mehr verfügbar ist (zu den Nutzungsdauern elektronischer Komponenten siehe VDMA 24657 2012)).

9 Fazit

Regenüberlaufbecken werden zur Erfassung des Entlastungs- und Betriebsverhaltens mit Messeinrichtungen ausgestattet. Nur einwandfrei funktionierende Messgeräte stellen eine korrekte Datenerfassung sicher:

- Dauer (in Stunden) und Häufigkeit (in Kalendertagen pro Jahr) des Beckeneinstaus
- Dauer (in Stunden) und Häufigkeit (in Kalendertagen pro Jahr) der Entlastungsereignisse
- entlastete Wassermenge (in Kubikmeter pro Jahr)

Auf dieser Grundlage kann die Funktionsweise der Entlastungsanlagen bewertet werden. Darüber hinaus dienen die aufgezeichneten Messdaten bei Stör- und Schadensfällen der Dokumentation und zur Beweissicherung.

Als Messeinrichtungen werden meist Wasserstandssonden in der Form von Tauch-, Ultraschall- oder Radarsonden verwendet. Oft werden diese heute zusammen mit Fernwirk- und Prozessleitsystemen eingesetzt. Die Messeinrichtungen sind grundsätzlich so auszuwählen und einzusetzen, dass

- die hydraulischen Anforderungen eingehalten und die erforderliche Messgenauigkeit erreicht werden kann,
- die Bedienung einfach und ungefährlich ist,
- die Messeinrichtung im Bauwerk leicht zugänglich und ohne großen Aufwand jederzeit zu überprüfen ist und
- die Vorschriften für abwassertechnische Anlagen hinsichtlich Unfallverhütung und Explosionsschutz eingehalten sind.

Für jede Messstelle sind die wesentlichen Daten, unter anderem die tatsächlichen Größen des Bauwerkes und der Messeinrichtung, z. B. die genaue Schwellenlänge und -höhe, zu dokumentieren. Die Planung von Mess- und Überwachungseinrichtungen – in Zusammenwirken mit Fernwirk- und Prozessleiteinrichtungen – gehört mit zur Planung eines Regenüberlaufbeckens. Eine frühzeitige Zusammenarbeit mit einem spezialisierten Elektroplaner ist unbedingt erforderlich.

Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken sind vor der Inbetriebnahme durch den Auftraggeber abzunehmen und einer Erstprüfung zu unterziehen. Im Betrieb sind regelmäßig wiederkehrende Wiederholungsprüfungen erforderlich. Die rechtlichen Vorgaben der Eigenüberwachung sind zu beachten. Bei allen Überprüfungen ist die Plausibilität der Messdaten zu kontrollieren.

Die Prüfung umfasst mindestens folgende Schritte:

- Überprüfung der Dokumentation
- Optische Inspektion und Funktionskontrolle der Messeinrichtung
- Überprüfung der Wasserstandsmessung
- Überprüfung der Erkennung von Einstau- und Entlastungsereignissen
- Überprüfung der Ermittlung des Entlastungsabflusses und des Entlastungsvolumens

Mit Berücksichtigung der im vorliegenden Praxisratgeber dargestellten Informationen und Hinweisen kann eine umfassende Überwachung von Regenüberlaufbecken gewährleistet werden. Plausible Messdaten erlauben eine fundierte Beurteilung der Funktion der Bauwerke und ihrer Wirkung für den Gewässerschutz.



Abb. 43:
Einleitungsstelle einer
Mischwasserentlastung

10 Literatur

- Arbeitsblatt DWA-A 111 (2010): Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in Entwässerungssystemen. DWA-Arbeitsblatt.
- Arbeitsblatt DWA-A 166 (2013): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. DWA-Arbeitsblatt.
- ATEX (2014): Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
- Baumann, P., Lieb, W., Weiß, G. (2017): Regenbecken im Mischsystem – Messen, Bewerten und Optimieren – Praxisleitfaden für den Betrieb von Regenüberlaufbecken – Heft 13. DWA-Landesverband Baden-Württemberg: 82 S., Stuttgart.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt [Hrsg.] (2024): Merkblatt Nr. 4.3/14 – Messdaten von Regenüberlaufbecken – Leitfaden für die Erfassung, Prüfung und Wertung. Augsburg.
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (1995): Verordnung zur Eigenüberwachung von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen (Eigenüberwachungsverordnung – EÜV).
- Bos, M. G. (1989): Discharge measurement structures. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) publication 20. 3rd edition: 402 S. Wageningen (Niederlande).
- DIN 1319 Teil 1-4 (1995-2005): Grundlagen der Meßtechnik.
- DIN 19 559 Teil 2 (1983): Durchflußmessungen von Abwasser in offenen Gerinnen und Freispiegelleitungen; Venturi-Kanäle.
- Dittmer, U., Weiß, G., Lieb, W. (2018): Bewertung des betrieblichen Verhaltens von Regenüberlaufbecken. 3. Expertenforum Regenüberlaufbecken, 27.02.2018. Stuttgart.
- Hager, W. H. (1993 a): Abfluß über Zylinderwehr. In: Wasser und Boden: 44(1): 9–14, Berlin.
- Hager, W. H. (1993 b): Streichwehre mit Kreisprofil. In: gwf Wasser-Abwasser: 134(3): 156–163, München.
- Hager, W. H. (1994): Abwasserhydraulik – Theorie und Praxis. Springer Berlin Heidelberg: 500 S., Berlin, Heidelberg.
- ISO 1438 (2017): Hydrometry – Open channel flow measurement using thin-plate weirs.
- Lieb, W. (2022): Messeinrichtungen an Mischwasserentlastungsanlagen. Konzepte für die Ausrüstung mit Messtechnik zur Erfassung des Einstau- und Entlastungsverhaltens. DWA-Landesverband Bayern: 47 S., München.
- Merkblatt DWA-M 109 (2022): Hydraulische Aspekte bei Sonderbauwerken in Entwässerungssystemen. DWA-Merkblatt. Gelbdruck November 2022.
- Merkblatt DWA-M 151 (2014): Messdatenmanagementsysteme (MDMS) in Entwässerungssystemen. DWA-Merkblatt.
- Merkblatt DWA-M 176 (2013): Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung. DWA-Merkblatt.

- Merkblatt DWA-M 181 (2011): Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen. DWA-Merkblatt.
- Peter, G. (1994): Kriterien zur realen Beurteilung bei der überfallhöhenabhängigen Entlastungsmessung. In: Korrespondenz Abwasser: 41(5): 728–742.
- Peter, G., Fahrner, H. (1996): Optimierung von Entlastungsbauwerken und Entlastungsschwellen in der Mischwasserkanalisation. In: Korrespondenz Abwasser: 43(5): 730-750.
- Schröder, R. C. M. (1994): Technische Hydraulik - Kompendium für den Wasserbau. Springer Berlin Heidelberg: 309 S., Berlin, Heidelberg.
- Uhl, M. (1993): Genauigkeit von Messungen: Grundlagen und Beispiele aus der Stadtentwässerung. Dissertation Universität Hannover (Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen): 306 S., Hannover.
- VDMA 24657 (2012): Technische Ausrüstung für Anlagen der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Hinweise für Betrieb, Instandhaltung und Erneuerung. VDMA-Einheitsblatt.
- Weiß, G., Wöhrle, Ch., Lieb, W., Giebl, B. (2018): Überarbeitung von Ranking-Kurven zur Entlastungsaktivität von Regenüberlaufbecken im Mischsystem. In: KA Korrespondenz Abwasser: 65(7): 600–606, Hennef.
- Wetzstein, A. (2003): Berechnung von Entlastungsabflüssen an gedrosselten Streichwehren auf der Basis von gemessenen Wasserständen. Dissertation Technische Universität Darmstadt (Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft). Darmstadt.

Prüfprotokoll Seite 2 von 2

Wasserstandsmesseinrichtung mit Ultraschall-/Radarsonde

Unternehmensträger _____
 Beckenname _____

Mindestens 3 verschiedene Wasserstände, über den Messbereich verteilt, sind durch eine ebene Platte in bekannter Höhe zu simulieren. Das an der Messwertanzeige angezeigte Ergebnis ist in Spalte 3 einzutragen.

Spalte 1 Eingestellter Abstand der Platte zur Unterkante der Sonde in cm	 Spalte 2 Simulierter Abstand in cm über dem Nullpunkt (Berechnung gemäß obiger Skizze)	Ort der Ablesung: <input type="checkbox"/> Display vor Ort <input type="checkbox"/> Smartphone-App <input type="checkbox"/> Betriebszentrale	Spalte 3 Anzeige in cm über dem Nullpunkt	Spalte 4 Differenz Spalte 2 - Spalte 3

Die Wasserstandsmessung ist ausreichend genau, wenn die Abweichung des Messwerts vom simulierten Wert weniger als 2 cm beträgt.

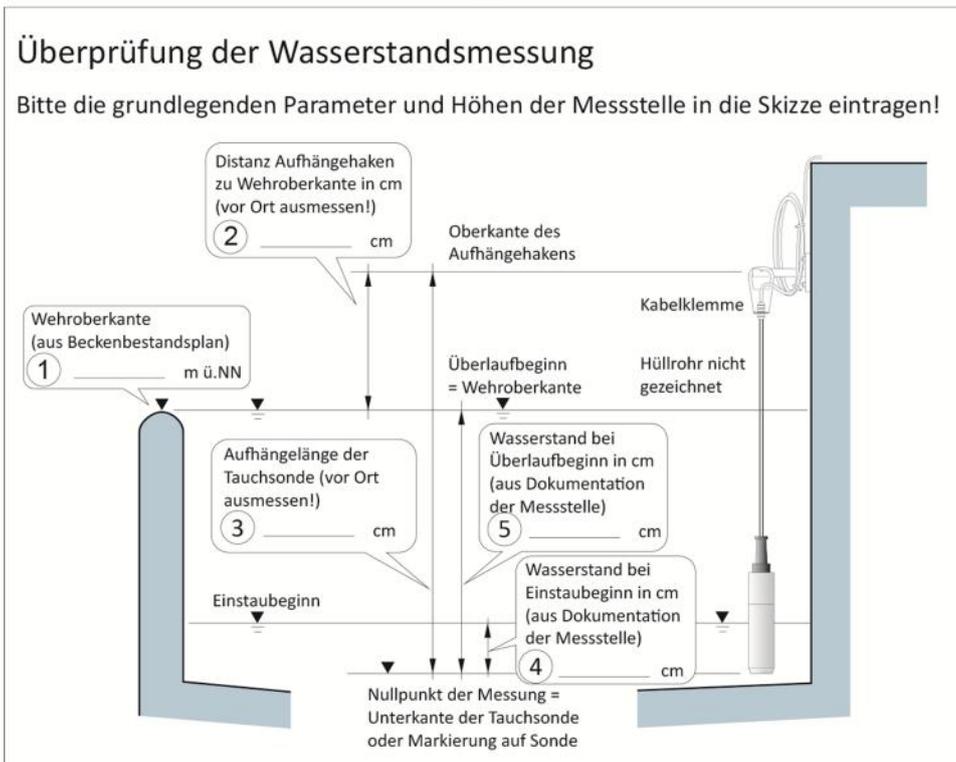
Ergebnis der Prüfung:	Ja	Nein
Dokumentation vollständig?		
Optische Inspektion und Funktionsprüfung bestanden?		
Einstau- und Überlaufereignisse richtig erkannt?		
Entlastungsabfluss und -volumen richtig ermittelt?		

Anmerkungen zur Prüfung:

Datum: _____ **Unterschrift des Prüfers:** _____

Anlage 2

<h3 style="margin: 0;">Prüfprotokoll</h3> <p style="text-align: right; margin: 0;">Seite 1 von 2</p> <h4 style="margin: 10px 0 0 0;">Wasserstandsmesseinrichtung mit Tauchsonde</h4> <p>Unternehmensträger _____</p> <p>Beckenname _____</p> <p>Beckenart</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Hauptschluss</td> <td><input type="checkbox"/> Fangbecken</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Nebenschluss</td> <td><input type="checkbox"/> Durchlaufbecken</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Verbundbecken</td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> Stauraumkanal</td> </tr> </table> <p>Überwachte Schwelle <input type="checkbox"/> Klärüberlauf <input type="checkbox"/> Beckenüberlauf</p> <p>Schwellenhöhe in m ü. NN _____</p> <p>Schwellenlänge in m _____</p> <p>Messeinrichtung Tauchsonde</p> <p>Sondenfabrikat und -typ _____</p> <p>Baujahr _____</p> <p>Gerätespezifischer oder eingestellter Messbereich in m _____</p> <p>Bemerkungen _____</p>	<input type="checkbox"/> Hauptschluss	<input type="checkbox"/> Fangbecken	<input type="checkbox"/> Nebenschluss	<input type="checkbox"/> Durchlaufbecken		<input type="checkbox"/> Verbundbecken		<input type="checkbox"/> Stauraumkanal	<p>Handskizze des Beckens mit eingezeichneter Messstelle (Grundriss)</p>
<input type="checkbox"/> Hauptschluss	<input type="checkbox"/> Fangbecken								
<input type="checkbox"/> Nebenschluss	<input type="checkbox"/> Durchlaufbecken								
	<input type="checkbox"/> Verbundbecken								
	<input type="checkbox"/> Stauraumkanal								



Prüfprotokoll

Seite 2 von 2

Wasserstandsmesseinrichtung mit Tauchsonde

Unternehmensträger _____

Beckenname _____

Die Tauchsonde wird in einem ausreichend hohen Standzylinder oder Hüllrohr geprüft, alternativ durch Trockenprüfung durch Vorgabe eines definierten Luftdrucks in einer Prüfscheide. Mindestens 3 verschiedene Wasserstände, über den Messbereich verteilt, sind durch Einfüllen von Wasser oder Vorgabe bekannter Luftdrücke zu simulieren. Das an der Messwertanzeige angezeigte Ergebnis ist in Spalte 2 einzutragen.

Ort der Ablesung:

- Display vor Ort
 Smartphone-App
 Betriebszentrale

	Spalte 1 Eingestellter Wasserstand in cm über dem Nullpunkt	Spalte 2 Anzeige in cm über dem Nullpunkt	Spalte 3 Differenz Spalte 1 - Spalte 2

Die Wasserstandsmessung ist ausreichend genau, wenn die Abweichung des Messwerts vom simulierten Wert weniger als 2 cm beträgt.

Ergebnis der Prüfung:	Ja	Nein
Dokumentation vollständig?		
Optische Inspektion und Funktionsprüfung bestanden?		
Einstau- und Überlaufereignisse richtig erkannt?		
Entlastungsabfluss und -volumen richtig ermittelt?		

Anmerkungen zur Prüfung:

Datum:

Unterschrift des Prüfers:



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

