

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DIE PRAXIS – TEIL 3

MESSDATENMANAGEMENT

PILOTPROJEKT :: REGEN 4.0

„Hinweise zur einheitlichen Umsetzung der Anforderungen an die Selbstüberwachung von Regenbecken für Betreiber und Aufsichtsbehörden in NRW am Beispiel der Entwässerungssysteme der Stadt Bielefeld und des Erftverbandes“

Die vorliegende Handlungsempfehlung „Teil 3 – Messdatenmanagement“ wurde im Rahmen des Pilotprojektes :: Regen 4.0 „Hinweise zur einheitlichen Umsetzung der Anforderungen an die Selbstüberwachung von Regenbecken für Betreiber und Aufsichtsbehörden in NRW am Beispiel der Entwässerungssysteme der Stadt Bielefeld und des Erftverbandes“ erarbeitet.

Bearbeitung des Pilotprojektes - Projektpartner

Umweltbetrieb der Stadt Bielefeld

Lothar Dören



Erftverband

Horst Baxpehler
Kai Thormeyer



Dr. Pecher AG

Dr. Holger Hoppe
Alexa von Schledorn



KISTERS AG

Marc Hoffmann
Torsten Längen



aquaplan GmbH

Gerd Langstädtler



Fachliche Begleitung des Pilotprojektes

LANUV – Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein Westfalen

Birgit Wienert
Kirsten Oermann



Bezirksregierung Detmold

Tobias Strodttmann



Bezirksregierung Köln

Thomas Bölter



Förderung des Pilotprojektes

MULNV – Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1 Übersicht über Messdatenmanagementsysteme und die Datenauswertung	6
2 Integration eines Messdatenmanagementsystems	8
3 Messdatenmanagement	12
3.1 Bereitstellen von Mess- und Metadaten	12
3.1.1 Messdaten	12
3.1.2 Metadaten	12
3.2 Plausibilitätsprüfung und Korrektur	15
3.2.1 Qualitätseinstufung und notwendige Qualität für die Auswertungsgrößen	17
3.2.2 Durchzuführende Prüfungen und Korrekturen auf den einzelnen Ebenen	18
3.2.3 Prüfungen auf Zeitreihenebene	19
3.2.3.1 Prüfung auf Konsistenz	19
3.2.3.2 Prüfung der minimalen und maximalen Werte	21
3.2.3.3 Prüfung der Änderungsrate	23
3.2.4 Prüfungen und Korrektur auf Anlagenebene	26
3.2.4.1 Weitergehende Prüfungen der Messwerte	26
3.2.4.2 Korrelationsprüfung durch Gegenüberstellung voneinander abhängiger Zeitreihen	27
3.2.4.3 Prüfung von Becken und Klärüberläufen anhand von Wasserständen	29
3.2.4.4 Ingenieurmäßige Korrektur auf Anlagenebene	31
3.2.5 Prüfung und Korrektur der Daten auf Systemebene	32
3.2.5.1 Prüfung der Messwerte unter Einbeziehung der Niederschlagszeitreihen	33
3.2.5.2 Vergleich hintereinandergeschalteter Sonderbauwerke	35
3.2.5.3 Ingenieurmäßige Korrektur auf Systemebene	36
3.3 Datenspeicherung und Zugriff	37
4 Dokumentation der Datenauswertung	37
Zitierte und verwendete Literatur	41
Anhang	45
A1 Prüfkriterien für die Plausibilisierung auf Zeitreihenebene	45

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Beispielhafte Vorgehensweise bei der Einrichtung eines Messdatenmanagementsystems.....	6
Abbildung 2:	Beispielhafte Darstellung zum MDMS und zur Datenauswertung	7
Abbildung 3:	Integrales Messdatenmanagement	9
Abbildung 4:	Ablaufschema der Plausibilitätsprüfung und Korrektur	16
Abbildung 5:	Notwendige Qualität für die Auswertgrößen.....	17
Abbildung 6:	Identifizierung von Fehlwerten mithilfe der Konsistenzprüfung.....	20
Abbildung 7:	Grafik links: Ausschnitt der Eingangszeitreihe des Beckenwasserstandes (Pumpwerk) Grafik rechts: Häufigkeitsverteilung des Beckenwasserstandes bezogen auf die gesamte Zeitreihe (mit logarithmischer y-Achse)	22
Abbildung 8:	Ausschnitt des Beckenwasserstandes nach Min/Max-Prüfung.....	23
Abbildung 9:	Eingangszeitreihe und plausibilisierte Zeitreihe des Beckenwasserstandes nach Prüfung der Änderungsrate	24
Abbildung 10:	Detailansicht am Beispiel eines sprunghaften Anstieges des Messwertes (Ausschnitt aus Abbildung 9)	24
Abbildung 11:	Wasserstand eines Regenüberlaufbeckens – Eingangszeitreihe	26
Abbildung 12:	Wasserstand eines Regenüberlaufbeckens – Nach weitergehender Prüfung	27
Abbildung 13:	Darstellung von einem Beckenwasserstand und einem Beckenüberlauf in einem Regenbecken als Grundlage einer Korrelationsprüfung. Korrelation im Anstieg ab 5,02 m Füllstand mit dem Abschlag	28
Abbildung 14:	Korrelationsprüfung zweier abhängiger Zeitreihen. Korrelationskoeffizient im Anstieg nahe 1,0	29
Abbildung 15:	Darstellung einer Beispielhaften Gegenüberstellung von Beckenwasserstand und berechnetem sowie gemessenem Beckenüberlauf.....	30
Abbildung 16:	Detailansicht des Ausschnittes von Abbildung 15 zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen Beckenwasserstand und Beckenüberlauf	30
Abbildung 17:	Vergleich zwischen zwei voneinander abhängigen Wasserständen im Sonderbauwerk	31
Abbildung 18:	Wasserstand eines Regenüberlaufbeckens nach Erhöhung der Qualität durch die nicht erforderliche Korrektur auf Anlagenebene	32
Abbildung 19:	Gelb markierter Bereich der Abbildung 17 mit zugehöriger Drosselwasserabflusszeitreihe und Niederschlagszeitreihe des Regenschreibers	33
Abbildung 20:	Fließschema von hintereinander geschalteten Regenbecken	35
Abbildung 21:	Vergleich der Drosselwasserabflüsse von drei hintereinandergeschalteter Bauwerken, die im Bereich des gleichen Regenschreibers liegen	35

Abbildung 22:	Beispiel einer auf Systemebene korrigierten Zeitreihe.....	36
Abbildung 23:	Jahresbericht Regenbecken.....	38
Abbildung 24:	Detaillierter Monatsbericht Regenbecken	39
Abbildung 25:	Monatsbericht Regenbecken mit Grafik	40
Abbildung 26:	Prüfkriterien für die Plausibilisierung auf Zeitreihenebene.....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Differenzierung der verschiedenen Systeme	8
Tabelle 2:	Beispiel einer Schablone zur Aufnahme wichtiger Metadaten	14

1 Übersicht über Messdatenmanagementsysteme und die Datenauswertung

Aufgezeichnete Wasserstandsganglinien zur Bauwerksüberwachung können in der Regel in Echtzeit über das Betriebsführungs- (BFS) oder Prozessleitsystem (PLS) eingesehen werden. Sollen diese Messreihen jedoch im Hinblick auf die Selbstüberwachungsverordnung Abwasser (SüwVO Abw) weiterführend ausgewertet werden, so sollte zu diesem Zweck ein eigenständiges Messdatenmanagementsystem (MDMS) aufgebaut und mit den bereits bestehenden Systemen vernetzt werden.

Das MDMS ist bei seiner Auswertung grundlegend auf die Qualität seiner Eingangsdaten angewiesen. Bei der ordnungsgemäßen Auswahl, Installation und Wartung der Messstellen sollten daher die Teile 1 und 2 der vorliegenden Handlungsempfehlung berücksichtigt werden.

Ein beispielhafter Ablauf für die Integration eines MDMS ist in Abbildung 1 dargestellt.

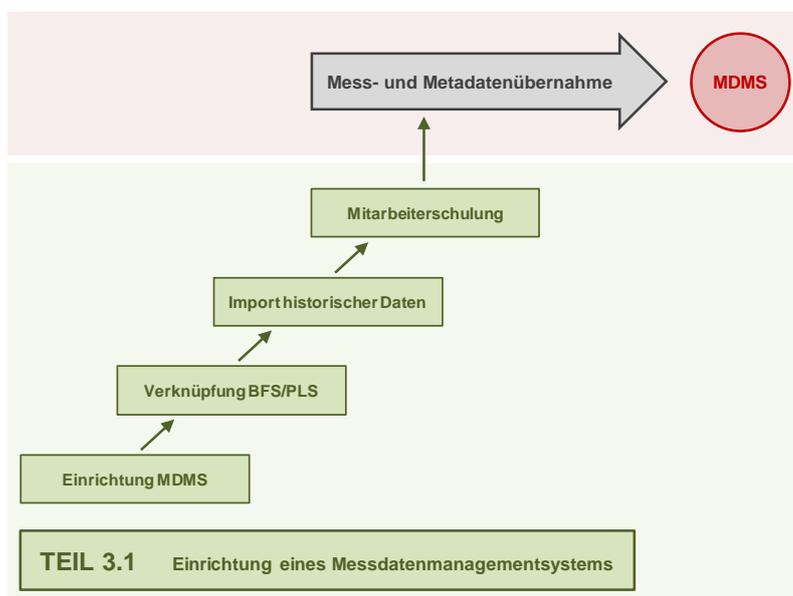


Abbildung 1: Beispielhafte Vorgehensweise bei der Einrichtung eines Messdatenmanagementsystems

Ein MDMS sollte individuell auf die Belange des jeweiligen Betreibers zugeschnitten werden, damit es effizient genutzt werden kann. In Abhängigkeit sowohl von der Komplexität des Netzes als auch von der erwarteten Datenmenge können spezielle MDM-Software oder auch Tabellenkalkulationsprogramme verwendet werden. Letztere eignen sich allerdings ausschließlich bei kleinen, sehr überschaubaren Netzen mit einer sehr geringen Anzahl von Bauwerken.

Hinweise zum Anwendungsbereich und zu erforderlichen Mindestfunktionalitäten, die dann über die Tabellenkalkulation abzudecken sind, enthält das Merkblatt DWA-M 151 (2014).

Grundsätzlich ist eine Schnittstelle zwischen PLS und dem Managementsystem sicherzustellen, über welche regelmäßig und automatisiert der Import in das MDMS

erfolgt. Der Datenexport aus dem MDMS zur Fremdnutzung, Datenablage und -archivierung ist im Rahmen der Einrichtung des MDMS zu definieren und wird durch das MDMS in der Regel automatisiert durchgeführt.

Wird eine spezielle MDMS-Software genutzt, sind im Rahmen einer Schulung mit den zuständigen Mitarbeitern die gängigen Arbeitsabläufe im MDMS durchzugehen. Dabei wird dem Mitarbeiter nahegebracht, an welcher Stelle er welche Metadaten ergänzen darf oder muss und welche Messdaten durch ihn im Rahmen der manuellen Prüfung und Korrektur zu prüfen sind.

Die Messdaten im MDMS werden turnusmäßig durch Importe ergänzt und können im Folgenden standardisiert und vergleichbar ausgewertet werden. Dazu gehören die Plausibilisierung (Visualisierung und Prüfung der Daten) und die eventuelle Korrektur von Fehlern. Korrekturen sind im MDMS generell von einem Mitarbeiter mit Fachwissen durchzuführen.

Die Dokumentation der Auswertungsergebnisse (beispielsweise Berichte nach SÜwVO Abw) und die Datenarchivierung sind ebenso wichtige Bestandteile eines durchgängigen MDMS.

Um eine ausreichende Qualität der Messwerte sicherzustellen, ist eine zeitnahe Plausibilisierung und Korrektur der auflaufenden Daten von besonderer Bedeutung. Die durch die Auswertung erlangten Erkenntnisse zum Mess- und Bauwerksbetrieb können in den Bereich des Messbetriebes und der Bauwerksüberwachung zurückgeführt werden und führen so zu einem Mehrwert (Abbildung 2).

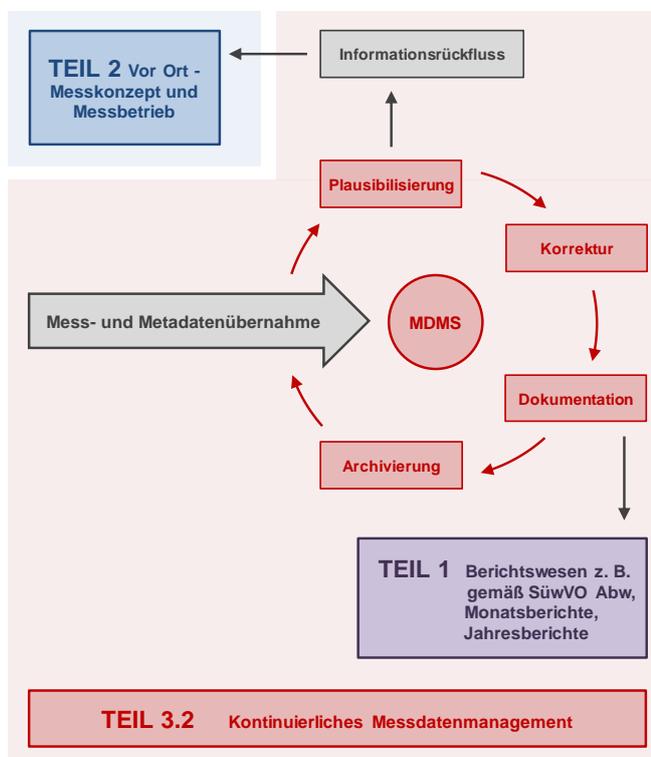


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung zum MDMS und zur Datenauswertung

2 Integration eines Messdatenmanagementsystems

Ein erfolgreiches, integrales Messdatenmanagement umfasst alle Arbeitsschritte der systematischen Datenverarbeitung, beginnend bei der Erhebung der Messdaten am Bauwerk über die Datenverarbeitung bis hin zur Datenarchivierung. Das folgende Kapitel gibt Hinweise zur Gestaltung und Einrichtung eines individuellen MDMS.

Bestandssysteme

Viele Netzbetreiber verfügen über ein Prozessleit- (PLS) und/oder ein Betriebsführungssystem (BFS). Diese erlauben aber im Regelfall keine transparente und zuverlässige Datenauswertung, da sie nicht über die hierfür geeigneten Werkzeuge bzw. Funktionen verfügen (Merkblatt DWA-M 151, 2014).

Die genannten Systeme grenzen sich durch ihre Anwendungsbereiche und Funktionalitäten deutlich voneinander ab, wie Tabelle 1 zeigt:

Tabelle 1: Differenzierung der verschiedenen Systeme

Zentrales Betriebsführungssystem – BFS Technische Betriebsabläufe vorbereiten, planen und dokumentieren Organisation des laufenden Betriebs/der Instandhaltung
Speicherprogrammierbare Steuerung – SPS Steuerung oder Regelung der lokalen Anlage
Zentrales Prozessleitsystem – PLS Betriebsrelevante Prozesse in Echtzeit visualisieren und überwachen Betriebszustände anpassen und steuern
Zentrales Messdatenmanagementsystem – MDMS Plausibilisierung, Korrektur, Auswertung, Dokumentation, Archivierung, um aussagekräftige und belastbare Daten zu generieren (Merkblatt DWA-M 151, 2014)

Es besteht daher die Notwendigkeit, ein durchgängiges MDMS zu entwickeln, welches sich der bereits vorhandenen Informationen der separaten Systeme bedient. Informationen sollten immer nur im oberen System gepflegt werden. Wie Abbildung 3 zeigt, können mit Hilfe des BFS beispielsweise die Metadaten der Bauwerke bereitgestellt werden, während die Messdatenreihen aus dem PLS an das MDMS übergeben werden. Hier findet die Plausibilisierung, Korrektur und Auswertung der Daten statt.

Grundsätzliches Ziel sollte es sein, Messdaten dem MDMS direkt ohne Vorverarbeitung, z. B. im PLS, zu übergeben, da in den meisten PLS eine oft nicht dokumentierte Vorverarbeitung erfolgt, durch die Informationen verloren gehen. Durch die Umgehung des PLS erhöht sich somit die Qualität des gesamten Prozesses.

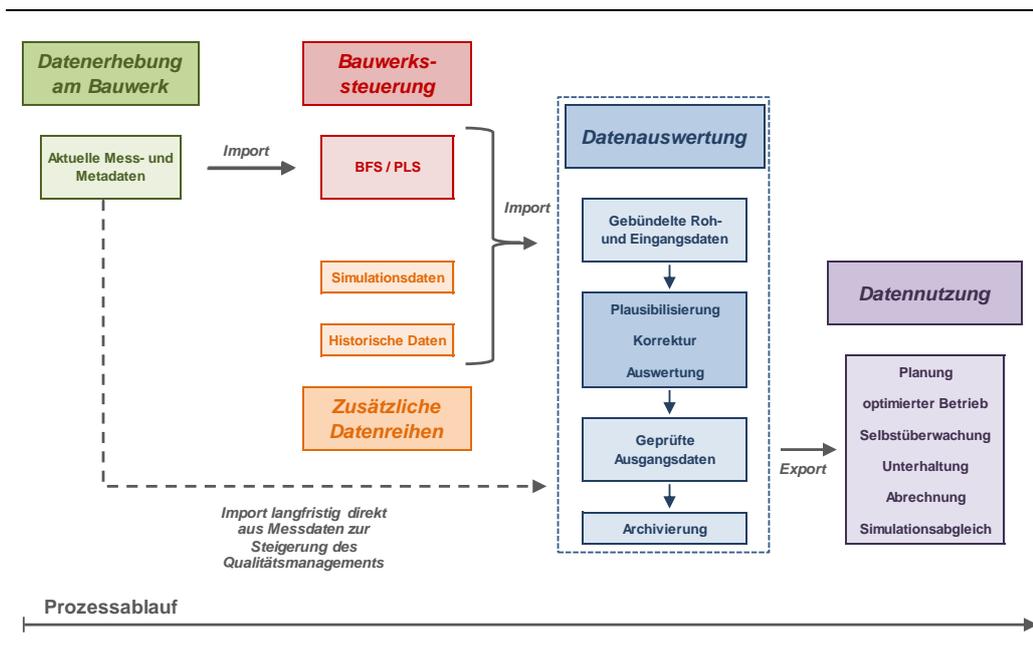


Abbildung 3: Integrales Messdatenmanagement

Datenaustausch

Ein Datenaustausch zwischen den Systemen ist weitestgehend zu automatisieren und sollte keinen manuellen Eingriff benötigen. Zentraler Austausch von Massendaten erfordert ein eindeutig definiertes Anlagenkennzeichnungs-konzept, um eine eindeutige Zuordnung der übertragenen Datenreihen zu gewährleisten (siehe Handlungsempfehlung Teil 2, Kap. 5). Zum Austausch mit dem Land NRW sollte ein Bezug zur ELKA-Nummer herzustellen sein.

Als Empfehlung sollten die generierten, unbearbeiteten Messdaten nicht seltener als einmal in der Woche in das MDMS übertragen und für eine Plausibilisierung und Korrektur bereitgestellt werden.

Datenauswertung

Die Datenauswertung muss nicht zwangsläufig durch ein spezielles MDMS-Produkt umgesetzt werden, sondern kann im Hinblick auf die Aufgaben eines Betriebes individuell erfolgen. Wie schon in Kap. 1 erwähnt, stehen für die Datenverarbeitung unter anderem die folgenden Möglichkeiten zur Verfügung:

- Spezialisierte Softwarelösungen (Desktop-/Datenbankgestützt)
- Spezialisierte web-gestützte Softwarelösungen
- Beratungsmodelle durch ingenieurmäßige Vergabe an externe Berater
- Tabellenkalkulationsprogramme, ergänzt um hausinterne Auswerteverfahren

Art und Umfang der gewählten Möglichkeit richten sich dabei insbesondere nach der Anzahl der Regenbecken und der eingesetzten Messtechnik. Der gewählte Weg sollte die in den folgenden Kapiteln beschriebenen Anforderungen unterstützen und nachvollziehbar dokumentieren.

Bei einer hausinternen Datenauswertung auf Basis von Tabellenkalkulationsprogrammen ist zu berücksichtigen, dass die Verfahrenspflege allein durch hausinternes Personal geleistet werden muss.

Mindestfunktionalität

Unabhängig von der gewählten Softwareunterstützung müssen die folgenden Mindestfunktionalitäten des eingerichteten MDMS immer zur Verfügung stehen:

- Flexibler Datenimport und -export
- Datenplausibilisierung und Datenkorrektur
- Auswertung gemäß SÜwVO Abw
- Dokumentation
- Archivierung

Der Datenexport aus einem MDMS muss mit einer ausreichenden Flexibilität hinsichtlich Zeitreihenlänge und zeitlicher Auflösung möglich sein, um die Weiterverarbeitung durch Dritte zu ermöglichen. Eine zuverlässige Datenspeicherung muss, unabhängig von der verwendeten Software, durchgehend sichergestellt sein.

Weitere Anforderungen an ein MDMS sind im Merkblatt DWA-M 151 (2014) erläutert. Allgemein wird empfohlen, fachkundige Unterstützung für die Erarbeitung und Einrichtung eines Messdatenmanagementsystems einzuholen.

MDMS-Softwarelösungen

Eine MDMS-Software eignet sich, um wiederkehrende Tätigkeiten sinnvoll standardisiert und teilautomatisiert durchzuführen. Dadurch entsteht bei jedem Messnetz ein erheblicher Zeitgewinn. Weiterhin können diese Programme den Anwender bei der Datenprüfung effizient durch spezielle Funktionalitäten, Werkzeuge sowie Datenanalysen unterstützen, welche über übliche Standardanwendungen wie Office- und GIS-Programme weit hinausgehen. Besondere Stärken sind unter anderem:

- Visualisierung
 - Variable Skalierung der Grafik
 - Gegenüberstellen von Datenreihen
 - Schnelle Detailansichten
- Automatisierte Datenplausibilisierung auf Zeitreihenebene
- Standardisierte Datenauswertung
- Ableitung von Größen durch hinterlegte Formeln
- Automatisierte Erstellung von Monats- und Jahresberichten
- Bereitstellung von Auswertungsmodulen zur Definierung von Einstau- und Schwellenhöhe anhand der Zeitreihe

Aktuell finden sich verschiedene Anbieter, die spezielle MDMS anbieten. Diese bringen angepasste Vorlagen (SÜwVO Abw) für Auswertungen und Berichte verschiedener Bauwerkstypen mit. Neben der Verknüpfung des MDMS mit anderen vorhandenen Systemen ist eine Schulung des Personals zwingend erforderlich, um die erforderlichen Arbeitsabläufe im MDMS zu erklären und zu beschreiben. Neben der Schulung erfolgen meist eine weiterführende Kundenbetreuung und eine Unterstützung des Anbieters hinsichtlich der Messdatenauswertung, um eine mögliche Fehlbedienung im Vorfeld zu vermeiden.

Aspekte zur Systemwahlauswahl

Um qualitativ hochwertige Auswertungsergebnisse erzeugen zu können, wird für Kommunen und Städte, die eine Vielzahl an Bauwerken betreiben, die Verwendung einer speziellen (datenbankgestützten) Softwarelösung dringend empfohlen. Gerade im Rahmen des Qualitätsmanagements und der Weiterverarbeitung der Messdaten ist eine solche MDMS-Software sehr nützlich.

Kommen Tabellenkalkulationsprogramme zur Anwendung, müssen diese den vier im Rahmen der Handlungsempfehlung beschriebenen Anforderungen genügen. Diese stellen sich im Wesentlichen wie folgt dar:

- Flexible Visualisierung
- Berechnungen müssen sinnvoll dokumentiert sein
- Jahres- und Monatsberichte müssen erzeugbar sein
- Funktionalität von Import/Export

3 Messdatenmanagement

3.1 Bereitstellen von Mess- und Metadaten

Generell gilt, dass möglichst unbearbeitete Eingangsdaten an das MDMS übergeben werden sollten, da jegliche Vorverarbeitung zu Informationsverlust führt und die Auswertung im MDMS erschwert. In Bauwerken werden neben Überwachungsgrößen (Wasserstand, Durchfluss, Weiterleitungsmenge...) auch Steuergrößen (Schieberstellungen, Stromaufnahmen, Sollwerte aus Netzsteuerung...) aufgezeichnet und können bei Bedarf für die Plausibilisierung der Überwachungsgrößen im MDMS zur Verfügung gestellt werden.

Grundsätzlich sind bei den Messdaten Eingangsdatenreihen und Produktionsdatenreihen zu unterscheiden. Produktionsdaten sind aus Eingangsdaten entstandene und gegebenenfalls durch Plausibilisierer oder Korrekturen veränderte Daten (Merkblatt DWA-M 151, 2014).

3.1.1 Messdaten

Als Eingangsdaten werden direkte Messgrößen wie der Wasserstand bezeichnet, die nach der Umwandlung des Milliampere-Signals im Messumformer zur Verfügung gestellt werden. Sie stellen die niedrigste verfügbare Bearbeitungsebene dar und werden entweder in lokalen Datenloggern abgegriffen oder laufen via Datenfernübertragung automatisch in der Zentrale auf. Als „original“ gekennzeichnete Eingangsdaten sollten vom MDMS mit Schreibschutz gegen Veränderung und separat abgelegt werden, um jederzeit auf die ursprünglichen Eingangsdaten zurückgreifen zu können. Andernfalls sind diese nach der Plausibilisierung oder manuellen Korrektur dauerhaft verloren.

Aufgrund von Messgerätedefekten oder einer fehlerhaften Datenfernübertragung kann es vereinzelt zu einem Messausfall und somit zu Datenlücken im Eingangsdatensatz kommen. Im Fall einer Lücke verändert sich bei äquidistanten Messdaten die Differenz zwischen zwei Messwerten.

3.1.2 Metadaten

Metadaten beschreiben Randbedingungen der Messstelle, die zur Interpretation der Messdaten benötigt werden. Im Idealfall werden alle Randbedingungen, wie unter anderem die Position der Messung im Bauwerk sowie die relative Höhe einer Schwelle, vor Ort aufgenommen und sorgfältig beispielsweise im Betriebsführungssystem dokumentiert. Eine „blinde“ Übernahme von Angaben aus Planungsunterlagen wird nicht empfohlen, da diese oftmals nur bedingt mit den Verhältnissen vor Ort übereinstimmen. Bezüge zu den einzelnen Messeinrichtungen sind in Plänen meist gar nicht angegeben.

Um die im MDMS auflaufenden Messreihen in Bezug auf das jeweilige Bauwerk auswerten zu können, müssen einige notwendige Metadaten in das MDMS importiert werden. Hierbei lassen sich die Metadatensätze in zwei Gruppen unterscheiden:

Unveränderliche Metadaten

Unveränderliche Metadaten teilen sich am Bauwerk auf sensor- und anlagenspezifische Daten auf. Dazu gehören u. a. die geografische Lage, der Bauwerkstyp sowie der Zeitreihenname, der auch Verfahrensgröße, Prozessvariable, Geber oder AKS-Nummer genannt wird. Diese Angaben werden für eine eindeutige, zuverlässige Zuordnung der auflaufenden Messreihen zum Bauwerk benötigt. Für die Datenprüfung sowie die Auswertung sind sie jedoch i. d. R. bedeutungslos.

Veränderliche Metadaten

Entwässerungstechnische Anlagen unterliegen im Laufe der Zeit baulichen Optimierungen, wie beispielsweise einem Umbau des Überlaufs oder der räumlichen Versetzung einer Sonde, sodass die hinterlegten Metadaten veränderliche Größen darstellen. Hier ist es besonders wichtig, die vorgenommenen baulichen Veränderungen zu dokumentieren und anschließend sowohl im Betriebsführungssystem als auch im MDMS manuell einzupflegen, um dauerhaft eine korrekte Berechnung von abgeleiteten Größen zu ermöglichen.

Tabelle 2 zeigt exemplarisch ein Formular für wichtige Metadaten. Die im Rahmen der Plausibilisierung und Korrektur verwendeten Metadaten sind rot markiert.

Tabelle 2: Beispiel einer Schablone zur Aufnahme wichtiger Metadaten

Metadaten Bauwerk			
Bauwerksname			
Bauwerkskennung/-ID (intern)			
Bauwerkstyp			
Anordnung und Beschickung			
Beckenform			
Entwässerungssystem			
Bauwerksvolumen [m ³]			
Dauerstaubetrieb			
ELKA-Nummer ¹			
ELKA-Bezeichnung ¹			
Gewässer und -kennzahl ¹			
Baujahr/Inbetriebnahme			
Zugeordnete Niederschlagsstation			
Kläranlage			
Lage	UTM Nordwert		
	UTM Ostwert		
Drosselorgan	Art der Drossel		
	Bemessungsdruckhöhe [m]		
	Drosselabfluss [l/s]		
Mindestwasserstand (Einstaubeinbruch) [m]			
Metadaten Entlastung	Klärüberlauf	Beckenüberlauf	
Art der Schwelle			
Einmessung/ Parameter	Schwellenlänge [m]		
	Schwellenform		
	Schwellenhöhe [m ü.NHN] ²		
	rel. Schwellenhöhe [m] ³		
	Überfallbeiwert [-]		
Art der Tauchwand			
Metadaten Messtechnik ⁴	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
Sensortyp /-art			
Überwachungsgröße			
Messeinheit			
ZR-Name			
Austauschnummer (intern) ⁵			
Messspanne			
Nullpunkt/Bezugspunkt			
Sondenposition			

¹ Daten aus ELKA

² Absolute Höhe der Schwellen in Meter ü. NHN

³ Relative Höhe der Schwellen in Meter in Bezug zur Messeinheit

⁴ Anzahl der Sensoren individuell je Bauwerk

⁵ Verknüpfung zum Datenauswertungstool

3.2 Plausibilitätsprüfung und Korrektur

Die in den Bauwerken gewonnenen Rohdaten sind aufgrund verschiedener Einflussgrößen und durch die komplexen hydraulischen Randbedingungen meist nicht unmittelbar nutzbar. Sie müssen zeitnah plausibilisiert, gegebenenfalls korrigiert und anschließend ausgewertet werden.

Um grobe Fehler und Ausfälle zeitnah identifizieren und beheben zu können, sind eine arbeitstägliche Sichtung der Daten über das PLS und eine wöchentliche Übergabe in das MDMS empfehlenswert. Im Hinblick auf die Selbstüberwachungsverordnung Abwasser sollten die Plausibilisierung und die Korrektur der Datensätze automatisiert und softwareunterstützt durchgeführt werden.

Die Plausibilitätsprüfung und die Korrektur der Messwerte lassen sich auf drei Hauptebenen aufteilen:

- Zeitreihenebene
- Anlagenebene
- Systemebene

Nach der Anlagen- und Systemebene besteht jeweils die Möglichkeit der ingenieurmäßigen Korrektur, woraus sich zwei Unterebenen ergeben. Je nach bestandener oder nicht bestandener Ebene werden die Messwerte in unterschiedliche Qualitätsstufen einsortiert. Abbildung 4 stellt anhand eines Fließschemas die notwendigen Schritte im Rahmen der Plausibilitätsprüfung und Korrektur dar.

Im Rahmen der folgenden Unterkapitel werden die einzelnen Bereiche des Flussdiagramms im Detail erläutert. Neben der Prüf- und Korrektorebene spielen die Qualitätsstufen und Auswertungsgrößen ebenfalls eine zentrale Rolle bei der Entstehung der Berichte nach SÜwVO Abw.

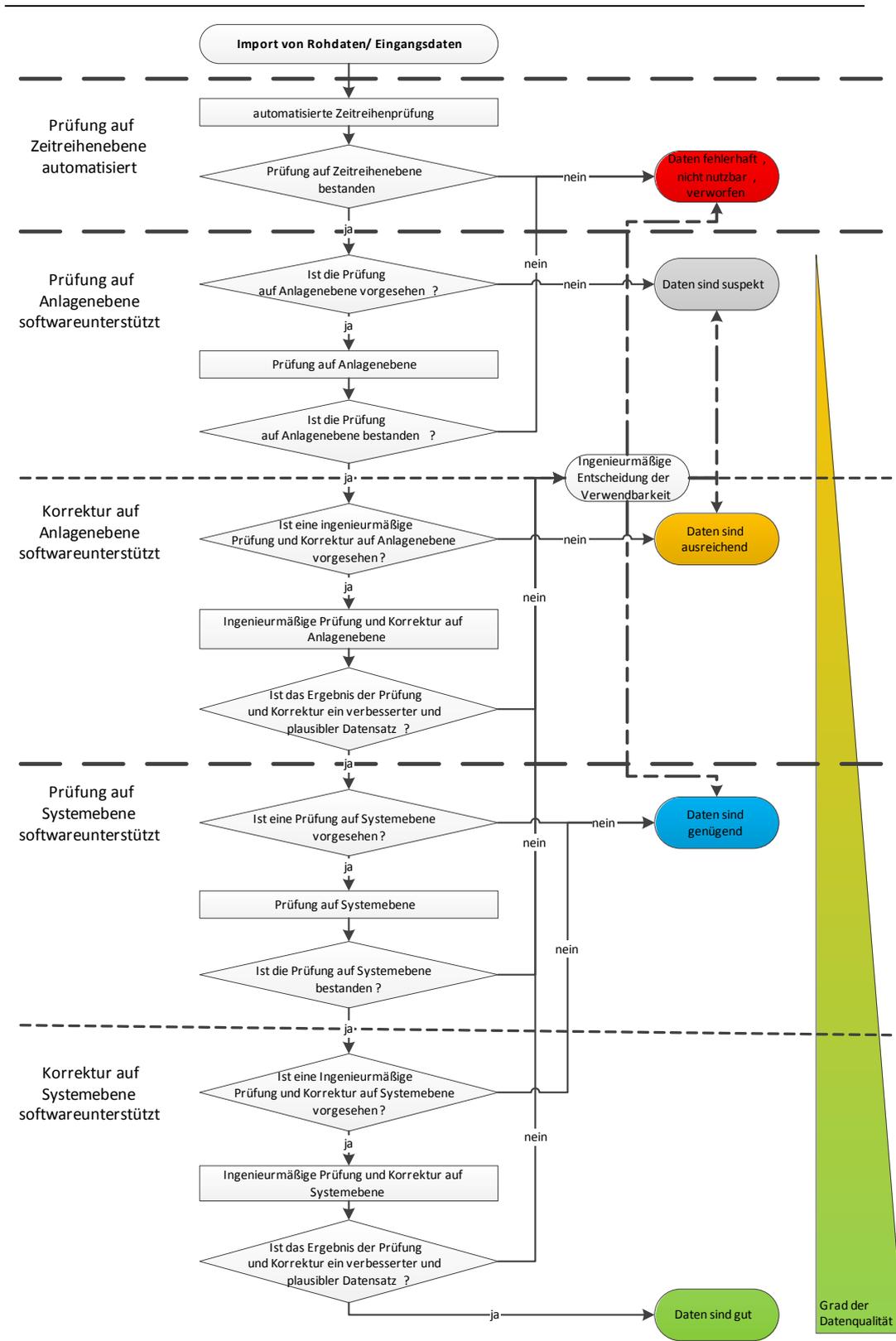


Abbildung 4: Ablaufschema der Plausibilitätsprüfung und Korrektur

3.2.1 Qualitätseinstufung und notwendige Qualität für die Auswertungsgrößen

Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung und Korrektur empfiehlt es sich, die Messwerte je nach vollzogener Prüfung in ein Qualitätsmanagementsystem einzustufen (Abbildung 4). Als System empfiehlt es sich, eine 5-stufige Datenqualitätsgliederung vorzunehmen, die sich auf die einzelnen Prüf- und Korrektorebenen aufteilt. Abbildung 5 verdeutlicht, welche Qualitätsstufe der einzelne Messwert ab dem Bestehen welcher Prüf- und Korrektorebene erreicht.

Nach dem Durchlaufen des Plausibilisierungs- und Korrekturprozesses ist jedem Messwert eine Datenqualität zugeordnet. Die Datenqualitätsstufen „fehlerhaft“ bis „gut“ bauen jeweils aufeinander auf.

Um aussagekräftige Berichte gemäß SÜwVO Abw erzeugen zu können, sollten nur Daten verwendet werden, die mindestens die Qualitätsstufe „genügend“ erreichen (Abbildung 5). Daten mit einer geringeren Datenqualität führen zu fehlerhaften Berichten und sind bei der Erstellung nicht zu berücksichtigen.

Allein zur Bestimmung der Kenngröße „Ausfalltage“ werden alle Werte mit der minimalen Qualität „ausreichend“ einbezogen. Eine händische Prüfung, die Daten gegebenenfalls korrigiert, verfälscht die Aussage der Ausfalltage (siehe Handlungsempfehlung Teil 1, Kap. 5.2.1).

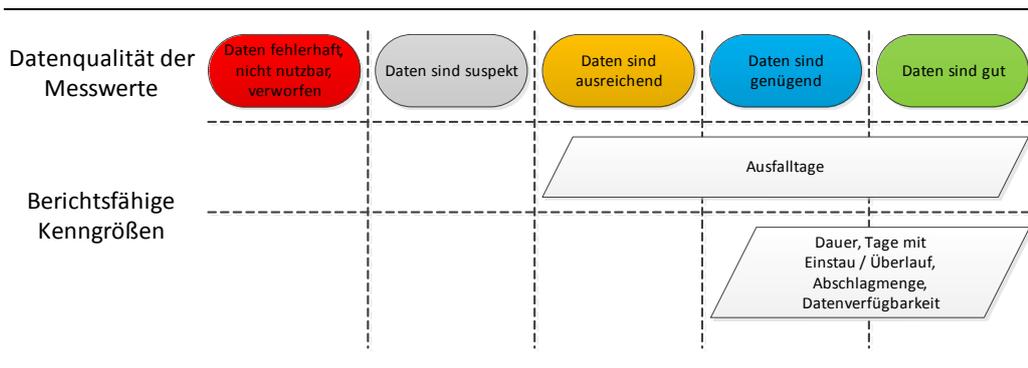


Abbildung 5: Notwendige Qualität für die Auswertungsgrößen

Die wie oben beschriebene Definition eines Systems zur Qualifizierung der Datenqualität erlaubt eine sachgerechte Auswertung und ein Berichtswesen mit vergleichbaren Größen.

3.2.2 Durchzuführende Prüfungen und Korrekturen auf den einzelnen Ebenen

Für die Prüfung und Korrektur der Daten empfiehlt es sich, diese nach der in Abbildung 4 dargestellten Form aufgeteilt in drei Ebenen durchzuführen. Im Rahmen der drei Ebenen sollten die folgenden Prüfungen und Korrekturen durchgeführt werden:

Zeitreihenebene – automatisiert

- Prüfung der Messwerte auf Konsistenz
- Prüfung der Messwerte auf Minima und Maxima
- Prüfung der Messwerte auf die minimale/maximale Änderungsrate zwischen zwei Zeitschritten

Anlagenebene – softwareunterstützt

- Weitergehende Prüfungen der Messwerte (Min/Max + Änderungsrate) mit Anlagenkenntnis
- Prüfung der Messwerte unter Einbeziehung voneinander abhängiger Zeitreihen
- Prüfung von Becken und Klärüberläufen anhand von im Sonderbauwerk gemessenen Wasserständen und übergebenen Metadaten
- Ingenieurmäßige Korrektur der Messwerte auf Grundlage ermittelter Informationen auf Anlagenebene

Systemebene – softwareunterstützt

- Prüfung der Messwerte unter Einbeziehung der dem Bauwerk zugehörigen Regenschreiber
- Prüfung der Messwerte unter Einbeziehung von hintereinander geschalteten Sonderbauwerken und deren Verhalten (Fließschema)
- Ingenieurmäßige Korrektur der Messwerte auf Grundlage ermittelter Informationen auf Systemebene

Die aufgezeigten Prüfungen und Korrekturen stellen das Mindestmaß an Überprüfungen dar. Die genaue Umsetzung der verschiedenen Prüfungen wird in Kapitel 3.2.3 bis 3.2.5 beschrieben.

3.2.3 Prüfungen auf Zeitreihenebene

Im Folgenden werden die notwendigen Plausibilitätsprüfungen auf Zeitreihenebene im Detail beschrieben. Die Plausibilisierer können unabhängig von der Messgröße (Wasserstand, Durchfluss...) verwendet werden.

Die Plausibilisierung auf Zeitreihenebene benötigt als einzige Grundlage und Voraussetzung die Eingangsdaten selbst. Plausibilisiert wird weitgehend auf Basis statistischer Werte wie beispielsweise individuell definierter Minimal- und Maximalwerte, die sich im Idealfall auf Basis der Messdaten ergeben. Alle fehlerhaften Daten, die beispielsweise unterhalb der Minimal- und oberhalb der Maximalwerte liegen, erhalten die Qualität „fehlerhaft“. Messwerte, die alle Prüfungen auf Zeitreihenebene bestehen, werden in ihrer Qualität auf „suspekt“ angehoben (Abbildung 4). Vor der Prüfung besitzen die Messwerte keine Qualität. In den drei folgenden Abschnitten wird beschrieben, wie MDMS auf statistischer Basis Unplausibilitäten in Zeitreihen ohne manuelle Bearbeitung erkennen und diese filtern.

3.2.3.1 Prüfung auf Konsistenz

Das Thema Äquidistanz (gleiche zeitliche Abstände zwischen Messwerten) wird im Rahmen der Prüfung auf Konsistenz betrachtet. Im Rahmen der Prüfung auf Konsistenz wird festgelegt, bis zu welcher Grenze Fehlwerte im Zeitstempel tolerierbar sind. Abbildung 6 stellt die Eingangsdaten und das Ergebnis einer Konsistenzprüfung dar. Im Folgenden wird die dazu nötige Vorgehensweise erläutert.

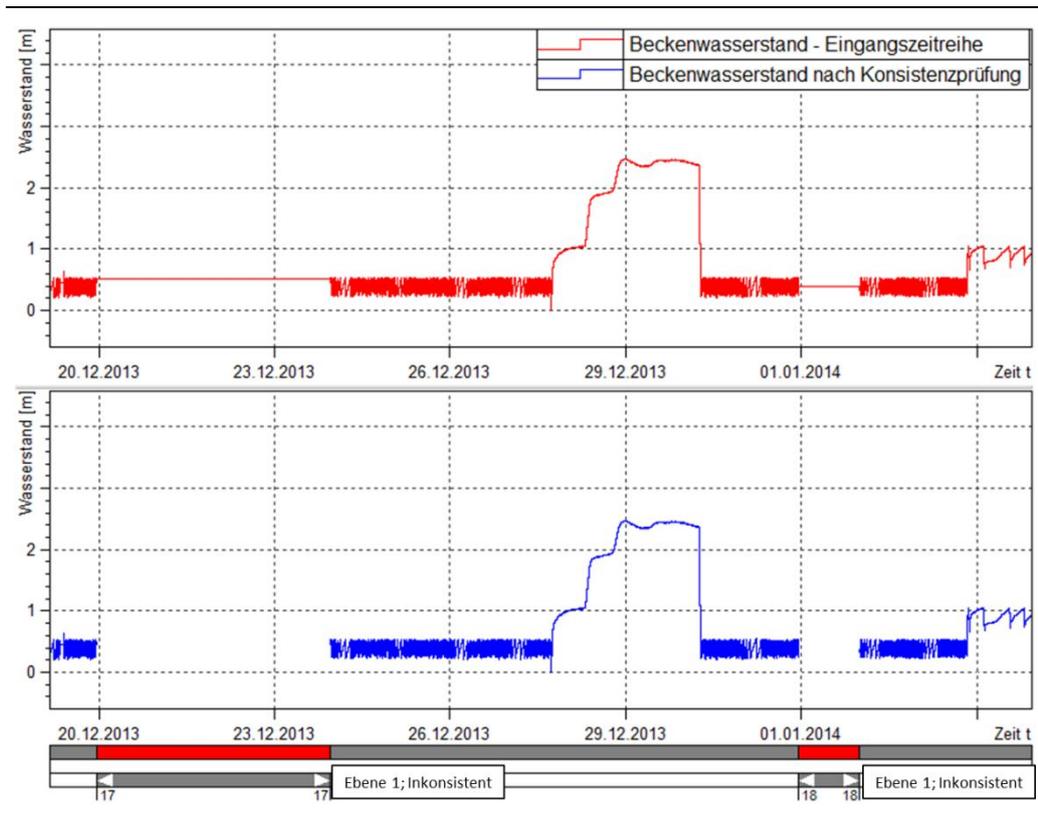


Abbildung 6: Identifizierung von Fehlwerten mithilfe der Konsistenzprüfung

Bei der Konsistenzprüfung wird unter Zuhilfenahme des Zeitstempels ermittelt, ob der Sensor kontinuierlich gemessen und die aufgezeichneten Daten weitergegeben hat. Überschreitet die zeitliche Differenz der aufeinanderfolgenden Zeitstempel die voreingestellte maximale zeitliche Differenz der Messwerte, liegt keine Konsistenz mehr zwischen den Messwerten vor. Dies kann infolge von Sensorstörungen oder durch Probleme bei der Datenübermittlung auftreten. Für die Auswertung und Datenbetrachtung wird dringend empfohlen, die Messwerte mit einem äquidistanten Zeitstempel aufzuzeichnen, um die Weiterverarbeitung zu erleichtern.

Für die weiteren Prüfschritte sind inkonsistente Daten zu filtern. Inkonsistente Daten erhalten die Qualität „fehlerhaft“, wohingegen alle anderen Werte auf die Stufe „suspekt“ angehoben werden.

Das Beispiel (Abbildung 6) zeigt einen kleinen Ausschnitt einer Wasserstandganglinie. Die obere Zeitreihe zeigt die Eingangszeitreihe, die untere Zeitreihe stellt dar, welche Werte im Rahmen der automatischen Konsistenzprüfung gefiltert werden. Ende Dezember und Anfang Januar fehlen in der oberen Zeitreihe, die eine Schrittweite von 3 min aufweist, Daten. Anstatt diese zwischen den vorliegenden Messwerten zu interpolieren, werden sie im Rahmen der Konsistenzprüfung gefiltert. Der erste Balken unter der Zeitreihe stellt die Qualität der Daten dar. Rot steht für „fehlerhaft“ und Grau für „suspekt“ (Abbildung 4). Die Kommentarzeile darunter gibt an, durch welche Prüfung die jeweilige Filterung zustande kam.

3.2.3.2 Prüfung der minimalen und maximalen Werte

Aus allen Werten, die die Konsistenzprüfung überstanden haben, lassen sich mit Hilfe statistischer Ermittlungen die maximalen Grenzwerte für die Zeitreihe bestimmen. Diese Bestimmung ist vor allem bei Wasserständen sinnvoll.

Für die Ermittlung der Grenzwerte wird die Häufigkeitsverteilung der gesamten Zeitreihe ausgewertet. Notwendig ist dafür mindestens der Zeitraum eines Jahres. Bei der Häufigkeitsverteilung wird statistisch geprüft, ob über einen längeren Messbereich (Δh) keine Messwerte vorhanden sind. Dann ist davon auszugehen, dass der maximale Grenzwert (Δh_{\max}) bereits erreicht beziehungsweise überschritten wurde. Alle Wasserstände oberhalb des Grenzwertes sind unplausibel und werden von der Qualität von „suspekt“ auf „fehlerhaft“ zurückgestuft.

Abbildung 7 verdeutlicht anhand eines Beckenwasserstands Ausschnittes und der Häufigkeitsverteilung der gesamten Zeitreihe das Vorgehen. Die linke Grafik stellt dabei einen Ausschnitt des Beckenwasserstandes mit unplausiblen Spitzen dar. Auf der rechten Grafik ist die Häufigkeitsverteilung der gesamten Zeitreihe aufgetragen. Der Höhenunterschied (Δh) ohne Messwerte zum maximalen Messwert wird sichtbar überschritten.

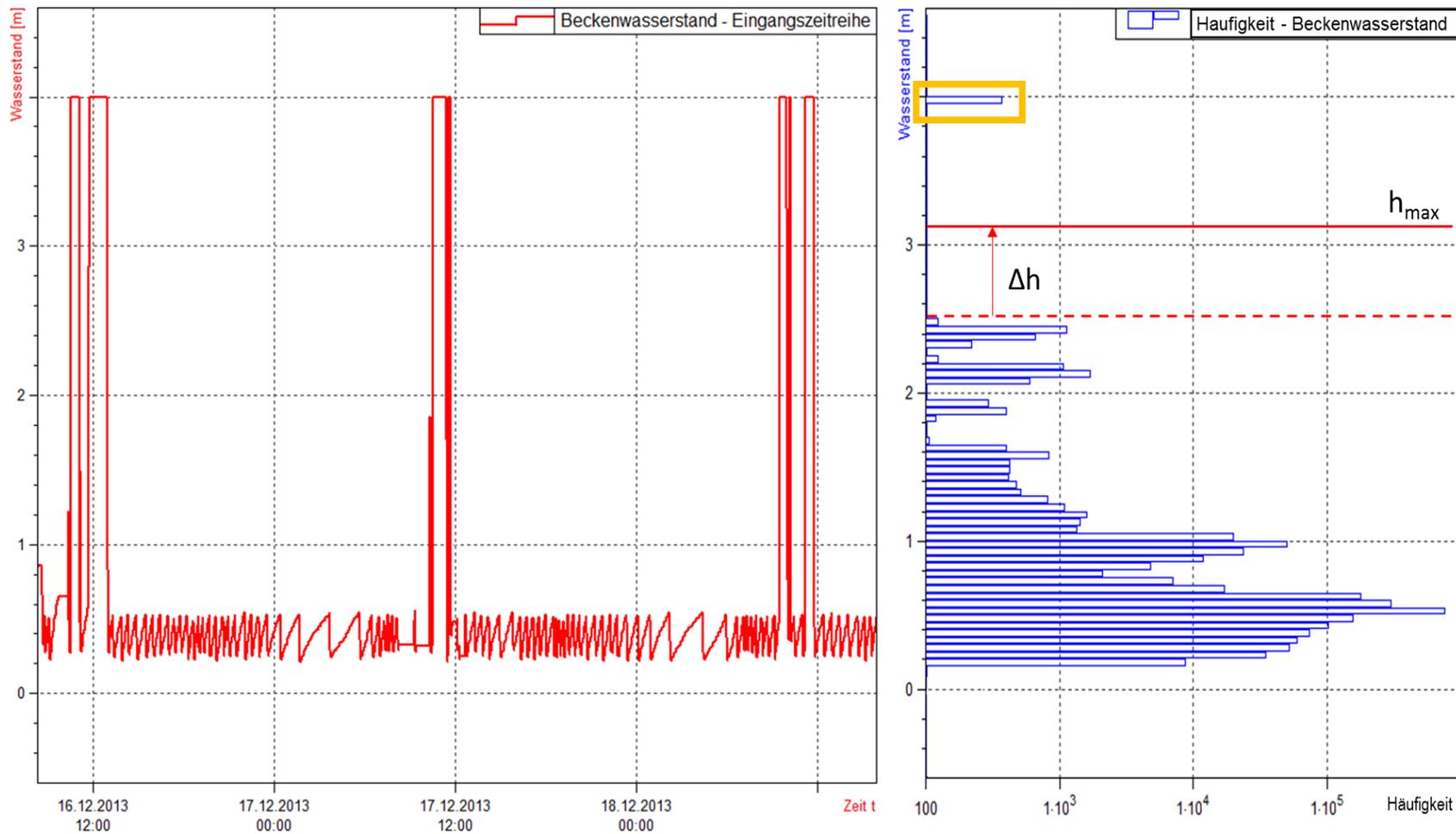


Abbildung 7: Grafik links: Ausschnitt der Eingangszeitreihe des Beckenwasserstandes (Pumpwerk)
 Grafik rechts: Häufigkeitsverteilung des Beckenwasserstandes bezogen auf die gesamte Zeitreihe (mit logarithmischer y-Achse)

Durch die Plausibilisierung auf minimale und maximale Werte werden grobe Fehler gefiltert. Der Wert Δh ist vom Betreiber einmalig für alle Regenbecken vorzugeben. Je größer der Zeitschritt der eingehenden Messwerte, desto größer sollte auch Δh gewählt werden. Ebenso sollte Δh bei kleineren Beckenvolumina größer gewählt werden, da eher Sprünge möglich sind. Abbildung 8 zeigt das Ergebnis der Messdaten nach der Plausibilisierung.

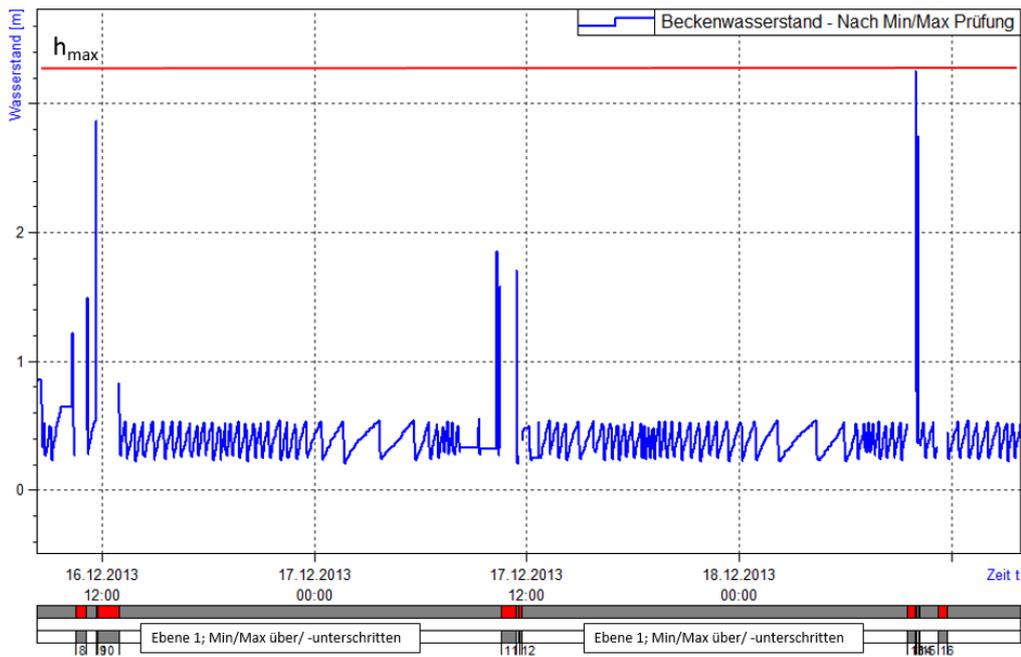


Abbildung 8: Ausschnitt des Beckenwasserstandes nach Min/Max-Prüfung

Im dargestellten Beispiel wurden die Spitzen bei 4 m als unplausibel ermittelt und als fehlerhafte Werte bestimmt. Alle weiteren Daten behalten die Qualität „suspekt“ und stehen für die folgende Prüfung der Änderungsrate zur Verfügung.

Die noch in der Zeitreihe verbleibenden Sprünge können im Rahmen der automatischen Plausibilisierung (Ebene 1) nicht gefiltert werden. Dazu notwendig ist die Plausibilisierung auf Ebene 2.

3.2.3.3 Prüfung der Änderungsrate

Die Prüfung der Änderungsrate innerhalb eines Zeitintervalls dient dazu, unplausible Zeitreihensprünge (Gradient zu steil) sowie Bereiche, in denen die Messgeräte durch einen elektronischen oder mechanischen Defekt dauerhaft das gleiche Messsignal weitergeben (z. B. bei Eintritt in die Blockdistanz eines Sensors), zu erkennen. Abbildung 9 und Abbildung 10 stellen ein Beispiel für die Prüfung der Änderungsrate dar.

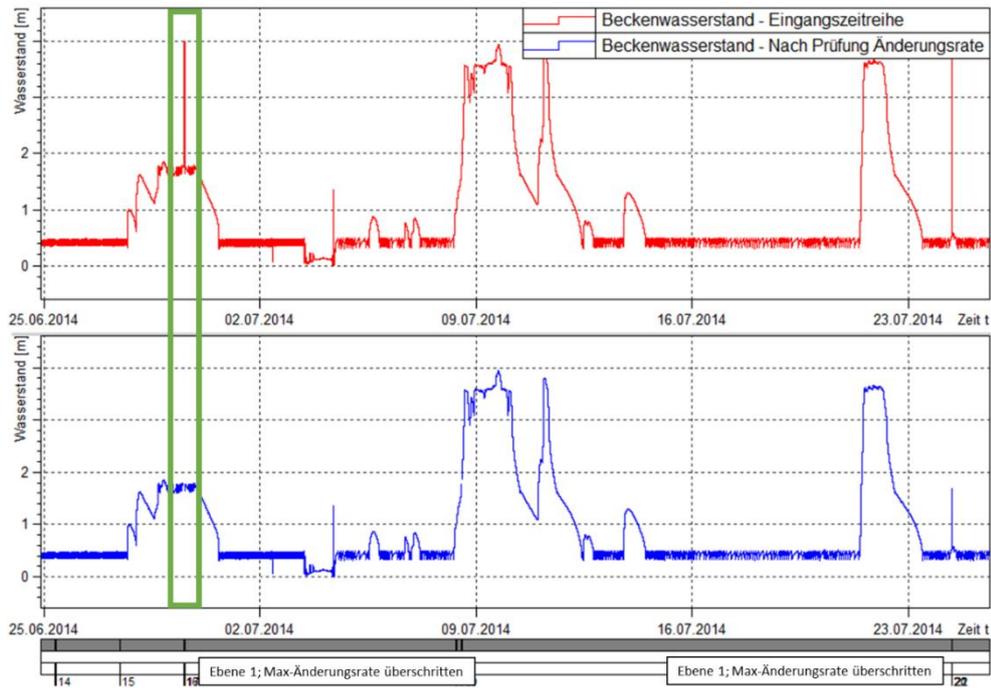


Abbildung 9: Eingangszeitreihe und plausibilisierte Zeitreihe des Beckenwasserstandes nach Prüfung der Änderungsrate

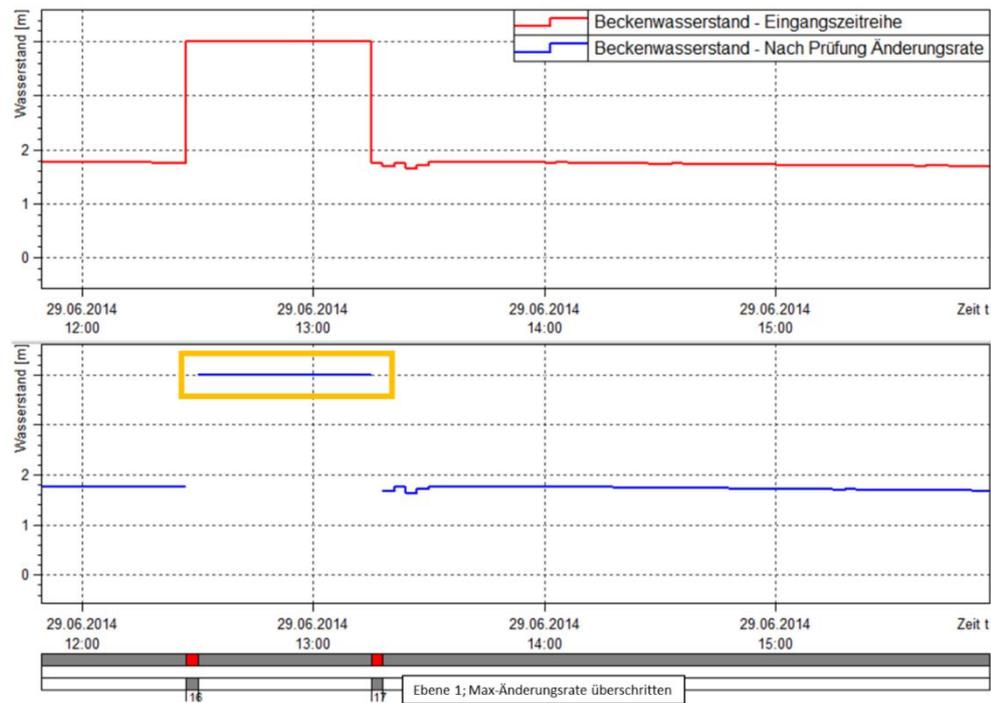


Abbildung 10: Detailansicht am Beispiel eines sprunghaften Anstieges des Messwertes (Ausschnitt aus Abbildung 9)

In Abbildung 9 wird erkennbar, dass nach der Prüfung hinsichtlich der Änderungsrate der unplausible, sprunghafte Anstieg und Abfall am 29.06.2014 verschwinden. Kleine Becken, die sich deutlich schneller füllen, sollten in Ebene 1 nicht auf die Änderungsrate geprüft werden (z. B. RKB).

Als minimale Änderungsrate empfiehlt sich eine sehr kleine Zahl nahe 0, um allein zu prüfen, ob der Sensor kontinuierlich neue Daten liefert und nicht aufgrund eines Defektes auf einem Wert „eingefroren“ ist.

In der Abbildung 10 wird deutlich, dass trotz des Durchlaufens für das Beispiel der Min/Max-Prüfung auf Zeitreihenebene weiterhin unplausible Wasserstände in der Zeitreihe verbleiben. Es wird sichtbar, dass für die plausible Auswertung gemäß SÜWVO Abw die Prüfungsebene 2 ebenso erforderlich ist, um Daten mit einer „genügenden“ Qualität zu erhalten.

Im Anhang werden die Kriterien, die den hier vorgestellten Prüfungen auf Zeitreihenebene zu Grunde liegen, gemäß Merkblatt DWA-M 181 (2011) exemplarisch aufgelistet.

3.2.4 Prüfungen und Korrektur auf Anlagenebene

Die Plausibilisierung auf Anlagenebene setzt eine vorhergehende Plausibilisierung auf Zeitreihenebene voraus.

Die Prüfung auf Anlagenebene benötigt ferner Kenntnisse bezüglich des Bauwerks wie beispielsweise die Schwellenhöhen oder die Ein- oder Ausschaltpunkte der Pumpen (Metadaten). Hinweise zur Erhebung und Dokumentation werden in Teil 1 und Teil 2 der Handlungsempfehlung ausführlich gegeben.

Empfohlen wird, die Plausibilisierung auf Anlagenebene zu Beginn der Datenauswertung mit Bedacht durchzuführen bzw. die Ergebnisse der Prüfungen qualifiziert zu bewerten. Dabei sollte sich ein Mitarbeiter des Betriebs mit den einzelnen Zeitreihen detailliert auseinandersetzen. In Folge einer ersten, eingehenden Prüfung können umgehend grobe Fehler identifiziert und anschließend vor Ort an der Messung oder am Bauwerk selbst behoben werden. Dies vereinfacht wiederum die Plausibilisierung der Daten in den darauffolgenden Jahren.

Messwerte, die die anlagenbezogene Plausibilisierung bestehen, werden von ihrer Qualität auf „ausreichend“ angehoben. Messwerte, die auf Ebene 2 ebenfalls die anlagenbezogene Korrektur durchlaufen und als Ergebnis einen verbesserten und plausiblen Wert erhalten, werden von ihrer Qualität als „genügend“ eingestuft (Abbildung 4).

3.2.4.1 Weitergehende Prüfungen der Messwerte

Im Rahmen der Detailprüfungen werden die Messwerte nach der automatisch durchgeführten Plausibilisierung auf Zeitreihenebene mittels manuell definierter Grenzwerte auf Anlagenebene (Min/Max + Änderungsrate) softwareunterstützt plausibilisiert. Abbildung 11 und Abbildung 12 stellen ein Beispiel einer weitergehenden Prüfung dar.

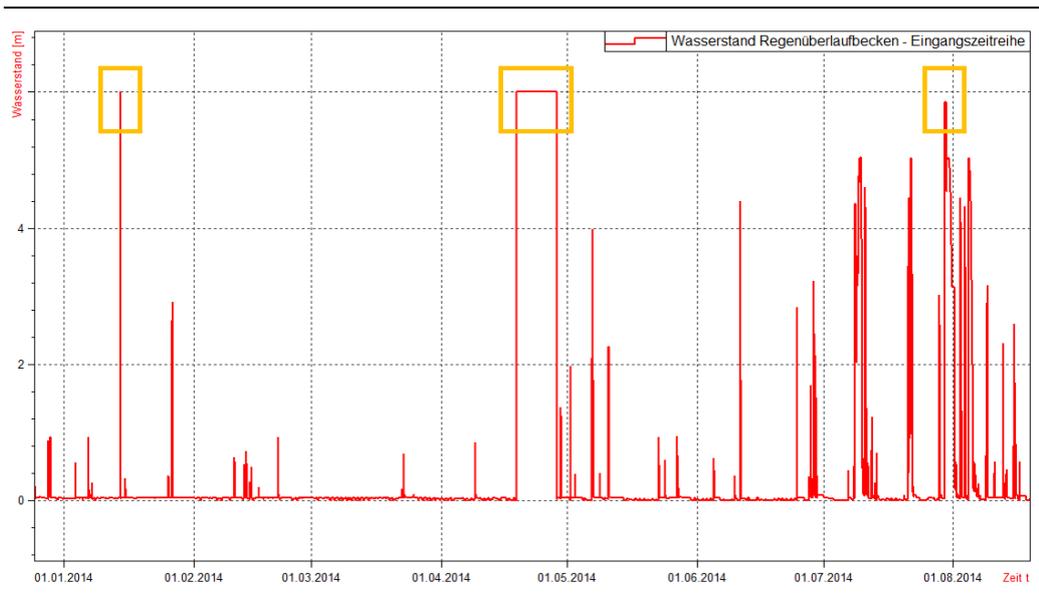


Abbildung 11: Wasserstand eines Regenüberlaufbeckens – Eingangszeitreihe

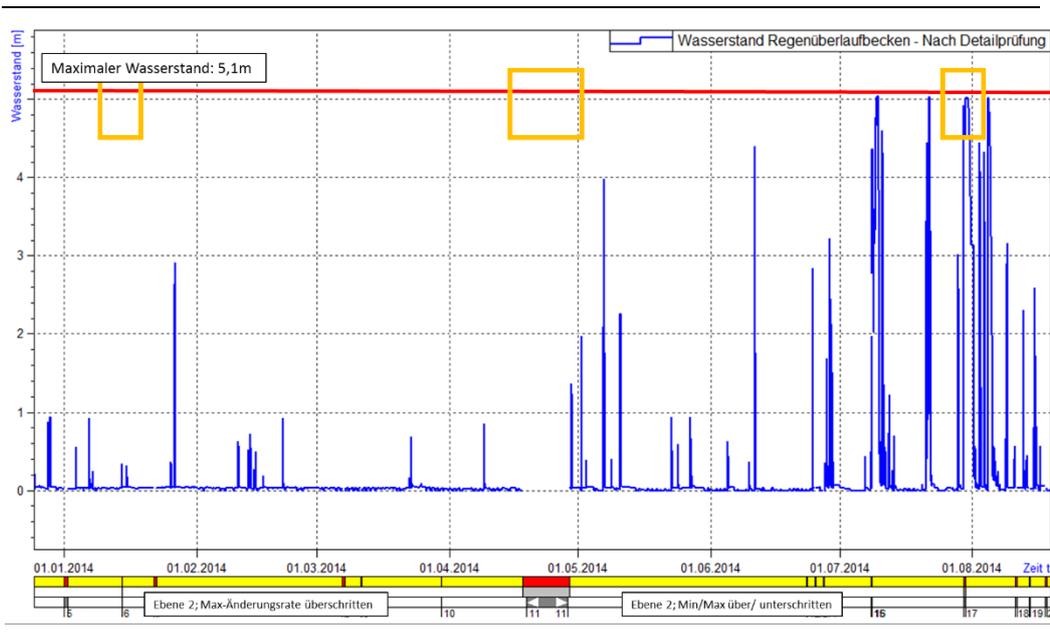


Abbildung 12: Wasserstand eines Regenüberlaufbeckens – Nach weitergehender Prüfung

In Abbildung 11 werden die gelb markierten Bereiche im Rahmen der Prüfebene 1 nicht automatisch und als unplausibel erkannt, da sie über die Häufigkeitsverteilung nicht detektiert werden. Nach Begehung des Sonderbauwerks und Prüfung der Messsonde kann im Regenüberlaufbecken allerdings nur ein maximaler Wasserstand von 5,1 m gemessen werden. Anhand der Beckengröße, dem Messwertezeitschritt von 3 min und der maximalen Zulaufmenge kann die Änderungsrate maximal 1,5 m Meter pro Zeitschritt (3 min) betragen. Anhand dieser zusätzlichen Informationen werden die Messwerte softwareunterstützt geprüft. Im Beispiel (Abbildung 11) werden alle drei gelb markierten Bereiche somit als unplausibel gefiltert (Abbildung 12).

Die gefilterten Ausreißer erhöhen die Qualität der verbleibenden Messdaten und lassen auf Basis der nun vorliegenden Qualität „ausreichend“ die Analyse der Ausfalltage für den SüwVO Abw-Bericht zu (siehe Abbildung 5).

3.2.4.2 Korrelationsprüfung durch Gegenüberstellung voneinander abhängiger Zeitreihen

Neben den zu konfigurierenden weitergehenden Prüfungen können im Rahmen der Anlagenprüfung zwei voneinander abhängige Zeitreihen im Rahmen einer Korrelati-

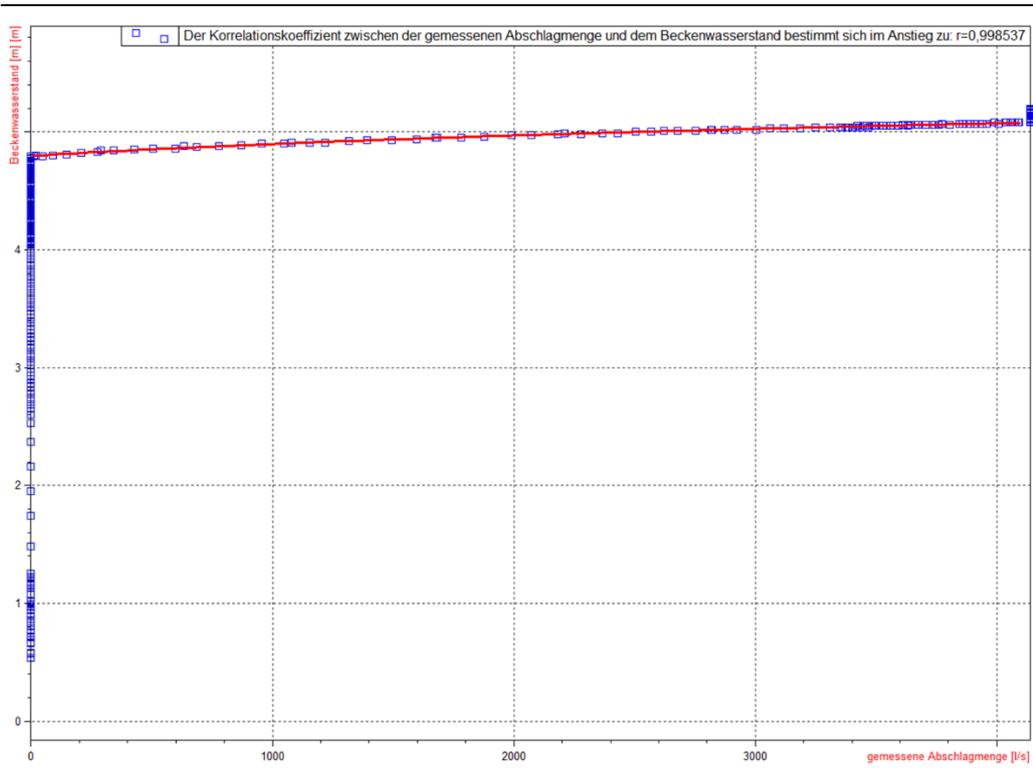


Abbildung 14: Korrelationsprüfung zweier abhängiger Zeitreihen. Korrelationskoeffizient im Anstieg nahe 1,0

3.2.4.3 Prüfung von Becken und Klärüberläufen anhand von Wasserständen

Ebenso wie die Gegenüberstellung von voneinander abhängigen Wasserständen können die im Sensor intern und im MDMS extern berechneten Überläufe anhand der Beckenwasserstände gegenübergestellt und damit auf Plausibilität geprüft werden. Das folgende Beispiel in Abbildung 15 und Abbildung 16 verdeutlicht eine solche Prüfung. Der berechnete Beckenüberlauf (orange) stellt den Beckenüberlauf, der im MDMS berechnet wurde, dar. Der gemessene Beckenüberlauf (lila) sind die direkt vom Sensor übergebenen Daten.

Der im Sensor berechnete Abfluss des Beckenüberlaufes ist vollständig unplausibel. Es ist davon auszugehen, dass ein Defekt des Sensors vorliegt und falsche Daten übergeben wurden. Anhand des im Sonderbauwerk eingemessenen Beckenüberlaufs wird mittels der Wehrüberfallformel nach Poleni der Abfluss berechnet und für die weitere Auswertung verwendet.

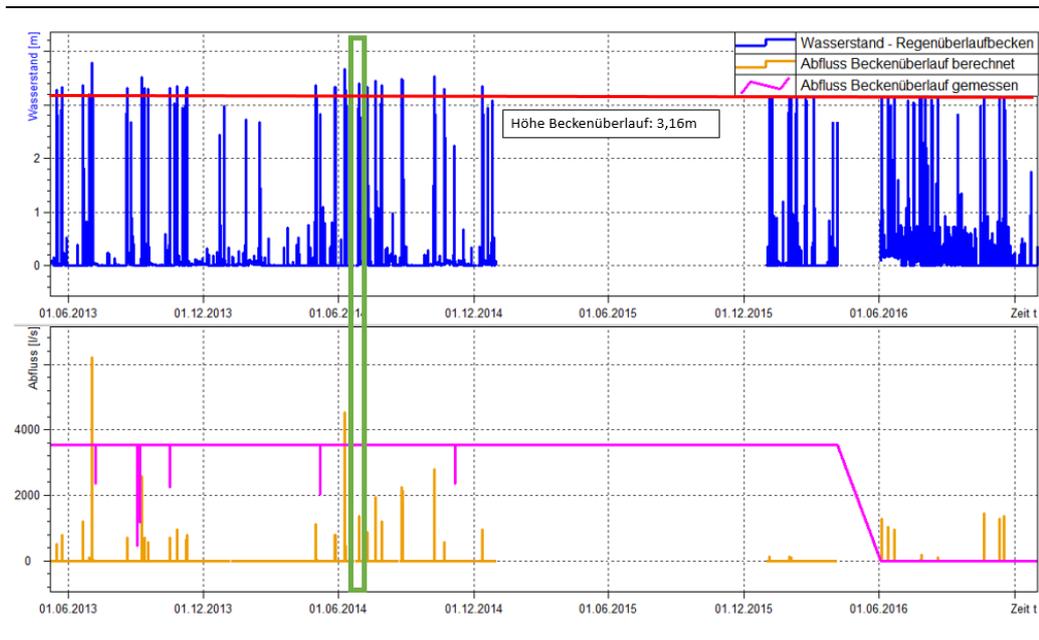


Abbildung 15: Darstellung einer beispielhaften Gegenüberstellung von Beckenwasserstand und berechnetem sowie gemessenem Beckenüberlauf

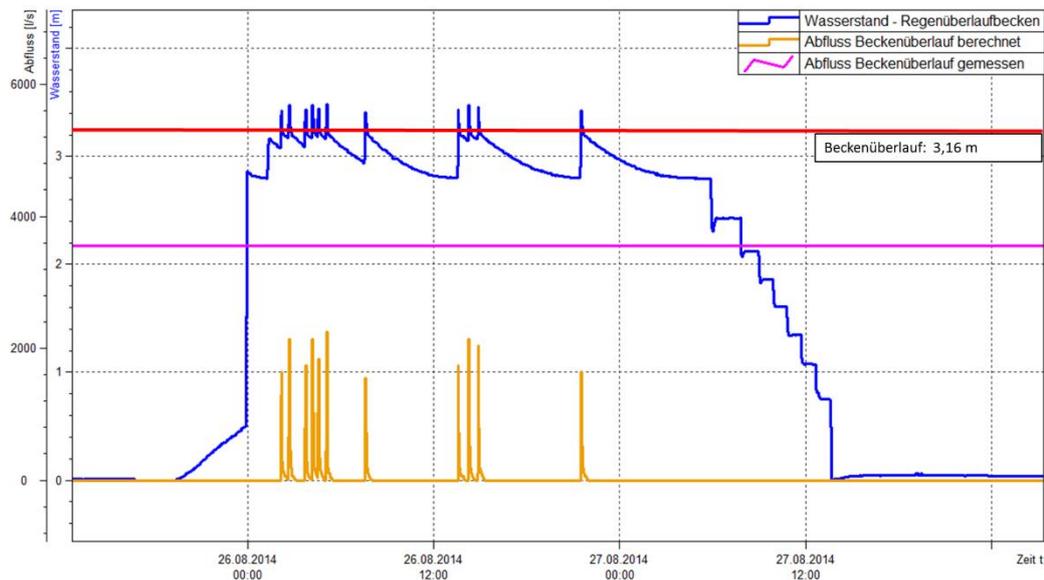


Abbildung 16: Detailansicht des Ausschnittes von Abbildung 15 zur Verdeutlichung des Zusammenhangs zwischen Beckenwasserstand und Beckenüberlauf

3.2.4.4 Ingenieurmäßige Korrektur auf Anlagenebene

Im Rahmen der Korrektur auf Anlagenebene werden anhand der auf Anlagenebene vorliegenden Mess- und Metadaten unplausible Bereiche korrigiert. Ein Beispiel ist in Abbildung 17 dargestellt. Ende Mai wurde ein nicht plausibler Wasserstandanstieg auf 2,2 m dargestellt, der bis Anfang Juni verweilt und dann wieder abfällt. Dieses Ereignis lässt sich mit Hilfe der anderen im Sonderbauwerk vorliegenden Zeitreihen und Metadaten nicht erklären.

Für die genauere Prüfung ist daher die Gegenüberstellung mit der zugehörigen Niederschlagszeitreihe im Rahmen der Korrektur auf Systemebene notwendig.

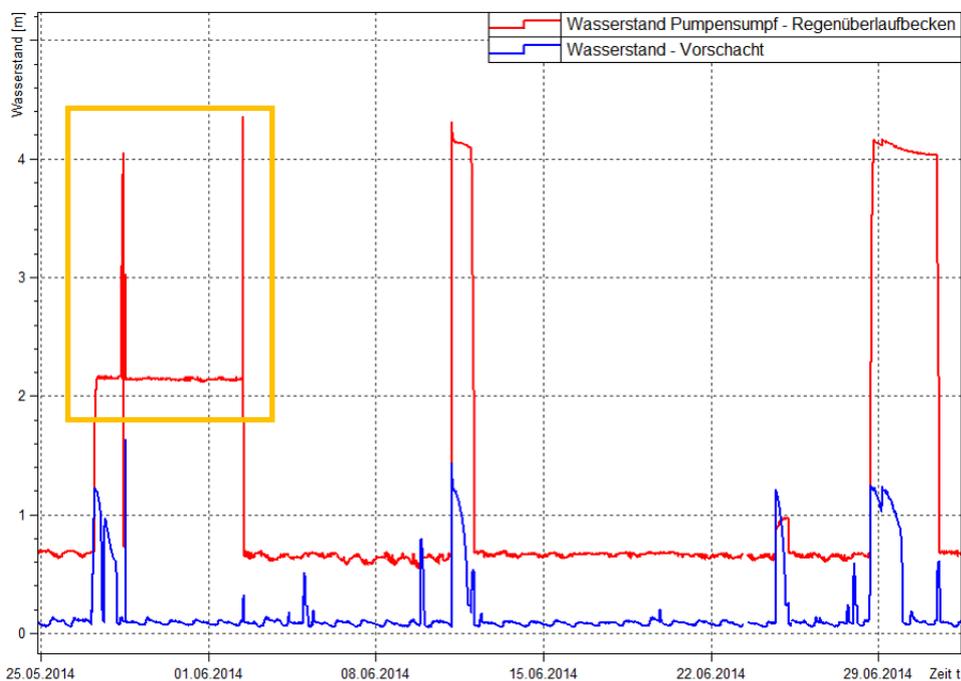


Abbildung 17: Vergleich zwischen zwei voneinander abhängigen Wasserständen im Sonderbauwerk

Als Beispiel, bei dem keine Korrektur erforderlich ist, dient Abbildung 12. Auch wenn keine Prüfung auf Systemebene mehr durchgeführt wird, werden alle Werte von ihrer Qualität auf „genügend“ erhöht, da die Zeitreihe keiner Korrektur bedarf (Abbildung 18).

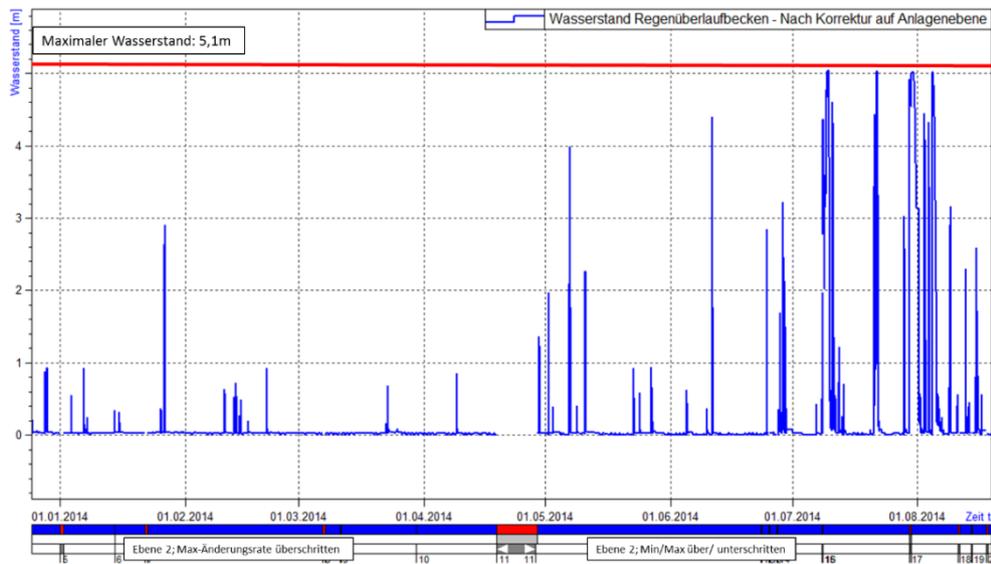


Abbildung 18: Wasserstand eines Regenüberlaufbeckens nach Erhöhung der Qualität durch die nicht erforderliche Korrektur auf Anlagenebene

3.2.5 Prüfung und Korrektur der Daten auf Systemebene

Um die Prüfung und Korrektur auf Systemebene durchführen zu können, sind umfassende Kenntnisse der Netzstruktur erforderlich, in der die einzelnen Bauwerke angeordnet sind.

Benachbarte Anlagen können sich auf Systemebene gegenseitig plausibilisieren, ähnlich wie es bei der Überprüfung von Niederschlagsdaten geübte Praxis ist. Unplausible Beckenwasserstände können mit der zum Sonderbauwerk zugehörigen Niederschlagszeitreihe geprüft werden.

Einer Prüfung der Daten auf Systemebene wird eine erfolgreiche Prüfung sowohl auf Zeitreihen- als auch auf Anlagenebene vorausgesetzt. Die Datenqualität der Messdaten befindet sich auf „genügend“ (Abbildung 4).

Typische Ereignisse auf Systemebene, die im MDMS zu prüfen sind:

- Prüfung der Messwerte unter Einbeziehung der dem Sonderbauwerk zugehörigen Regenschreiber
- Prüfung von Messwerten unter Berücksichtigung hintereinander geschalteter Regenbecken
- Ingenieurmäßige Korrektur der Messwerte auf Grundlage ermittelter Informationen auf Systemebene

Messwerte, die alle Plausibilisierungen und Korrekturen auf Systemebene bestehen, werden in ihrer Qualität von „genügend“ auf „gut“ angehoben. Diese zusätzliche Qualitätsanhebung sollte dann angestrebt werden, wenn die Daten für Modellabgleiche oder ähnliches Verwendung finden.

3.2.5.1 Prüfung der Messwerte unter Einbeziehung der Niederschlagszeitreihen

Für Anlagen zur Regenwasserbehandlung ist die Plausibilisierung mit einer für das Einzugsgebiet repräsentativen Niederschlagsreihe zu empfehlen. Dabei muss sichergestellt werden, dass eine ausreichende Abdeckung mit intakten (gewarteten) Niederschlagsschreibern gewährleistet ist, sodass eine in unmittelbarer Nähe erhobene Niederschlagsreihe dem Einzugsgebiet des Bauwerks zugeordnet werden kann. Als Beispiel wird der in Kap. 3.2.4.2 gelb markierte Bereich näher betrachtet (Abbildung 19).

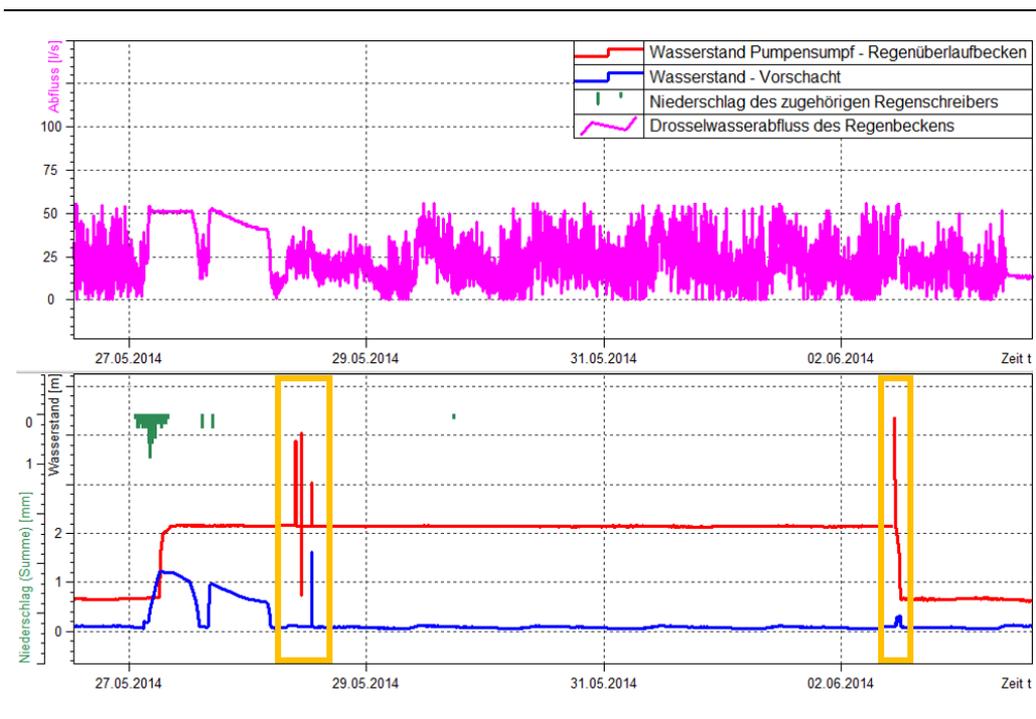


Abbildung 19: Gelb markierter Bereich der Abbildung 17 mit zugehöriger Drosselwasserabflusszeitreihe und Niederschlagszeitreihe des Regenschreibers

Der in Abbildung 19 dargestellte Vergleich des Wasserstandes im Regenüberlaufbecken mit der Drosselwasserabfluss- und der Niederschlagszeitreihe gibt keine Auskunft darüber, warum das Becken bei 2,2 m eingestaut bleibt. Das Regenereignis am 27.05.2014 führt zu einem Abschlag des Vorschachtes in das Regenüberlaufbecken. Da die Drosseln aber nach dem Ereignis kontinuierlich mehr Wasser in Richtung Kläranlage abführen, müsste sich der Wasserspiegel im Regenbecken nach kurzer Zeit wieder auf 0,7 m einpendeln. Bei der genaueren Betrachtung des Kalenders von 2014 wird deutlich, dass eine Fehlfunktion des Sensors die wahrscheinlichste Ursache des höheren Wasserstandes ist. Das Regenereignis ist in der Woche von Christi Himmelfahrt aufgetreten. Die verantwortlichen Personen waren nicht vor Ort und haben den Sensor erst am kommenden Montag, den 02.06.2014, wieder neu eingestellt. Der Sensor hat also wirklich über 5 Tage einen höheren Wasserstand aufgenommen. Diese Aufnahme entspricht allerdings nicht der Wahrheit.

Das Beispiel bestätigt die Empfehlung eines wöchentlichen Imports und einer arbeitstäglichen Sichtung der Daten. Wenn über mehrere Tage kein Regeldienst stattgefunden hat, sind die in der Zwischenzeit gemessenen Daten zu untersuchen, um bei der langfristigen Auswertung längere Einstauzeiten erklären zu können, ohne aufwendige Recherchen durchführen zu müssen.

3.2.5.2 Vergleich hintereinandergeschalteter Sonderbauwerke

Als weitere systembezogene Prüfung können auf Basis des Fließschemas hintereinander geschaltete, entwässerungstechnische Anlagen miteinander verglichen werden. Bei Regenereignissen, durch die nur das obere Becken betroffen ist, kann es durch die hohen Drosselwasserabflüsse ebenso zu einer Erhöhung der Drosselabflüsse und zu Einstau in den unten liegenden Becken kommen.

Als Beispiel wird die Drosselwassermenge der folgenden 3 hintereinander geschalteten Bauwerke gegenübergestellt. Abbildung 20 stellt das Fließschema dar. Bei der Gegenüberstellung sind die Fließzeiten in den Netzen zu beachten.

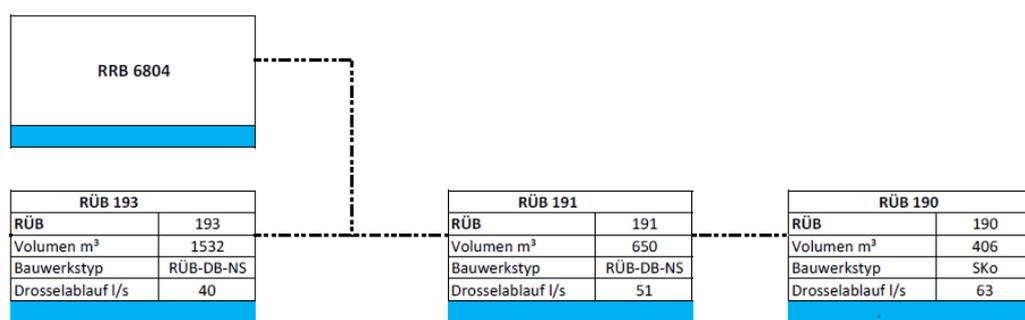


Abbildung 20: Fließschema von hintereinander geschalteten Regenbecken

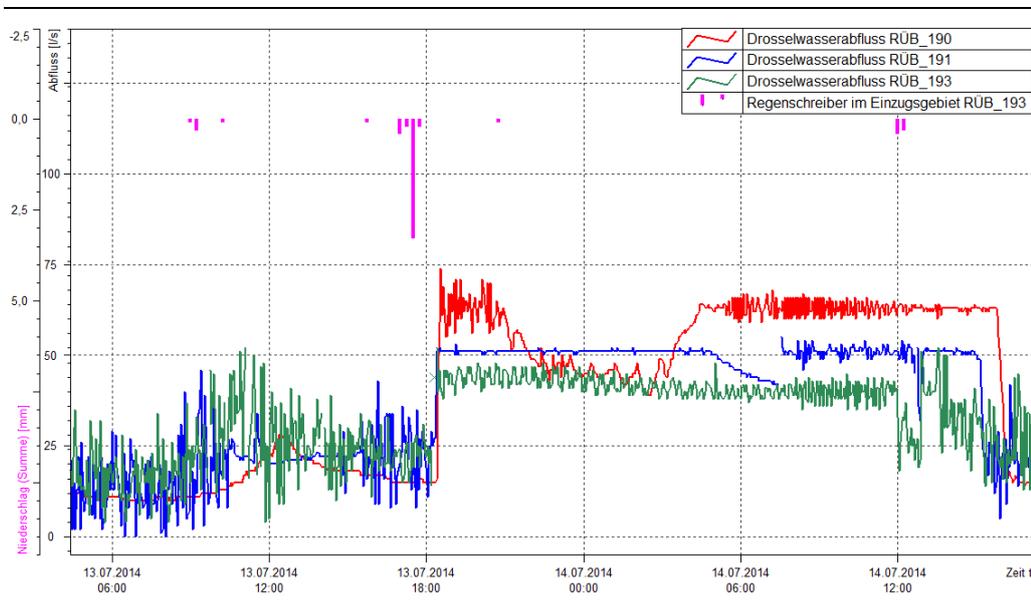


Abbildung 21: Vergleich der Drosselwasserabflüsse von drei hintereinandergeschalteten Bauwerken, die im Bereich des gleichen Regenschreibers liegen

In Abbildung 21 wird deutlich, dass die installierten Drosseln nach einem stärkeren Regenereignis den genehmigten Drosselabfluss weiterleiten und zeitlich ähnlich reagieren. Aus der Prüfung geht ein zum Teil nicht plausibles Verhalten hervor. Der Drossel-

selwasserabfluss des RÜB 190 sinkt, obwohl von oben weiterhin kontinuierlich der genehmigte Drosselwasserabfluss von RÜB 191 zufließt. Das Verhalten kann teilweise durch sehr lange Fließzeiten und durch einen Rückstau des Beckens erklärt werden. Im Rahmen der Systemprüfung wird allerdings dennoch der Validierungsgrundsatz, dass sich die Drosselwasserabflüsse der hintereinander geschalteten Bauwerke vergleichbar verhalten, verletzt. Zur Klärung ist der Betriebszustand des RÜB190 detailliert zu prüfen.

3.2.5.3 Ingenieurmäßige Korrektur auf Systemebene

Im Rahmen der Korrektur auf Systemebene werden alle noch vorhandenen Unplausibilitäten geprüft und gegebenenfalls korrigiert. Dabei greift der Prüfer auf alle ihm zur Verfügung stehenden Informationen zu. Abbildung 22 stellt ein Beispiel dar.

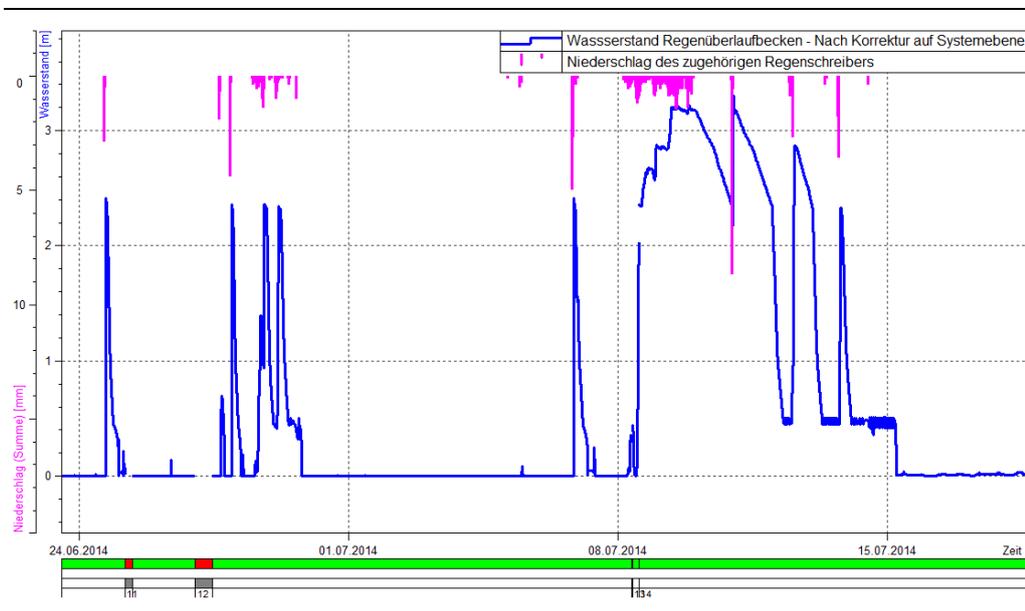


Abbildung 22: Beispiel einer auf Systemebene korrigierten Zeitreihe

Nach der Korrektur auf Systemebene erreichen die verbleibenden Produktionsdaten die höchste Stufe der Datenqualität. Mit der Qualität „gut“ (obere Leiste in Abbildung 22) sind die Daten als Eingangsdaten für Modellierungen geeignet.

3.3 Datenspeicherung und Zugriff

Datenspeicherung

Es wird empfohlen, die Eingangsdaten und Produktionsdaten langfristig zu sichern, um das Langzeitverhalten der Regenbecken zu beschreiben. Die Produktionsdaten können bei einer entsprechenden Qualität für Modellkalibrierungen verwendet werden.

Anwenderbezogene Freigabe

Die anwenderbezogene Freigabe der Daten sollte nur für die Produktionsdaten, die dynamischen Metadaten und die Stationsmetadaten eingeräumt werden. Eingangsdaten dienen zur Prüfung der Datenplausibilisierung, spielen danach aber im Regelfall keine Rolle mehr.

4 Dokumentation der Datenauswertung

Datenauswertungen im Rahmen der Selbstüberwachungsverordnung werden jährlich durch die Aufsichtsbehörden eingefordert und beinhalten alle Berichtsdaten bezogen auf ein Betriebsjahr. Die tabellarische Zusammenfassung der Daten erfolgt für alle Bauwerke des jeweiligen Betreibers nach Vorlage des Auswertbogens nach SüwVO Abw. Die Vorlage des Auswertungsbogens ist in Teil 1 der Handlungsempfehlung dargestellt.

Auf Anfrage der Aufsichtsbehörden muss der Betreiber aber auch detailliertere Auskünfte über die in den Sonderbauwerken gemessenen Daten an die Aufsichtsbehörden aushändigen. Dazu ist die Erstellung eines differenzierteren Überblickes über die einzelnen Bauwerke anhand eines Jahresberichtes notwendig. Diese Jahresberichte sind vom Betreiber vorzuhalten und auf Anfrage der zuständigen Behörde auszuhändigen. Diese Jahresberichte enthalten kurzfristige Hinweise zum Betrieb von Anlagen und können Anstoß und Grundlage betrieblicher Optimierungsmaßnahmen sein. Jahreszeitliche Schwankungen sowie der direkte Zusammenhang zu der gefallenen Niederschlagsmenge werden in diesen Berichten deutlich. Die Jahresberichte können mittels eines MDMS standardisiert und automatisch separat für jedes einzelne Bauwerk aus den Produktionsdaten angefertigt werden (Abbildung 23).

In den Grafiken in Abbildung 23 sind die Produktionszeitreihen für Niederschlag, Füllstand, Klärüberlauf, Beckenüberlauf und Weiterleitungsmenge aufgetragen. Fehler im Bericht sind somit visuell prüfbar.

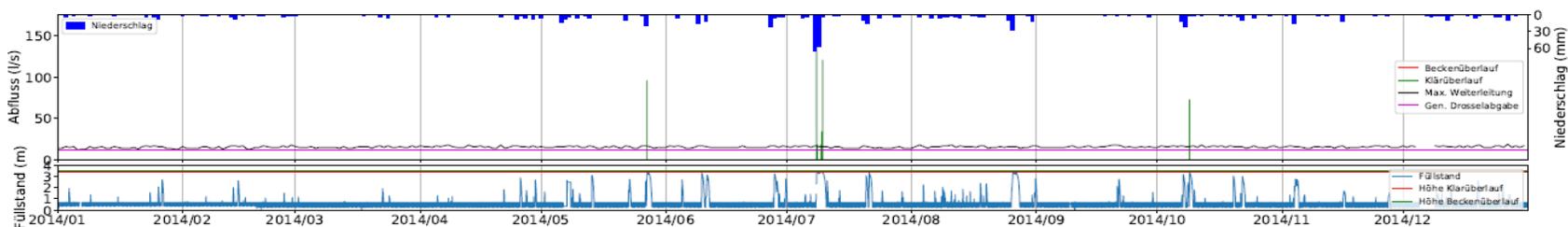
Neben den Jahresberichten sind für die interne Prüfung ebenso die Monatsberichte wichtig, in denen Probleme und Unplausibilitäten erkannt werden können.

Abbildung 24 sowie Abbildung 25 stellen die für die interne Betrachtung der Betreiber notwendigen Monatsberichte dar.

Überlauf von Regenbecken - Jahresübersicht

Name SBW:	RÜB/PW/VS Obere Loh Thorr	Bauwerkskennung ID:	223	Berichtszeitraum:	2014
Name Kläranlage:	Gruppenklärwerk Kenten	Kanalnetzsteuerung:	n.v.	Beckentyp*:	RÜB-DB-HS
Betreiber:	n.v.	zug. Niederschlagsstation:	n.v.	Entwässerungssystem:	n.v.
ELKA-Nummer*:	n.v.	ETRS 89 UTM E*:	737805.213	Gewässer*:	Giesendorfer Fließ
ELKA-Bezeichnung*:	n.v.	ETRS 89 UTM N*:	6611029.999	Gewässerkennzahl*:	12523
Drosselabgabe:	12.0 l/s	Speichervolumen	581 m ³		
Einstauhöhe:	0.8 m	Höhe Klärüberlauf:	3.4 m	Schwellenlänge Klärüberlauf:	4.4 m
Hydraulischen Bedingungen am Bauwerk:		Höhe Beckenüberlauf:	3.49 m	Schwellenlänge Beckenüberlauf:	8.8 m

Monat	Beckeneinstau					Klärüberlauf					Beckenüberlauf					Weiterleitung		
	Niederschlag mm	Dauer Stunden	Tage mit Einstau Anzahl	Ausfalltage Anzahl	Datenverfügbarkeit Prozent	Dauer Stunden	Tage mit Überlauf Anzahl	Abschlagmenge m ³	Ausfalltage Anzahl	Datenverfügbarkeit Prozent	Dauer Stunden	Tage mit Überlauf Anzahl	Abschlagmenge m ³	Ausfalltage Anzahl	Datenverfügbarkeit Prozent	Drosselabfluss m ³	Ausfalltage Anzahl	Datenverfügbarkeit Prozent
Januar	29.8	30.2	10	1	98.0			0.0	1	98.0			0.0	1	99.2	6329.0	1	98.0
Februar	34.7	27.4	10	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	6265.0	1	99.8
März	13.8	11.1	4	1	99.9			0.0	1	99.9			0.0	1	99.9	5811.0	1	99.9
April	38.9	35.0	9	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	6898.0	0	100.0
Mai	77.6	104.4	12	1	100.0	0.4	1.0	81.0	1	100.0			0.0	0	100.0	11331.0	1	100.0
Juni	71.0	88.0	9	1	99.2	0.0	0.0	0.0	1	99.2			0.0	1	98.4	8818.0	1	99.2
Juli	179.6	124.4	15	1	99.7	3.0	2.0	421.0	1	99.7			0.0	2	96.6	11292.0	1	99.7
August	106.9	121.6	20	1	99.4	0.0	0.0	0.0	1	99.4			0.0	4	89.9	11007.0	1	98.3
September	11.3	23.4	5	1	99.7	0.0	0.0	0.0	1	99.7			0.0	1	97.3	5973.0	1	99.7
Oktober	65.1	93.5	11	1	100.0	0.4	1.0	52.0	1	100.0			0.0	1	100.0	10099.0	1	100.0
November	41.3	68.9	10	1	100.0			0.0	1	100.0			0.0	1	97.7	7493.0	1	100.0
Dezember	54.7	64.0	11	4	87.1			0.0	4	87.1			0.0	4	87.1	7797.0	5	87.1
Summe	724.7	791.7	126	13	98.5	3.8	4	553.0	13	98.5			0.0	16	97.1	99114.0	15	98.4



Daten aus ELKA: *

Abbildung 23: Jahresbericht Regenbecken

Überlauf von Regenbecken - Monatsbericht - July - 2014

Name SBW:	RÜB/PW/VS Obere Loh Thorr	Bauwerkskennung ID:	223	Berichtszeitraum:	July - 2014
Name Kläranlage:	Gruppenklärwerk Kenten	Kanalnetzsteuerung:	n.v.	Beckentyp*:	RÜB-DB-HS
Betreiber:	n.v.	zug. Niederschlagsstation:	n.v.	Entwässerungssystem:	n.v.
ELKA-Nummer*:	n.v.	ETRS 89 UTM E*:	737805.213	Gewässer*:	Giesendorfer Fließ
ELKA-Bezeichnung*:	n.v.	ETRS 89 UTM N*:	6611029.999	Gewässerkennzahl*:	12523
Drosselabgabe:	12.0 l/s	Speichervolumen	581 m ³		
Einstauhöhe:	0.8 m	Höhe Klärüberlauf:	3.4 m	Schwellenlänge Klärüberlauf:	4.4 m
Hydraulischen Bedingungen am Bauwerk:		Höhe Beckenüberlauf:	3.49 m	Schwellenlänge Beckenüberlauf:	8.8 m

Tage	Beckeneinstau					Klärüberlauf					Beckenüberlauf					Weiterleitung		
	Nieder-schlag	Dauer	Tage mit Einstau	Ausfall-tage	Daten-verfüg-barkeit	Dauer	Tage mit Überlauf	Abschlag-menge	Ausfall-tage	Daten-verfüg-barkeit	Dauer	Tage mit Überlauf	Abschlag-menge	Ausfall-tage	Daten-verfüg-barkeit	Drossel-abfluss	Ausfall-tage	Daten-verfüg-barkeit
	mm	Stunden	Anzahl	Anzahl	Prozent	Stunden	Anzahl	m ³	Anzahl	Prozent	Stunden	Anzahl	m ³	Anzahl	Prozent	m ³	Anzahl	Prozent
01.07.2014	0.0	2.6	1.0	1	98.3			0.0	1	98.3			0.0	1	73.8	295.0	1	98.3
02.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	148.0	0	100.0
03.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	230.0	0	100.0
04.07.2014	0.0	0.0	0.0	1	99.6			0.0	1	99.6			0.0	1	59.6	154.0	1	99.6
05.07.2014	6.5	4.0	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	399.0	0	100.0
06.07.2014	3.7	3.05	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	338.0	0	100.0
07.07.2014	0.0	0.05	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	159.0	0	100.0
08.07.2014	64.7	15.25	1.0	1	92.9	1.4	1.0	281.0	1	92.9			0.0	1	60.6	912.0	1	92.9
09.07.2014	57.8	24.0	1.0	0	100.0	1.6	1.0	139.0	0	100.0			0.0	0	100.0	1382.0	0	100.0
10.07.2014	3.9	19.0	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	1116.0	0	100.0
11.07.2014	0.0	7.25	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	538.0	0	100.0
12.07.2014	0.4	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	175.0	0	100.0
13.07.2014	1.3	0.8	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	256.0	0	100.0
14.07.2014	1.4	3.65	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	361.0	0	100.0
15.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	136.0	0	100.0
16.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	138.0	0	100.0
17.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	134.0	0	100.0
18.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	149.0	0	100.0
19.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	151.0	0	100.0
20.07.2014	10.0	8.1	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	572.0	0	100.0
21.07.2014	15.5	19.5	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	1116.0	0	100.0
22.07.2014	0.0	6.4	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	479.0	0	100.0
23.07.2014	0.2	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	184.0	0	100.0
24.07.2014	5.6	4.6	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	368.0	0	100.0
25.07.2014	0.2	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	142.0	0	100.0
26.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	150.0	0	100.0
27.07.2014	0.0	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	148.0	0	100.0
28.07.2014	3.5	0.0	0.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	206.0	0	100.0
29.07.2014	4.8	6.05	1.0	0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	460.0	0	100.0
30.07.2014	0.1			0	100.0			0.0	0	100.0			0.0	0	100.0	157.0	0	100.0
31.07.2014	0.0			1	95.8			0.0	1	95.8			0.0	1	95.8	128.0	1	95.8
Summe	179.6	124.3	15	1	99.6	3.0	2	421.0	1	99.6			0.0	2	96.4	11283.0	1	99.6

Daten aus ELKA: *

Abbildung 24: Detaillierter Monatsbericht Regenbecken

Überlauf von Regenbecken - Monatsbericht mit Grafik - Juli 2014

Name SBW:	RÜB/PW/VS Obere Loh Thorr	Bauwerkskennung/-ID	223	Berichtszeitraum:	2014
Name Kläranlage:	Gruppenklärwerk Kenten	Kanalnetzsteuerung:	n.v.	Beckentyp:*	RÜB-DB-HS
Betreiber:	n.v.	zugehörige Niederschlagsstation:	n.v.	Entwässerungssystem:*	n.v.
ELKA-Nummer:*	n.v.	ETRS 89 UTM Koordinaten E:*	737805.213	Gewässer:*	Giesendorfer Fließ
ELKA-Bezeichnung:*	n.v.	ETRS 89 UTM Koordinaten N:*	6611029.999	Gewässerkennzahl:*	12523
Drosselabgabe (genehmigt):*	12.0 l/s	Speichervolumen:*	581 m³		
Einstauhöhe:	0.8 m	Höhe Klärüberlauf:	3.4 m	Schwellenlänge Klärüberlauf:	4.4 m
		Höhe Beckenüberlauf:	3.49 m	Schwellenlänge Beckenüberlauf:	8.8 m

Hydraulische Bedingungen am Bauwerk: --

* Daten aus ELKA

Juli	Beckeneinstau					Klärüberlauf					Beckenüberlauf					Weiterleitungsmenge		
	Niederschlag mm	Dauer Stunden	Tage mit Einstau Anzahl	Ausfall- tage Anzahl	Daten- verfügbar- keit Prozent	Dauer Stunden	Tage mit Überlauf Anzahl	Abschlags- menge m³	Ausfall- tage Anzahl	Daten- verfügbar- keit Prozent	Dauer Stunden	Tage mit Überlauf Anzahl	Abschlags- menge m³	Ausfall- tage Anzahl	Daten- verfügbar- keit Prozent	Drossel- abfluss m³	Ausfall- tage Anzahl	Daten- verfügbar- keit Prozent
Summe	179.6	124.3	15	1	99.6	3.0	2	421	1	99.6			0	2	96.6	11283.0	1	99.6

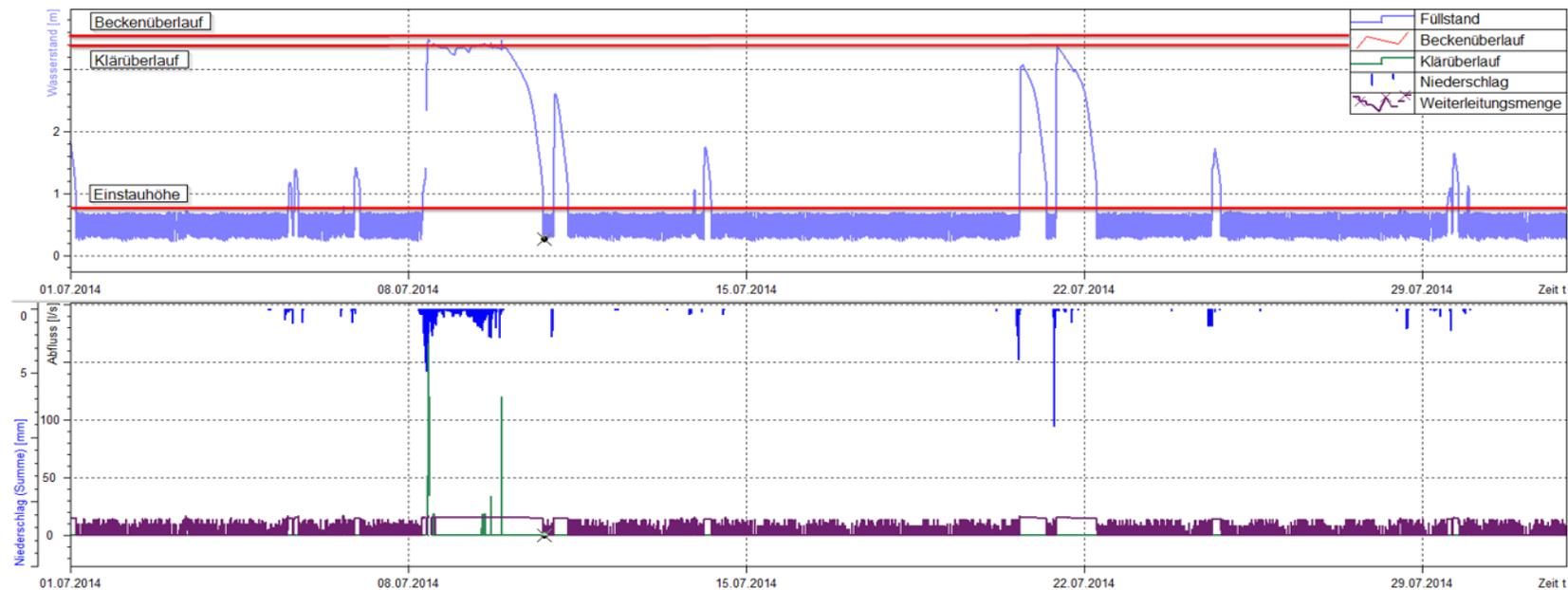


Abbildung 25: Monatsbericht Regenbecken mit Grafik

Zitierte und verwendete Literatur

ATV-DVWK-M 177 (2001). *Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen - Erläuterungen und Beispiele*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

BWK (2008). M7 - Detaillierte Nachweisführung immissionsorientierter Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen gemäß BWK-Merkblatt 3. Sindelfingen: Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK).

BWK (2014). M3 - Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse. Sindelfingen: Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e. V. (BWK).

DIN 1319-1:1995-01 (1995). *Grundlagen der Meßtechnik - Teil 1: Grundbegriffe*. Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH.

DIN EN 81346-1:2010-05 (2010). Industrielle Systeme, Anlagen und Ausrüstungen und Industrieprodukte - Strukturierungsprinzipien und Referenzkennzeichnung - Teil 1: Allgemeine Regeln (IEC 81346-1:2009). Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Beuth Verlag GmbH.

Dittmer, U. (2014). *Neuerungen im Regelwerk - Das DWA-A 166 und DWA-M 151 in der Diskussion*. Beitrag zum 4. Kommunalen Erfahrungsaustausch Regenwasserbehandlung in der Praxis am 5. Juni 2014 in Gelsenkirchen: Veranstalter: AGG/Gelsenkanal, WSW Energie & Wasser AG und Dr. Pecher AG.

DWA (2010). Themenband Klimawandel - Herausforderungen und Lösungsansätze für die deutsche Wasserwirtschaft. Erarbeitet durch die Koordinierungsgruppe Klimawandel der DWA. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA BW (2017). Regenbecken im Mischsystem - Messen, Bewerten und Optimieren. Praxisleitfaden für den Betrieb von Regenbecken. Stuttgart: DWA Landesverband Baden-Württemberg.

DWA-A 100 (2006). *Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-A 111 (2010). Hydraulische Dimensionierung und betrieblicher Leistungsnachweis von Anlagen zur Abfluss- und Wasserstandsbegrenzung in

Entwässerungssystemen. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-A 166 (2013). Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-ATV-A 128 (1992). *Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-M 151 (2014). *Messdatenmanagementsysteme in Entwässerungssystemen*. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-M 176 (2013). Hinweise zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

DWA-M 181 (2011). *Messung von Wasserstand und Durchfluss in Entwässerungssystemen*. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.: Hennef.

DWA-M 256-5 (2014). Prozessmesstechnik auf Kläranlagen - Teil 5: Messeinrichtungen zur Bestimmung des Trockensubstanzgehaltes. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

EU-WRRL (2000). *Wasserrahmenrichtlinie*. Das europäische Parlament und der Rat der europäischen Union.

Gujer, W. (1999). *Siedlungswasserwirtschaft*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Hager, W. (1995). *Abwasserhydraulik - Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Hoppe H., Giga A. und Kutsch S. (2012). Innovative Konzepte und Messtechniken zur Betriebsüberwachung und -optimierung von zentralen und dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen. DWA-Regenwassertage in Berlin, 12.-13.06.2012: Tagungunterlagen.

Hoppe H., Kutsch S. und Kaletka J. (2014). *Entleerungsstrategien von Regenklärbecken in der Diskussion*. Beitrag zum 4. Kommunalen Erfahrungsaustausch Regenwasserbehandlung in der Praxis am 5. Juni 2014

in Gelsenkirchen: Veranstalter AGG/Gelsenkanal, WSW Energie & Wasser AG und Dr. Pecher AG.

Hoppe H., Messmann S., Giga A. und Gruening H. (2009). Options and limits of quantitative and qualitative online-monitoring of industrial discharges into municipal sewage systems. *Water Science and Technology* 60 (4), 859–867. © IWA Publishing.

Hoppe H., Messmann S., Giga A. und Grüning H. (2011). A real-time control strategy for separation of highly polluted storm water based on UV-Vis online measurements - From theory to operation. *Water Science & Technology* Vol 63 No 10 pp 2287-2293. © IWA Publishing.

Hoppe H., Messmann S., Sosinka K. und Grüning H. (2010). *Verschmutzungsabhängige Kanalnetzsteuerung – Planung, Betriebserfahrungen und Kosten*. Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 204, S.115-133. ISBN 978-3-8356-3208-0.

Hoppe, H., Fricke, K. I., Kutsch, S., Massing, C., & Gruber, G. (2016). *Von Daten zu Werten – Messungen im Entwässerungssystem*. *Aqua & Gas*, 96 (10), S. 26-31. ISSN 2235-5 197.

Koch, J. (2007). *Durchflussmessungen in Abwasseranlagen*. Fortbildungsveranstaltung des HLUg am 22.02.2007 in Wiesbaden. Tagungsunterlagen (unveröffentlicht).

LANUV NRW (2012). *KISS Klimawandel in Stadtentwässerung und Stadtentwicklung – Methoden und Konzepte (Abschlussbericht)*. Im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW. Bearbeitung: Dr. Pecher AG, TU Kaiserslautern, hydro & meteo GmbH & Co KG.

LANUV NRW (2017). *DETEK-T - Detektion von Fehleinleitungen in Trennsystemen und Reduktion der resultierenden Gewässerbelastung*. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: (Internet: [https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/abwasser/foerderung-von-fe-projekten-zur-abwasserbeseitigung/gefoerderte-projekte/?tx_cart_product\[product\]=484&cHash=8ddd1df513fbb111b6dafefb4ccffb51](https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/abwasser/foerderung-von-fe-projekten-zur-abwasserbeseitigung/gefoerderte-projekte/?tx_cart_product[product]=484&cHash=8ddd1df513fbb111b6dafefb4ccffb51)).

LfW Bayern (2001). *Messeinrichtungen an Regenüberlaufbecken - Praxisratgeber für Planung, Bau und Betrieb*. München: Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft.

LUA NRW (2003). *Technische Informationen zur Drosselkalibrierung - Teil 1: Hydraulische Kalibrierung von Drosseleinrichtungen und Teil 2: Praxisbezogener Überblick über Drosselanlagen und ihre technische Überprüfung*. Essen: Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen.

LWG NRW (2016). Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen - Landeswassergesetz - LWG.

MKULNV (2015). *Retentionsbodenfilter - Handbuch für Planung, Bau und Betrieb*. Düsseldorf: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

Mohn & Uhl (2014). *FLUKZ - Durchflussmessung im Bereich gestörter Strömungsprofile im Kanalnetz*. Münster: (Internet: https://www.fh-muenster.de/forschung-transfer/forschungskatalog/projekt.php?pr_id=769).

MULNV (2018). *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf: Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 18. Auflage.

OGewV (2016). *Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer - Oberflächengewässerverordnung*. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit .

Rössert, R. (1988). *Hydraulik im Wasserbau*. München: R. Oldenbourg Verlag GmbH.

Schmidt, A. (2014). *Selbstüberwachung und Netzsteuerung in NRW – Anforderungen und Erfahrungen aus der Genehmigungspraxis*. Veranstalter AGG/Gelsenkanal, WSW Energie & Wasser AG und Dr. Pecher AG.: Beitrag zum 4. Kommunalen Erfahrungsaustausch Regenwasserbehandlung in der Praxis am 5. Juni 2014 in Gelsenkirchen.

Schröder, R. (1980). *Technische Hydraulik - Verfahren der stationären Rohr- und Gerinnehydraulik für die Bemessung von Wasserbauwerken*. Darmstadt.

SüwV Kan. (1995). *Selbstüberwachungsverordnung Kanal - Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem*.

SüwVO Abw. (2013). *Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen - Selbstüberwachungsverordnung Abwasser – SüwVO Abw vom 17. Oktober 2013*.

Trennerlass NRW (2004). *Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren*. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.

WHG (2009). *Wasserhaushaltsgesetz - Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts - WHG*.

Zanke, U. (2013). *Hydraulik für den Wasserbau, 3. Auflage*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Anhang

A1 Prüfkriterien für die Plausibilisierung auf Zeitreihenebene

Kriterium	Erläuterung	Beispiel
Konsistenz	<p>Haben aufeinanderfolgende Messwerte den gleichen Abstand Δt?</p> $t_i - t_{i-1} = \Delta t$ <p>Datenlogger arbeitet nicht konstant.</p>	
Min/Max Ausreißer, Spanne	<p>Befinden sich die Messwerte innerhalb der möglichen Messwertspanne? Gibt es unplausible Ausreißer?</p> $x_i \geq x_{\min} \ \& \ x_i \leq x_{\max}$ <p>Sehr hohe Einzelwerte.</p>	
Änderungsrate / Gradient	<p>Steigen oder fallen die Messwerte zu schnell?</p> $ x_i - x_{i-1} \leq \delta_{\max}$ <p>Technisch nicht mögliche Änderungsrate.</p>	

Abbildung 26: Prüfkriterien für die Plausibilisierung auf Zeitreihenebene